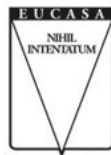


Peritos ambientales



ANA M. VIDAL DE LAMAS | CARLOS H. COLANGELO
(Compiladores)



Peritos ambientales



ANA M. VIDAL DE LAMAS | CARLOS H. COLANGELO
(Compiladores)



Peritos ambientales

-

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SALTA

AUTORIDADES

Rector	Ing. Rodolfo Gallo Cornejo
Vicerrectora Académica	Mg. Prof. Lilian Constanza Diedrich
Vicerrector Administrativo	Dr. Darío Eugenio Arias
Vicerrector de Fomación	Pbro. Dr. Cristian Arnaldo Gallardo
Vicerrector de Investigación y Desarrollo	Dr. Federico Colombo Speroni
Director General del Sistema de Educación a Distancia	Ing. Lic. Daniel Torres Jiménez
Secretaria General	Lic. Silvia Milagro Álvarez

EDITORIAL EUCASA

Directora	Lic. Rosanna Caramella
Comercialización	Lic. Mariana Remaggi
Administración	Lic. Agustina Joaquín

Peritos ambientales

■

Ana María Vidal de Lamas

Carlos Héctor Colangelo

Compiladores

Índice de contenidos

[Portadilla](#)

[Legales](#)

[Prefacio](#)

[Introducción](#)

[Peritos y pericias](#)

[Derecho ambiental en argentina](#)

[Ambiente, ciencia, percepciones públicas y justicia: ¿qué podemos aprender del análisis de algunos conflictos urbanos y rurales?](#)

[Evaluación de impacto ambiental y social](#)

[Líneas de base biológicas. Marco conceptual e indicadores básicos para su realización como una herramienta de protocolo en procesos de evaluación ambiental](#)

[Contaminación de aguas](#)

[Contaminación del aire](#)

[Contaminación del suelo](#)

[Toxicología y ecotoxicología](#)

[Herramientas básicas para el muestreo ambiental](#)

[La geoinformática y la teledetección como herramientas de apoyo al peritaje ambiental](#)

[Los riesgos ambientales y la salud comunitaria](#)

[Gestión integral de residuos sólidos urbanos](#)

[Gestión de residuos peligrosos, patogénicos, raee y otros](#)

[Pasivos ambientales](#)

[Gestión ambiental](#)

[Percepción y construcción social del riesgo](#)

[Análisis de casos y de jurisprudencia](#)

[Conclusiones y reflexiones finales](#)

[Consideraciones finales. Lo ambiental desde lo científico, lo jurídico y lo forense](#)

■

Peritos ambientales / Carlos Héctor Colangelo ... [et al.] ; compilación de Ana I

■
Para citar este libro:

Vidal de Lamas, A. M.; Colangelo, C. H. (Comp.) (2021).

Peritos ambientales. Salta-Buenos Aires: EUCASA (Ediciones Universidad Católica de Salta) - AIDIS Argentina.

© 2021, por EUCASA (EDICIONES UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SALTA)

Colección: EUCASA Base / Forensia ambiental

Resolución Rectoral: 730/2021

© 2021, por Asociación de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente - AIDIS Argentina

Diseño interior: Flavio Burstein STEREOTYPO (www.stereotypo.com.ar)

Arte de tapa: D.G. Carolina Ísola (isocar@hotmail.com)

Domicilio editorial: Campus Universitario Castaños - 4400 Salta, Argentina

Web: www.ucasal.edu.ar/eucasa

Tel./fax: (54-387) 426 8607

e-mail: eucasa@ucasal.edu.ar

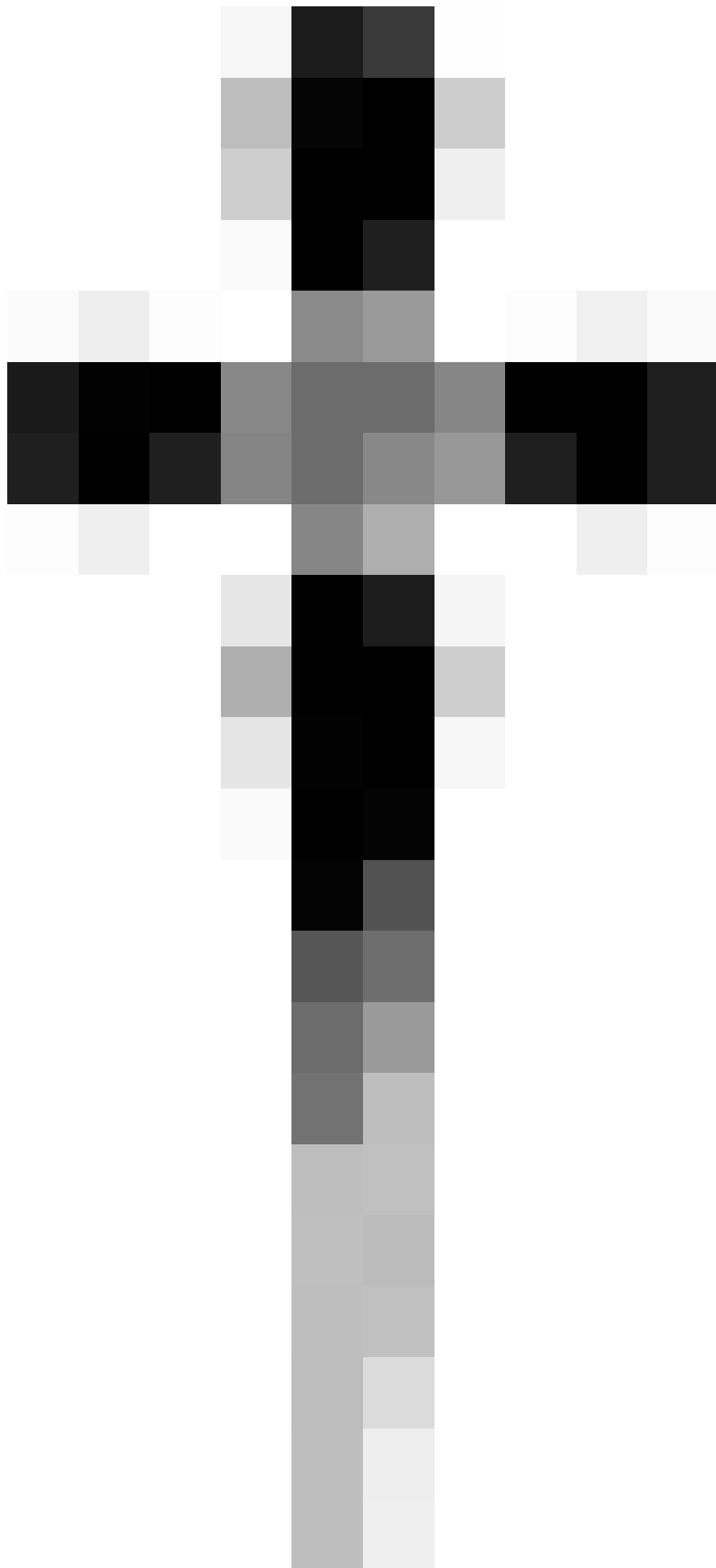
Depósito Ley 11.723

ISBN edición digital (ePub): 978-950-623-241-2

Versión: 1.0

Digitalización: Proyecto451

Este libro no puede ser reproducido total o parcialmente, sin autorización escrita del editor.



In memoriam

Nicolás Antonio Mazzeo

(1939-2020)

Nicolás nació en Buenos Aires en octubre de 1939 y falleció en la misma ciudad, también en octubre, de 2020.

En su trayectoria como destacado especialista en contaminación atmosférica, turbulencia y dispersión atmosférica, análisis de datos meteorológicos y de calidad del aire, evaluación y aplicación de modelos y gestión de calidad del aire, se destacan varias obras publicadas junto a su difunta esposa Laura Benegas, su dilecta alumna.

Fue un excelente ser humano, siempre dispuesto, buen profesor, afable y cariñoso, prodigaba sus conocimientos sin reticencias y se brindaba a su interlocutor sin condicionamientos.

Profesor permanente de AIDIS Argentina, lo recordamos en forma entrañable. Fue el primero en brindar su colaboración y experiencia en el comienzo del proceso de este libro, lamentamos que no pueda ver su culminación.

CONSEJO DIRECTIVO AIDIS ARGENTINA

PREFACIO

■

Nos encontramos frente a una problemática ambiental compleja, con eventos climáticos extremos cada vez más frecuentes y, al mismo tiempo, con una demanda creciente de los recursos de nuestro planeta y, en consecuencia, un incremento de los residuos de todo tipo.

Por otro lado, en el marco de una pandemia que afectó a todo el mundo, mientras estuvimos todos encerrados en nuestras casas y la actividad del hombre prácticamente se paralizó a nivel global, nos sorprendimos frente a una notable mejoría en el medio ambiente, desde una abrupta caída de las emisiones de gases de efecto invernadero en China hasta las aguas cristalinas en los canales de Venecia e innumerables ejemplos más.

Pero no es cuestión de llegar a estas situaciones tan extremas, sino que estas experiencias nos ayudan a tomar conciencia como sociedad para desarrollar nuestras actividades en una forma más sostenible.

Son tiempos para reflexionar, mejorar nuestros hábitos, reinventarnos, adaptarnos e intercambiar experiencias buscando gestionar mejor nuestros recursos para un futuro más sustentable.

A medida que los conflictos ambientales están más presentes en nuestra vida cotidiana, el rol de los peritos ambientales toma mayor relevancia, con escenarios cada vez más exigentes, requiriendo de una formación técnica integral y una actualización continua para que se puedan expedir adecuadamente con sólidos fundamentos técnicos y aplicando las normativas vigentes.

Este libro compila la experiencia de distinguidos profesionales de diversas especialidades que hace varios años realizan un abordaje integral de la problemática ambiental en los cursos que llevamos adelante desde AIDIS Argentina.

No tengo dudas de que será un gran aporte para los lectores de las diversas

disciplinas, comprometidos con la preservación del ambiente y el desarrollo sostenible.

Ing. Christian Taylor

Presidente AIDIS Argentina

INTRODUCCIÓN

■

Ana María Vidal de Lamas

Abogada UBA. Especialista en Derecho Ambiental. Posgrado en Universidad Maimónides: Percepción Ambiental y Proyectos y Licitaciones Ambientales. Asesora de organismos internacionales BID, FOMIN, JICA, GTZ, Banco Mundial, PNUD, embajadas en Argentina. Ocupó cargos en organismos públicos ambientales de Argentina. Consultora en asuntos regulatorios. Auditora ISO 14001, autora de publicaciones de la especialidad. Docente UCES, UBA, UCA. Compiladora y coordinadora del curso de Peritos Ambientales AIDIS, UCA, COPIME, CPIQ.

Contacto: analamas@estudiolamas.com.ar

AIDIS ARGENTINA (Asociación de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente) es una organización sin fines de lucro creada en el año 1948, orientada a la difusión científico-técnica a través de actividades como la participación con entidades afines en la formación de opinión, el aporte profesional a entidades públicas en temas de su especialidad, como el saneamiento, y la permanente capacitación a profesionales de todas las ramas y jurisdicciones.

Con este último objetivo en mente y dentro de la División de Medio Ambiente, ya en el año 2008, empezamos, junto al Dr. Juan Rodrigo Walsh, a pergeñar un curso que involucrara a todos los profesionales vinculados al ambiente y atendiera holísticamente la problemática. Fue entonces que, ante las necesidades que estimamos emergentes, nació la idea de este curso.

El curso de Peritos Ambientales se ha impartido en la institución durante más de 10 años y hasta tres veces por año, lo que demuestra la necesidad que presenta el mercado tanto a nivel judicial como privado.

El abordaje de los conflictos socioambientales en los que hay multipartes exhibe una problemática compleja de difícil solución técnico-holística que debe atender no solo el daño ambiental, sino también los requerimientos de la sociedad afectada.

En las últimas décadas, con la creciente toma de conciencia y el acompañamiento de la legislación ambiental posterior a la reforma constitucional de 1994, se han multiplicado las intervenciones judiciales para dirimir cuestiones que inevitablemente necesitan de un experto profesional de amplia visión para colaborar con el juez en el discernimiento de la cuestión planteada, o ilustrar a las partes en sus planteos o defensa.

El perito es un auxiliar, un experto que da contenido técnico científico al tema en discusión ya que su aporte es comprensivo de todo el universo ambiental. Es por eso por lo que su formación no puede limitarse a su título de grado, sino que debe capacitarse con una visión general y sinérgica, y adquirir las destrezas que sumen valor a su labor. El documento o informe pericial redactado no refleja su opinión, sino que soporta un análisis técnico, y cada conclusión está respaldada en datos objetivos derivados del propio estudio.

Es por eso por lo que en la formación del perito ambiental intervienen temáticas como el conocimiento de los marcos normativos ambientales vigentes, el de los impactos ambientales, la correcta toma de muestras y el análisis, la vinculación con la ecotoxicología, la contaminación de los recursos naturales, los conflictos en ámbitos diversos y su percepción: comprende una conjunción de conocimientos que conformará adecuadamente al profesional que se desarrolla en esta exigente actividad. Todos estos componentes contribuyen a que una pericia sea valiosa, fundada y valorada por quien la haya requerido. No es un dictamen vinculante, pero sí es fuertemente orientativo para la toma de decisiones tanto de un juez, un fiscal, una parte, una compañía de seguros, etc. porque aporta fundamentaciones que en la mayoría de los casos ninguna de esas personas o instituciones está en condiciones de proveer en razón de que no es su labor específica y necesita de un perito ambiental capacitado para coadyuvar a la orientación de su decisión.

No hay en el mercado otro curso de formación de estas características, impartido a graduados universitarios de diferentes disciplinas a través de docentes profesionales de los más renombrados en sus especialidades, con vasta trayectoria y experiencia. El curso no solo complementa los conocimientos, sino

que brinda todas las herramientas para producir informes periciales de calidad y adecuados a los requerimientos de los distintos ámbitos, completando la formación con visitas a campo en un ejercicio de peritaje y trabajos prácticos de formación multidisciplinaria.

Además de impartirlo en la sede de nuestra institución, se ha llevado a cabo en Acumar —Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo— mediante el cual una gran cantidad de inspectores y personal del área legal fue formada; también se ha entrenado a todo el personal del Ministerio de Ambiente de la provincia de Jujuy. En estos últimos años varias instituciones nos han acompañado: la Universidad Católica Argentina lo ha incorporado como curso de posgrado de la Facultad de Ingeniería, el COPIME —Consejo Profesional de Ingeniería Mecánica y Electricista— que lleva la matriculación de carreras de grado ambientales, ha sumado este curso a su currícula y CPIQ —Consejo Profesional de Ingeniería Química— que ha acompañado a AIDIS en esta tarea de formación, creó a través de la Resolución CPIQ 2/2018 el Registro Nacional de Peritos Ambientales, dando mayor validez y proyección al curso.

Es por la importancia que ha adquirido este curso y la necesidad de formación de expertos que estimamos oportuno compilar en un libro el aporte que los diferentes docentes han estado realizando a través de los años, adaptando sus exposiciones y experiencia a la realidad emergente y actualizando con jurisprudencia y casos relevantes que justifican la intervención de un perito especializado.

Esperamos que el libro cubra en el mundo hispano parlante la falta de un material semejante, y se encuentren en sus páginas conceptos y experiencias de sus autores.

Buenos Aires, julio de 2021.

PERITOS Y PERICIAS

▪

Carlos Héctor Colangelo

Doctor de la Universidad de Morón (UM). Licenciado en Ciencias Químicas (UM). Especialista consultor permanente en Toxicología (Consejo Profesional de Química -CPQ) - Máster en Toxicología (Universidad de Sevilla). Docente de la Universidad de Morón. Universidad Nacional de La Plata. Instituto Argentino de Seguridad (IAS) (Carrera Especialización en Protección Ambiental). Se desempeñó en el Poder Judicial de la provincia de Buenos Aires como perito químico oficial, desarrollando más de 10.000 estudios técnicos científicos. Actualmente, desarrolla cursos in Company, habiendo brindado cursos en: AYSA, Chrevron, Pan-American Energy, Medicina Corporativa, Cerro Vanguardia, etc.

Contacto: ccolangelo@unimoron.edu.ar / toxicolangelo@gmail.com

Gabriel Oscar Rivera

Licenciado en Seguridad e Higiene Laboral y especialista en Ingeniería Ambiental. Técnico en manejo de residuos peligrosos de la Universidad de Texas (A and M), instructor certificado NFPA 1041, USA Professional Board, en la Universidad de Texas. Desarrolló tareas en el Cuerpo de Bomberos, como extinción de incendios, explosivos y rescate. Titular de cátedra de las materias de Seguridad Ambiental, Defensa Civil y Análisis de Riesgo de la Universidad Católica de la Plata en la carrera de licenciatura en Seguridad Pública. Se especializa en análisis de causas judiciales ambientales, asesorando al Poder Judicial como perito oficial tanto en la provincia de Buenos Aires como en la Justicia federal. Trabaja en conjunto con autoridades de aplicación en materia ambiental tales como ACUMAR, OPDS, ADA, Dirección Provincial de Minería, Senasa y otros en la dilucidación de casos en los que se investiga tanto la contaminación como la afectación de las personas.

Contacto: gabrieloscarrivera@gmail.com

Introducción

Debe definirse entre los auxiliares de la Justicia los peritos que realizan sus actividades para la resolución de los casos, que deben trabajar según procedimientos científicos y de derecho para evitar la nulidad de la actuación.

El concepto de perito es la primera consideración que debe realizarse. El perito puede definirse como un experto en arte, ciencia o industria; por tanto, una pericia debe ser llevada a cabo por un experto. El perito o experto es un tercero y posee conocimientos técnicos especializados.

Tipos de peritos

1. **Oficiales:** en este caso, son profesionales que han ingresado al Poder Judicial, tomando juramento de ley en su cargo al asumirlo por primera vez y desarrollan pericias a pedido de jueces y fiscales acorde a la especialidad y para esta tarea perciben una remuneración mensual.

2. **De oficio:** también denominados desinsaculados. En el caso de la provincia de Buenos Aires, se recurre al Acuerdo 2728 en donde se indica el procedimiento para la conformación de listas de peritos con la intervención activa de los colegios y consejos profesionales, y participan los peritos inscriptos a requerimiento de los jueces para producir dictámenes periciales.

Los colegios y consejos profesionales inscriben a los interesados, los cuales deben estar matriculados, no deben poseer sanciones disciplinarias, deben tener una antigüedad de cinco años en la matrícula y haber realizado y aprobado el curso de práctica procesal en el que se brindan herramientas de procedimiento del derecho. Perciben honorarios regulados por el magistrado interviniente.

3. De parte: son convocados por una u otra parte en un litigio, recibiendo honorarios por sus actividades acordados previamente con ellas.

Dentro de las obligaciones de los peritos, la más importante es cumplir con la producción del informe pericial. El perito debe mantener la reserva y evitar la discriminación, debiendo producir los informes acordes a los Códigos de Procedimientos y a los conocimientos científicos.

Los peritos pueden excusarse o ser recusados si entran en las generales de la ley, expresados en algunos de los siguientes ítems, que son similares a los que corresponden a los magistrados:

1°) El parentesco por consanguinidad con alguna de las partes, sus mandatarios o letrados.

2°) Tener el juez o sus consanguíneos o afines, interés en el pleito o en otro semejante, o sociedad o comunidad con algunos de los litigantes o abogados.

3°) Tener el juez pleito pendiente con el recusante.

4°) Ser el juez acreedor, deudor o fiador de alguna de las partes, con excepción de los bancos oficiales.

5°) Haber recibido el juez beneficios de importancia de alguna de las partes.

6°) Tener el juez con alguno de los litigantes amistad que se manifieste con gran familiaridad o frecuencia de trato.

7°) Tener contra el recusante enemistad, odio o resentimiento que se manifieste por hechos conocidos, etc.

En esta contribución se describirán las tareas básicas en las cuales se basa el inicio y la realización de una pericia ambiental. Debe considerarse que el ambiente para su estudio requiere de numerosos partícipes provenientes de diferentes disciplinas, es decir que este tipo de pericias son, en líneas generales, multidisciplinarias.

Pueden mostrarse en el diagrama de flujo de la Figura 1 las diferentes áreas

temáticas que hacen al medio ambiente, para entender ese carácter multidisciplinario que se mencionara en el párrafo anterior.

Al recibir la pericia, se estudia primero su objeto a través de la causa por medio del expediente y se analiza el posible traslado a campo. En este punto, debe considerarse el primer contacto con otras disciplinas como la digitalización de imágenes para la ubicación del lugar a trabajar con superposición, en algunos casos, de mapas catastrales y el uso de la línea de tiempo en el Google Earth. Estas son herramientas y procedimientos ya habituales en esta actividad.

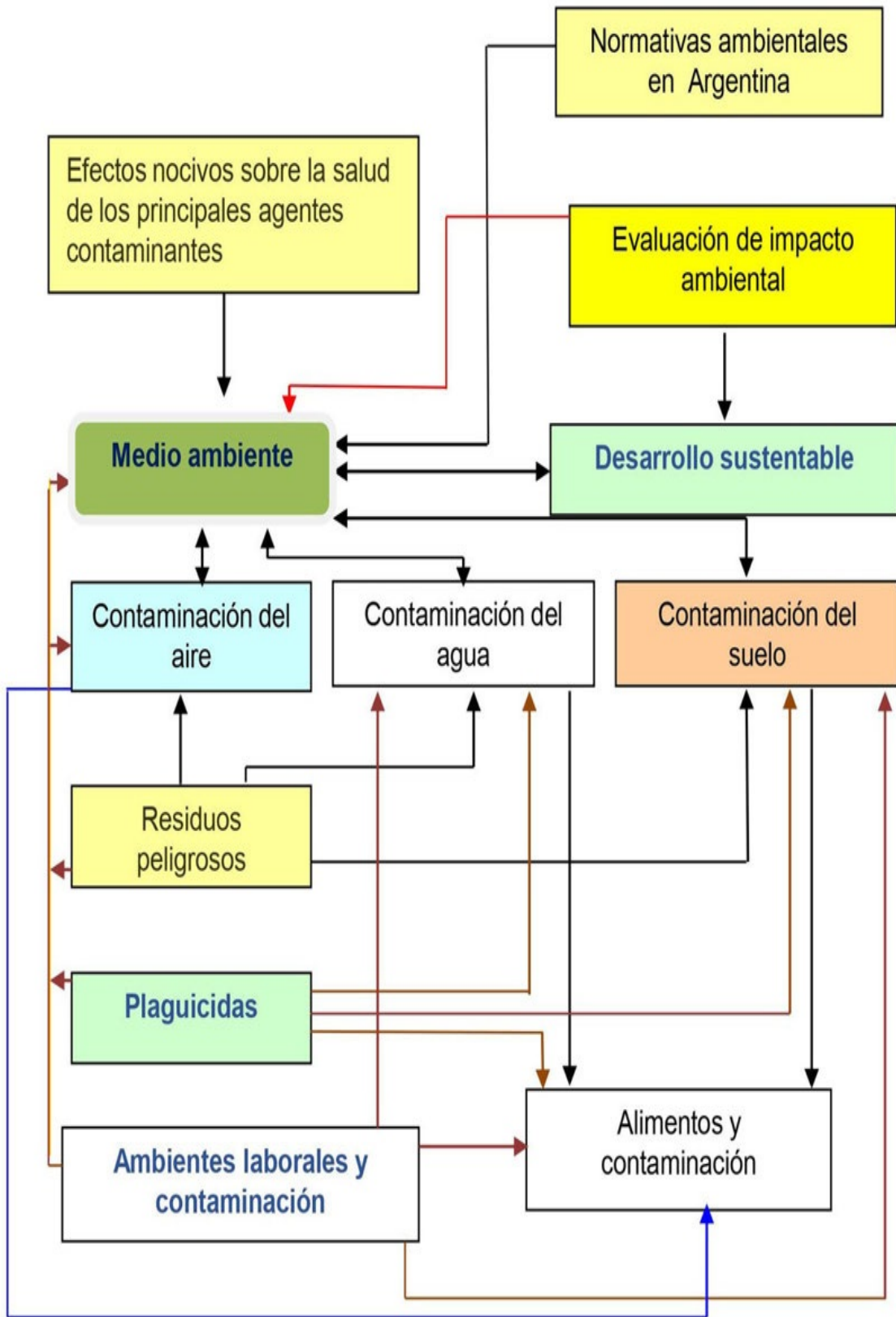


Figura 1. Diagrama indicando la relación entre las diferentes áreas temáticas que hacen al Medio ambiente.

Luego debe decidirse el tipo y el número de muestras que se deben tomar. Se necesita conocer o definir en primer término cuál es el medio afectado, es decir, suelo, aire o aguas, lo que hará diferir sustancialmente los procedimientos que se emplearán. En el caso de muestras de aire, deben tenerse en cuenta dos consideraciones de importancia, a saber: muestras tomadas de ductos o chimeneas, donde el perito o sus colaboradores deben subir, a veces en tareas nada sencillas por la falta de acceso, por ejemplo, rampas y escaleras fijas en la chimenea que deben estar presentes por ley (estando vigente hoy día el Decreto 1074/18 que reemplaza al Decreto 3395/96 en la provincia de Buenos Aires) o bien, por ausencia de orificio, toma muestra del ducto en que debe introducir una sonda solidariamente unida a un equipo de análisis de emisión, que generalmente tiene la cualidad de medir y registrar las lecturas instantáneas y repetitivas en forma programada, y permite, luego, bajar los datos obtenidos en una notebook (en campo) o PC (en el Gabinete Pericial). El otro tipo de muestras son las que determinan la calidad del aire, ponderan valores muchísimos más bajos que los de emisión, y emplean equipamientos diferentes y mucho más sensibles.

Las muestras de suelos requieren primero la participación de un ingeniero agrónomo para el estudio en superficie de la caracterización del suelo, horizonte A, etc., y para otros estudios de mayor profundidad se solicitará la colaboración de un geólogo, que ayudará a la definición del problema, para luego proceder a la obtención de las muestras, las que pueden involucrar un estudio de salinidad, o bien análisis de metales pesados en casos de derrames, enterramientos de residuos peligrosos, vuelcos clandestinos, etc., que requieren el empleo de sacabocado toma muestra u otros sistemas que permitan la extracción en diferentes profundidades.

Por otra parte, las muestras de aguas pueden ser subterráneas o superficiales. Las primeras requieren la presencia de perforaciones preexistentes para lograr la muestra adecuada, la que, por ejemplo, puede ser antes y después de atravesar un relleno sanitario (tarea que requiere la ayuda del perito geólogo), a los efectos de determinar el sentido de escurrimiento de la masa de agua subterránea y

relacionar con una posible contaminación del tipo de emprendimiento referido. La obtención de estas muestras requiere el empleo de elementos que normalmente se introducen en el encamisado de la perforación, consistentes en un tubo plástico o de teflón con una válvula de retención en su extremo, que se acciona permitiendo su apertura al entrar en contacto con la superficie del agua, llenando la totalidad del tubo y recolectando la sonda desde el pozo hacia la superficie. Debe tenerse en cuenta qué tipo de parámetros hay que analizar para tomar las muestras, ya que requieren diferentes conservantes, como mantener refrigerado a 4°C o bien agregado de ácido nítrico a pH menor o igual a dos, etc., para que las muestras guarden representatividad y no sea cuestionado el procedimiento.

Otro punto para evaluar es el tipo de envases que se emplearán, ya que difieren según el parámetro, pudiendo ser de plástico o vidrio, y las tapas también pueden ser de diferentes materiales. Los envases deben estar perfectamente limpios y enjuagados tres veces como mínimo con la muestra por tomar, luego se rotula, se coloca en bolsas plásticas y se cierra con precintos numerados para garantizar en todo momento la representatividad de la muestra, recordando que para todos los casos deben ser hechas por duplicado. La segunda queda resguardada en calidad de contramuestra, por si hubiera que dirimir valores que las partes no estuvieran de acuerdo, ya que la muestra es única en tiempo y espacio. Esa contramuestra es válida hasta que termine el tiempo de representatividad, existiendo tablas de diferentes orígenes que indican esta consideración señalada.

Para tomar dimensión en la toma de muestra, podemos observar el diagrama de flujo de la Figura 2, en donde podemos ver las diferentes facetas involucradas.

Una vez tomadas las muestras deben ser trasladadas al laboratorio para encarar su análisis, que dependerá del tiempo de conservación. Podrán analizarse con comunicación a la autoridad interviniente según el artículo 247 del Código de Procedimiento Penal o, en otras circunstancias, en comunicación con el fiscal, y por necesidad de urgencia al fenecer el tiempo de representatividad se podrá recurrir a su inmediato análisis. Los estudios pueden ser numerosos, dependiendo de la causa y de la interpretación, como metales, hidrocarburos, plaguicidas, etc. Además, debe considerarse el parámetro de cotejo para analizar la situación y poder encarar las conclusiones o las respuestas que conformaran el dictamen pericial. A este respecto, debe mencionarse que en la provincia de Buenos Aires y a nivel nacional no existe norma que relacione con las aguas subterráneas valores de cotejo, entonces la tarea quedaría sin poder dar respuesta.

Lo que se hace habitualmente y es aceptado con consenso de los peritos de parte y entes oficiales, como el Organismo Provincial para el Desarrollo Sustentable de la Provincia (OPDS), es emplear la Tabla Holandesa que contiene valores para diferentes parámetros químicos en aguas subterráneas a distintos niveles, clasificados como «óptimo», «contaminación» y «de acción» –este último indicando que deben realizarse tareas conducentes a la remediación del problema de contaminación.

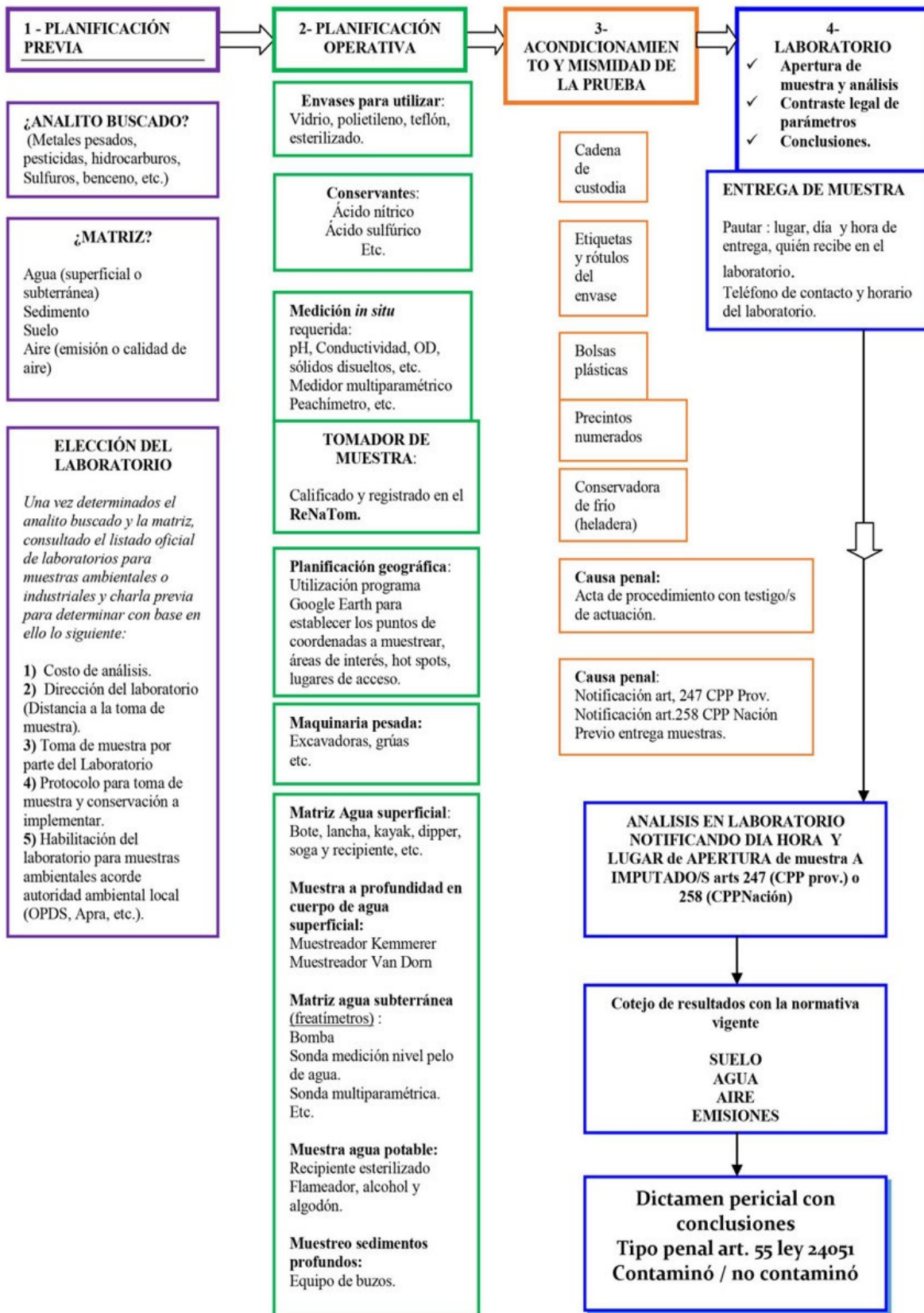


Figura 2. Diagrama de flujo planificación toma de muestra, análisis y conclusiones.

Las muestras de aguas superficiales, que requieren en cambio ser tomadas a nivel superficial o bien a diferentes profundidades, muchas veces del margen o bien en diferentes puntos, necesitan el auxilio de sistemas de navegación con la colaboración de Prefectura. La norma de cotejo es habitualmente el Decreto 831 Anexo II en donde se encuentra una tabla que relaciona diferentes parámetros con aguas dulces superficiales para protección de la vida acuática (1).

Otro punto de interés lo constituyen los efluentes industriales, potenciales contaminantes principalmente de cuerpos de aguas. Deben analizarse siguiendo una rutina de trabajo acorde al tipo de industria, ya que según sus procesos conllevará un tipo de análisis del efluente industrial por caracterizar. Es de importancia conocer el tipo de industria por peritar y sus procesos para considerar el tipo de contaminantes potenciales que interactúan con el medio ambiente, como así las materias primas empleadas y productos finales obtenidos. En la Figura 3 podemos tener una idea de lo anteriormente mencionado:

Tipo de emprendimiento	Contaminantes
Industrias	- Metales pesados y otros tóxicos - Alta carga orgánica
Núcleos urbanos	- Contaminación bacteriológica
Minas	- Tóxicos metálicos - Material en suspensión

Figura 3. Efluentes industriales

Son objeto de participación habitual en este tipo de pericias los análisis bacteriológicos para caracterizar aguas conjuntamente con análisis fisicoquímicos en aguas, para considerar el criterio de potabilidad de agua suministrada a la población en diferentes ciudades en donde se cuestiona la calidad del agua, o solamente parámetros como el arsénico y la concentración de este elemento en el agua de bebida por su relación con enfermedades crónicas como el HACRE —hidroarsenicismo crónico regional endémico— de características en numerosos puntos del país, en particular en la región mediterránea y de carácter natural.

Los diferentes laboratorios de investigación tienen una enorme implicancia en el proceso legal que la actividad pericial conlleva. Otras áreas de las ciencias forenses asociadas, tales como Inmuno Hematología, Anátomo Patología, ADN, etc., también relacionadas a las prácticas periciales, requieren que las muestras remitidas posean las mismas características que al momento de ser tomadas, es decir tengan el «principio de mismidad» para garantizar el debido proceso legal.

Las muestras deben tener trazabilidad, es decir, se debe saber en dónde están en cada momento y quiénes son sus responsables en cada etapa, como así también deben tener continuidad en la identidad de la prueba y adecuada conservación desde su recolección, sin importar su origen y tamaño.

Estas consideraciones anteriores llevan a conceptualizar la cadena de custodia como el procedimiento de control que se aplica al indicio material relacionado con el delito desde su localización por parte de una autoridad hasta que ha sido valorado por los órganos de administrar justicia y deja de ser útil al proceso, y tiene como fin no viciar el manejo que de él se haga para evitar alteraciones, daños, sustitución, contaminación, destrucción, o cualquier acción que varíe su significado original. La cadena de custodia se expresa materialmente en un formulario de registro de información que se inicia con quien levanta la muestra desde el lugar de los hechos.

Todos los exámenes y análisis posteriores pueden verse comprometidos si la cadena de custodia no se inicia, conllevando a la anulación de la prueba. Se debe

considerar que el examen del perito involucra en su descripción dentro del informe pericial si la cadena de custodia se ha cumplido convenientemente.

Muchos países poseen respecto de la cadena de custodia protocolos normalizados a través de leyes, otros no los tienen o bien están en vías de sancionarlos como ley (2). Algunas organizaciones tales como The International Association for Forensic Toxicologists (TIAFT) (3) y American Academy of Forensic Sciences (AAFS) (4) poseen protocolos actualizados, que pueden consultarse para analizar las aproximaciones correspondientes a la aplicación de esta herramienta legal.

La cadena de custodia judicial en la provincia de Buenos Aires está estipulada por la resolución 889/2015 Suprema Corte Provincia.

La cadena de custodia posee seis pasos muy importantes, a saber:

- a) Recolección: que dependerá de la capacidad, destreza y conocimientos técnicos del perito. Debe depositarse la muestra en un contenedor adecuado según el tipo de indicio levantado (orgánico /inorgánico), rotulado, rúbrica de los testigos y confección de la planilla de cadena de custodia.
- b) Embalaje: tiene por finalidad evitar la alteración, contaminación o destrucción por manipulación a la que será sometido, o por condiciones externas, climáticas, etc. El embalaje estará integrado por: empaque/ sellado/ etiquetado o rotulado.
- c) Transporte: la información del etiquetado y la planilla de la cadena de custodia permitirá individualizar a las personas responsables de cada transporte, ingreso, tratamiento y egreso del material probatorio, establecer fechas y despachos.
- d) Análisis: el indicio debe ser trasladado e ingresado en los laboratorios forenses para que el personal especializado, tras someterlo a estudios, analice e interprete con relación a todos los demás elementos de la investigación y produzca un dictamen pericial. Aquí es de vital relevancia el nexo entre el peritaje forense y la cadena de custodia, sustentado en el hecho de que el dictamen rendido debe describir detalladamente el estado en que se encontraba el indicio al momento de la recepción para su estudio.

e) Almacenamiento: de las muestras hasta el momento de su análisis como así de las muestras remanentes y aplicable también a las contramuestras.

f) Devolución o destrucción de los indicios: destino que se le brindará al material probatorio una vez utilizado para su objetivo en el proceso. Se verá si formará parte del patrimonio del Estado, o deberá ser destruido –situación que únicamente será autorizada por la autoridad competente.

Es de destacar en la provincia de Salta (Argentina) el Manual de procedimientos del Sistema de cadena de custodia, cuya consulta puede realizarse vía web, en el cual se ve la importancia de puntos tales como la recolección, embalaje y rotulado de los elementos en materia de prueba o evidencias. Otros procedimientos muy detallados pueden consultarse respecto de la cadena de custodia en: Protocolos de cadena de custodia - Dos grandes etapas: preservación y procesamiento - Gobierno Federal (México).

A nivel de la nación argentina, puede hacerse referencia al Manual de Procedimiento para la preservación del lugar del hecho y la escena del crimen (Resolución SI y AP N.º 056/04).

La cadena de custodia es un instrumento que permite garantizar la integridad de la prueba en todo momento. La cantidad de profesionales que intervienen le da a la cadena de custodia el peso necesario para garantizar el principio de mismidad. Otorga trazabilidad y continuidad de las pruebas. La cadena de custodia evita que se varíe el significado original de las pruebas. De lo expuesto, vemos que la cadena de custodia es una acción de garantía que brinda seguridad y representatividad.

El uso de la fotografía también es un instrumento de valor en este tipo de actividad pericial, ya que ilustra significativamente las acciones realizadas en cuanto al estado de situación de un establecimiento, un campo, el curso de un río, etc., y el tipo de muestras tomadas, las circunstancias de la toma, etc. Se adjuntarán al informe pericial ambiental producido. Esto último resalta una vez más el carácter múltiple de las diferentes disciplinas que conllevan a la producción del dictamen pericial. También deben analizarse los instrumentos legales por interpretar desde el punto de vista técnico, es decir, los valores de concentraciones de diferentes sustancias químicas.

Esta es la primera etapa de trabajo de las pericias ambientales. Luego de tener las muestras y los análisis correspondientes, se deben contestar los puntos planteados con la producción del informe pericial.

El dictamen pericial debe contener mínimamente las siguientes pautas:

Objeto de la pericia: para qué se solicita, es el fin que se persigue con la pericia. Es primordial conocer la pregunta para dar la respuesta adecuada.

Descripción del material por periciar: cómo se encuentra a los ojos del perito.

Determinaciones efectuadas: (detalladas), indicando el método científico empleado, así como también los resultados obtenidos.

Conclusiones: conforme a los principios y reglas de su arte o ciencia.

El informe pericial permite establecer la verdad que dirime el conflicto para el que fue requerido, debiendo guardar fidelidad a las fuentes de conocimiento. El documento redactado por el perito no refleja su opinión, sino que soporta un análisis técnico y cada conclusión debe estar respaldada en datos objetivos derivados del propio estudio.

El perito debe mantener independencia de criterio que lo mantenga ajeno a posiciones interesadas y, además, deberá atender las consultas, pedidos de explicaciones e impugnaciones. El informe pericial da respuesta de diagnóstico, situación muy importante al momento de participar en particular en una pericia ambiental, donde el daño ambiental o sobre la salud humana está generalmente producidos.

Hoy en día algunas instituciones de formación profesional poseen titulación de perito ambiental (5) dentro de sus cursos de capacitación dirigidos a profesionales universitarios de diversas formaciones. Debe citarse que, por ejemplo, en Baja California (México) se cuenta con un reglamento específico para el actuar de prestadores de servicios ambientales en materia de peritaje ambiental.

Cabe señalar como factor de importancia para el caso de laboratorios oficiales la existencia de unidades móviles de criminalística ambiental que cuenten con personal capacitado, tecnología de punta y protocolos para manipulación, recolección, toma de muestras y pruebas preliminares homologadas en campo, para actuar rápidamente in situ y brindar así una asistencia de urgencia ante la requisitoria pericial.

Conclusiones

Debe quedar claro que existe una íntima relación entre el perito, el conocimiento de los cuerpos normativos ambientales vigentes, el de los aspectos ambientales, la correcta toma de muestras y el análisis, por lo que se ve una conjunción de factores que conformará adecuadamente al profesional que se desarrolla en esta exigente actividad.

Otro de los pilares lo constituye la experiencia que brinda la actividad de campo, insustituible a la hora de la toma de decisiones, por lo que el tema de la labor pericial no se agota en este aporte.

Referencias bibliográficas

Gilardi, M., Domínguez, G. U. (2007). La Prueba Pericial en el Proceso Penal de la Provincia de Buenos Aires. La Ley N°7, 719. Buenos Aires.

Weingarten, C. y Ghersi, C. A. (2011). Responsabilidad de los peritos judiciales. Revista SIDEME, 7.

Manual de procedimientos del sistema de cadena de custodia del Ministerio Público. Recuperado de:
<https://www.mpf.gob.ar/capacitacion/files/2015/07/Cadena-de-Custodia.pdf>

Protocolos de Cadena de Custodia - Dos grandes etapas: Preservación y Procesamiento. (2012). Recuperado de:

<https://www.criminalistasforenses.org.mx/docs/protocolos-de-cadena-de-custodia.pdf>

Manual de Procedimiento para la preservación del lugar del hecho y la escena del crimen. (2011). Recuperado de:

<http://www.jus.gob.ar/media/185258/MANUAL2011.pdf>.

Zamorano de Haro, P. (2012). El peritaje ambiental en la legislación estatal. Investigación ambiental. Ciencia y política pública. Peritos y pericias

■

1. Tabla 2. Niveles Guía de Calidad de Agua para Protección de Vida Acuática - Agua Dulce Superficial.

2. En la provincia de Buenos Aires posee sanción de senadores y pasó a diputados, para luego de ello convertirse en ley.

3. Puede consultarse la página web de esta institución en: <http://www.tiaft.org/>

4. Se recomienda visitar la página web en: <http://www.aafs.org/>

5. AIDIS - Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

DERECHO AMBIENTAL EN ARGENTINA

▪

María Marcela Flores

Abogada y escribana de la Universidad Nacional de La Plata. Máster en Derecho Ambiental, Universidad de San Sebastián, España, y Tribunal de Justicia de la Unión Europea. Especialización en Derecho Ambiental y Recursos Naturales en la Universidad de Oregón, USA y Universidad Austral (Argentina). Especialización en Solución Internacional de Litigios respecto a los recursos Gas, Petróleo, Energía Eléctrica y Minería, IDLI, Roma, Italia; Doctorando, UNLP, Argentina. Miembro del Instituto del Ambiente de la Academia Nacional de Ingeniería.

Contacto: mmflores@lpsat.com

Introducción

En este capítulo se realiza un resumen de las características del derecho ambiental, las relaciones con otras ramas del derecho, sus principios, las obligaciones que surgen de la normativa que resulta aplicable en todo el país y la responsabilidad por daño ambiental (6).

El derecho ambiental. La materia ambiental en la Constitución Nacional

Derecho ambiental

Brevemente, y antes de adentrarnos a su regulación en el derecho positivo, se mencionan sus características, las que se han ido construyendo como consecuencia de su evolución normativa, doctrinaria y jurisprudencial. Así, en este estadio se puede afirmar que el derecho ambiental es sin duda autónomo, se relaciona con las demás ramas del derecho, posee principios propios, y tiene una base interdisciplinaria.

Su base interdisciplinaria deviene porque, en general, sus normas tienen un fuerte condimento técnico, ya que tienden a prevenir riesgos de daño al ambiente o solucionar situaciones de contaminación existentes. Por dicho motivo, la mayoría de sus normas poseen anexos técnicos que deben ser cumplidos para la consecución del derecho fundamental a un ambiente sano y sustentable.

El derecho ambiental se ubica dentro del derecho público; entendiéndolo como el conjunto de normas jurídicas y no jurídicas, jurisprudencia, doctrina y principios relacionados a la existencia del derecho a un ambiente sano, equilibrado y del deber de preservarlo para su uso sustentable actual y futuro. Además, se estudia en forma específica por poseer características propias que se desarrollarán a lo largo de este capítulo.

Fuentes del derecho ambiental

El derecho ambiental surge de la necesidad de proteger el medio ambiente y del ejercicio del desarrollo sustentable o sostenible teniendo en cuenta los factores económicos, sociales y la necesidad del aprovechamiento de los recursos naturales para satisfacer las necesidades presentes, pero sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras.

El derecho positivo argentino nace de la Constitución, los tratados internacionales ratificados, leyes específicas con características propias, sus reglamentos normativos, principios, jurisprudencia y doctrina.

El derecho ambiental se relaciona fundamentalmente con el derecho público — administrativo especialmente—, pero también por su carácter preventivo y de reparación de daños se aproxima al derecho privado.

La autonomía en el derecho ambiental resulta en virtud de que esta rama del derecho posee características particulares que se encuentran normadas en las leyes de presupuestos mínimos que brevemente se desarrollarán en este capítulo, y que sirven para diferenciarlo de otras ramas dentro de la unidad del derecho; lo que no significa que se encuentre aislado, sino por el contrario, se encuentra relacionado con casi todas las ramas del derecho.

En el sentido de los que venimos expresando, se resalta que las normas de presupuestos mínimos antes mencionadas contienen disposiciones mixtas (de derecho público y de derecho privado), debido a que la protección del medio ambiente es transversal y se relaciona con la totalidad de las ramas del derecho. Asimismo, estas normas se incorporan a los ordenamientos jurídicos locales (provinciales y municipales), modificando las normas que se les opongan, y debiendo ser reglamentadas en todo lo que fuere necesario para su aplicación plena.

División y contenido del derecho ambiental

Por la naturaleza de las normas que regulan la materia ambiental y las obligaciones que su aplicación genera, el derecho ambiental puede dividirse básicamente en:

a) Derecho ambiental material: conjunto de normas jurídicas que regulan la obligación de preservar el ambiente, utilizarlo en forma sostenible y recomponerlo en el caso de que acontezca un daño. Por los motivos antes mencionados, se crea la obligación de todos los habitantes del país de mantener la dinámica de los sistemas ecológicos para la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las futuras.

b) Derecho ambiental formal: conformado por el conjunto de normas que regulan cómo debe ejercerse este derecho a un ambiente sano. En este sentido, sus normas contienen procedimientos administrativos para asegurar el cumplimiento de las obligaciones de prevención, protección y cuidado del ambiente.

c) Derecho procesal ambiental: acciones judiciales y procedimientos sancionatorios propios, diferentes a los existentes para otras ramas del derecho.

d) Derecho ambiental especial: vincula el derecho ambiental con ramas del derecho de distinta naturaleza (derecho constitucional, internacional, administrativo, civil, penal, laboral, minero, agrario, industrial, etc.)

e) También el derecho ambiental se vincula con las ciencias naturales y otras ciencias sociales, ya que se sirve de ellas para cumplir con sus objetivos y revertir situaciones de deterioro o contaminación (7).

Relación del derecho ambiental con otras ramas del derecho

Derecho constitucional. Determina los derechos y garantías fundamentales de los habitantes de la República Argentina, brindando el marco jurídico dentro del cual deben normarse las actividades, proyectos, obras y acciones humanas (en general todos los actos de las personas humanas y jurídicas), para el uso adecuado del ambiente.

Derecho internacional. Estudia las normas que rigen las relaciones entre los estados para delimitar las soberanías nacionales y coordinar los métodos que eviten daños ambientales a ecosistemas compartidos o bien contaminación extraterritorial como sus correspondientes sanciones.

Derecho administrativo. Determina los procedimientos para cumplir con las

obligaciones que surgen de las normas ambientales y el cumplimiento de los institutos creados por las normas. Regla las relaciones entre las personas humanas, jurídicas y el Estado.

Derecho civil y comercial. Regula todos los aspectos que tienen que ver con la responsabilidad civil que se atribuye en materia ambiental a las personas humanas y jurídicas, sean estas públicas o privadas.

El Código Civil y Comercial argentino, unificado por Ley nacional N.º 26994, establece responsabilidad objetiva cuando ocurra un daño al ambiente, siendo atribuible la misma a toda persona humana o jurídica, pública o privada, por el daño causado por: (i) el riesgo o vicio de las cosas, (ii) el riesgo de las actividades que realiza; (iii) el peligro debido a su naturaleza que las acciones de las personas pueden causar, (iv) por los medios empleados en la realización de sus acciones; o bien, (v) por las circunstancias en que se realizan las acciones y acontecen los hechos. Por lo tanto, cabe tener en cuenta que no son eximentes cuando se causa daño al ambiente, la autorización administrativa para el uso de las cosas o la realización de actividades, ni el cumplimiento de las técnicas de prevención. Este tema será posteriormente visto con más detalle.

Y en lo que respecta al derecho comercial, entre otras cuestiones, lo más importante que se puede señalar desde el derecho ambiental es que se estableció un nuevo tipo de seguro, el seguro ambiental colectivo obligatorio. Este instituto será tratado al tiempo de comentar la Ley de Política Ambiental Nacional de Presupuestos Mínimos N.º 25075.

Derecho penal. Si bien actualmente no se ha tipificado un delito ambiental ni existe en el Código Penal un capítulo con delitos ambientales, en su cuerpo se tipifican varios delitos que aplican a la materia ambiental en virtud de penalizan a personas humanas y jurídicas por los siguientes temas: daños a las cosas y semovientes (8), protección de la fauna en general (9), daño a la salud (10), por causar diferentes estragos e incendios (11), contaminación al ambiente en forma efectiva o delitos de peligro abstracto por uso indebido de sustancias (12) y con residuos peligrosos (13).

Luego de haber reseñado algunos aspectos sobre la responsabilidad ambiental en

materia penal, cabe mencionar también la Ley N° 27401, llamada por la doctrina «ley anticorrupción», que tipifica delitos por responsabilidad penal de las personas jurídicas privadas (cohecho, exacciones ilegales, tráfico de influencias, negociaciones incompatibles, enriquecimiento ilícito, balances falsos), que pueden producirse como consecuencias de una incorrecta gestión ambiental de la organización en sus relaciones con el estado, o bien falseamiento de datos contenidos en su «programa de integridad o compliance» y «código de ética o conducta». Estos últimos instrumentos mencionados, deben contener un capítulo ambiental por ser éste, un riesgo propio de cualquier actividad que se realice.

Cabe aclarar, que poseer programas de integridad conforme la Ley N° 27401, solo resulta obligatorio para aquellas personas jurídicas que contraten con el estado nacional por montos que deban ser aprobados por la autoridad competente con rango no menor a ministro, se encuentren comprendidos en el artículo 4to. del decreto delegado N°1023/01, se encuentren regidos por las leyes que llevan los números 13064, 17520, 27328, sean contratos de concesión o licencias de servicios públicos. De todas formas, a pesar de no ser obligatorio el «programa de integridad o compliance» para todas las personas jurídicas privadas, resulta importante que lo posean y pongan en práctica, en razón de que el artículo noveno de la Ley N° 27401 establece que las personas jurídicas que cometan los delitos mencionados en la norma, quedarán eximidas de la pena y responsabilidad administrativa si lo tuvieron, además de haber espontáneamente denunciado el hecho delictivo detectado como consecuencia de una investigación interna propia, y se hubiere devuelto el beneficio indebido obtenido. En síntesis, se enfatiza en el hecho de que las circunstancias antes mencionadas deben darse todas simultáneamente, por lo cual, si no se posee un «programa de integridad» que garantice haber implementado un sistema de control y supervisión adecuado, a pesar de haber realizado la denuncia del hecho delictivo y devuelto el beneficio indebido obtenido, no se logrará la eximición de la pena y responsabilidad administrativa.

Derecho laboral. Se relaciona en forma directa con la regulación de higiene y seguridad del trabajo, especialmente por los riesgos que derivan por peligro de incendio, riesgo eléctrico, aparatos sometidos a presión, almacenamiento de residuos y sustancias, generación y depuración de efluentes líquidos y gaseosos, etc. Inclusive para calcular el nivel de complejidad ambiental y determinar el monto mínimo asegurable para la toma del seguro ambiental obligatorio

colectivo, se utiliza una fórmula polinómica que contiene varios términos o monomios, regulados desde la normativa de higiene y seguridad (riesgo de incendio, de aparatos sometidos a presión por tenencia de sustancias peligrosas, etc.).

Con derecho agrario, minero, industrial, pesquero, etc.; en virtud de que la variable ambiental ingresa transversalmente y condiciona la realización de todas las actividades del hombre, especialmente las productivas.

El derecho ambiental constitucional en Argentina

La Constitución Nacional, luego de la reforma del año 1994, incluyó en su texto el derecho de todos los habitantes a gozar de un ambiente sano en el artículo cuarenta y uno (41), receptando plenamente el principio al desarrollo sostenible.

(i) Dicho artículo en su primer párrafo, primera parte, reza: «...Todos los habitantes gozan de un medio ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las generaciones futuras; y tiene el deber de preservarlo...». En este párrafo, se introduce el concepto de desarrollo sostenible (14) además de realizarse en forma clara la protección de los derechos de las generaciones futuras.

Los derechos de las generaciones futuras antes de la reforma de 1994 se encontraban expresamente contemplados en las disposiciones contenidas en el Preámbulo de la Constitución que textualmente establece:

Nos los representantes del pueblo de la Nación Argentina, reunidos en Congreso General Constituyente por voluntad y elección de las provincias que la

componen, en cumplimiento de pactos preexistentes, con el objeto de constituir la unión nacional, afianzar la justicia, consolidar la paz interior, proveer a la defensa común, promover el bienestar general, y asegurar los beneficios de la libertad, para nosotros, para nuestra posteridad, y para todos los hombres del mundo que quieran habitar en el suelo argentino: invocando la protección de Dios, fuente de toda razón y justicia: ordenamos, decretamos y establecemos esta Constitución, para la Nación Argentina... (El resaltado es nuestro).

Y en la Constitución reformada, se instituyen específicamente en la primera parte antes transcripta del artículo cuarenta y uno, los derechos de las generaciones futuras a gozar de un ambiente apto para que puedan satisfacer sus necesidades.

(ii) En la segunda parte del primer párrafo, el artículo continúa diciendo: «...El daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer, según lo establezca la ley...», se introducen disposiciones que deberán ser aplicables a quienes ocasionen un daño al ambiente, determinándose su deber de volver el ambiente afectado a su estado anterior, pero dejando la determinación de cómo realizarlo a los legisladores.

Estas disposiciones sobre daño ambiental incluidas en la Constitución, han sido reguladas en la Ley Nacional de Presupuestos Mínimos N° 25675 de Política Ambiental Nacional o General del Medio Ambiente (en adelante LGA N° 25675), y posteriormente se incorporaron al nuevo texto del Código Civil y Comercial unificado por Ley Nacional N° 26994 (arts.14, 240 y 241 entre otros (15)).

En el segundo párrafo del artículo 41 que venimos comentando, el Constituyente introduce las obligaciones del Estado en materia ambiental, para lograr la protección de este derecho, de la siguiente forma: «Las autoridades proveerán a la protección de este derecho, a la utilización racional de los recursos naturales, a la preservación del patrimonio natural y cultural y de la diversidad biológica y a la información y educación ambientales...». En esta parte, el artículo además de establecer las obligaciones del estado en cuanto a la protección y preservación de los recursos naturales, el patrimonio cultural y la diversidad biológica, le

encomienda dos obligaciones esenciales que se complementan entre sí, la obligación de educar a la población (16) e informar, para que los habitantes puedan ejercer plenamente sus derechos.

La acción esencial para lograr una conciencia colectiva efectiva y duradera sobre la necesidad de generar cambios profundos de conducta de las personas para preservar el ambiente con desarrollo sostenible es la educación —formal e informal. La acción de educar es fundamental para formar personas decididas, invitar a toda la sociedad para que posea un conocimiento claro y reflexivo sobre los problemas existentes, como así también, intentar superarlos desde el lugar que ocupen. Para ello, resulta necesario, entre otras cosas, que la legislación y las acciones gubernamentales recepten y hagan efectiva la educación ambiental formal e informal.

La LGA N.º 25675 en sus artículos 14 y 15 establece que la educación ambiental es un proceso continuo y permanente de constante actualización, que constituye el instrumento básico para generar en los ciudadanos valores, comportamientos y actitudes que sean acordes con mantener un ambiente equilibrado, que propendan a la preservación de los recursos naturales, a su utilización sostenible, y a mejorar la calidad de vida de la población. Para lograr la percepción integral del ambiente y el desarrollo de una conciencia ambiental, las autoridades competentes deberán coordinar con los consejos federales de Medio Ambiente (COFEMA) y de Cultura y Educación, la implementación de planes y programas en los sistemas de educación, formal y no formal, a través de la sanción de las normas pertinentes (17).

En mayo del año 2021, fue sancionada la «Ley de Implementación de la Educación Ambiental Integral», de presupuestos mínimos N° 27621. Mediante este cuerpo legal se insta a la implementación de políticas locales orientadas a fortalecer el conocimiento sobre la problemática ambiental y el desarrollo sustentable, para estudiantes de todos los niveles educativos, definiéndola como un proceso que defiende la sustentabilidad como proyecto social, el desarrollo con justicia social, la distribución de la riqueza, preservación de la naturaleza, igualdad de género, protección de la salud, democracia participativa y respeto por la diversidad cultural. Busca el equilibrio entre diversas dimensiones, tanto la social, la ecológica, la política y la económica, todo en el marco de una ética que promueve una nueva forma sustentable de habitar nuestra casa común.

La Ley N° 27621, define a la educación ambiental como proceso permanente,

integral y transversal, que ha de estar fundamentada entre otros principios, en el de abordaje interpretativo y holístico que permita comprender la interdependencia de todos los elementos que conforman e interactúan en el ambiente, de modo de llegar a un pensamiento crítico y resolutivo en el manejo de temáticas y de problemáticas ambientales, el uso sostenible de los bienes y los servicios ambientales, la prevención de la contaminación y la gestión integral de residuos. En función de ello, la norma crea la Estrategia Nacional de Educación Ambiental Integral (ENEAI), como principal instrumento de la política de educación ambiental y las Estrategias Jurisdiccionales de Educación Ambiental Integral (EJEAI), a los fines de alcanzar consensos sociales sobre los cuales establecer acuerdos temáticos y prioridades. Además, establece que cada jurisdicción dispondrá la modalidad de implementación en la agenda educativa y dará debida difusión.

Por su parte, la Ley Nacional «Yolanda», N° 27592, se orienta a la formación integral en materia ambiental de las personas que se desempeñen en la función pública, con la perspectiva de efectivizar el principio constitucional de desarrollo sostenible, rector de nuestro sistema jurídico ambiental.

La Asamblea General de Naciones Unidas fijó el 25 de septiembre de 2015 la agenda 2030, que contiene diecisiete objetivos de desarrollo sostenible, entre los que se destaca la necesidad de garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad a los fines de promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos. Contar con una sociedad en la que la alfabetización sea universal, con acceso equitativo y generalizado a una educación de calidad en todos los niveles, siempre redundará en el bienestar físico, mental y social de las personas, y se logrará asimismo perseguir —y en algún momento alcanzar— un equilibrio en las tres dimensiones del desarrollo sostenible (económico, social y ambiental).

En nuestro país, la mayoría de las constituciones provinciales reconocen la necesidad de tomar acciones en defensa del ambiente, incluso algunas, con anterioridad al establecimiento de los derechos y garantías ambientales introducidos en la reforma de la Constitución Nacional en 1994. Con dicho reconocimiento, no se hizo otra cosa que garantizar el derecho constitucional de protección del derecho a la vida, habiéndolo objetivado dentro de un marco legal para lograr la progresiva formación de una conciencia social cargada de valores éticos tendientes a lograr un desarrollo sostenible, y a la vez pretendiendo desplazar la indiferencia ciudadana en cuanto a la preservación del ambiente.

De esta forma, los constituyentes nacionales y provinciales establecieron las obligaciones del Estado para lograr la protección del derecho al ambiente sano mediante la utilización racional de los recursos naturales, la preservación del patrimonio natural y cultural, la diversidad biológica, y el acceso a la información y educación ambiental.

Así, volviendo a la necesidad de crear una conciencia social, se reitera que en las mandas constitucionales se encomienda a las autoridades dos obligaciones esenciales y complementarias, la obligación de educar a la población y la de brindar libre acceso a la información ambiental, para que todos los habitantes puedan gozar del derecho a participar en la toma de decisiones de los órganos de gobierno. En definitiva, educar y concientizar para perseguir el logro de un desarrollo sostenible con equilibrio y razonabilidad es hacer hincapié en el cumplimiento de la legalidad, que, como garantía constitucional, asegura que los poderes públicos, al reglar la libertad del individuo, han de hacerlo con mesura, respetando la proporcionalidad de las consecuencias de su actuación para gozar de un ambiente sano y el bienestar socioeconómico que le permita a toda la sociedad y su descendencia vivir en forma digna.

Además de la ley de presupuestos mínimos de acceso a la información ambiental (Ley N° 25831) que se tratará más adelante, por Ley Nacional N° 27566 el Congreso de la Nación, ratificó el Acuerdo Regional de Escazú sobre el «Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe». Este moderno cuerpo legal tiene como objetivo garantizar la implementación plena y efectiva de tres (3) derechos fundamentales en los Estados parte:

- a) amplio acceso sin restricciones a la información ambiental,
- f) participación pública en los procesos de toma de decisiones ambientales y
- g) acceso a la justicia en asuntos ambientales asegurando mecanismos adecuados para el acceso a los procedimientos administrativos y judiciales vinculados a tales derechos. También contiene disposiciones específicas para garantizar un entorno seguro, sin restricciones o amenazas para los defensores de derechos humanos en asuntos ambientales.

El acuerdo establece estándares regionales que deberán ser regulados a nivel nacional, promueve la creación de capacidades, sienta las bases de una estructura

institucional de apoyo, ofrece mecanismos para mejorar la formulación de políticas y la toma de decisiones. Su característica vinculante implica la obligatoriedad de su aplicación para los países que lo ratifiquen cuando entre vigor (18), como así también el reconocimiento a principios fundamentales para el derecho ambiental, como los principios «precautorio», de «prevención» que en nuestro derecho ya se encontraban receptados, sumando expresamente para esta materia los principios de «transparencia y rendición de cuentas», «no discriminación», «principio pro persona», y el de «no regresión» que impide a los países derogar las garantías y derechos ya reconocidos.

En definitiva, el Acuerdo Regional de Escazú recepta derechos y garantías a los fines de proteger a quienes luchan contra la desigualdad y la discriminación, y garantiza los derechos de todas las personas a un ambiente sano y al desarrollo sustentable, dedicando especial atención a las personas y grupos en situación de vulnerabilidad.

Sobre el tema biodiversidad que también se encuentra tratado en este parte del artículo cuarenta y uno de la constitución, se menciona que se aprobó y ratificó el Convenio sobre Diversidad Biológica por Ley N.º 24375, que entró en vigor el 29 de diciembre de 1993. Posteriormente, se reglamentó mediante Decreto N° 1347/1997, el cual designa al organismo nacional con competencia ambiental como autoridad de aplicación del convenio. Posteriormente, se aprueba el Plan Nacional para la Conservación y Utilización Sostenible de la Diversidad Biológica, a principios del año 2003, por resolución de la entonces Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable N° 260/2003, publicada en Boletín Oficial Nacional el 17 de marzo de 2003, en la que se aprueba el texto ordenado del reglamento de la Comisión Nacional Asesora para la Conservación y Utilización Sostenible de la Diversidad Biológica. (CONADIBIO).

En el año 2010, la Conferencia de las Partes del Convenio adoptó el Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020, junto con las veinte (20) «Metas de Aichi sobre Biodiversidad». Estos documentos instan a las partes a desarrollar metas nacionales y regionales utilizando el Plan Estratégico como un marco flexible, y a examinar, actualizar y revisar, según proceda, sus estrategias y planes de acción nacionales en materia de diversidad biológica.

Los objetivos establecidos por las Metas de Aichi están reflejados en su totalidad en los ejes temáticos propuestos teniendo en cuenta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (ODS), aprobada por la Asamblea General de las Naciones

Unidas (A/70/L.1).

De los objetivos de la Agenda 2030 se menciona: poner fin a la pobreza, luchar contra la desigualdad y la injusticia, y hacer frente al cambio climático, luchar contra la desertificación; y el cumplimiento de los convenios sobre: comercio internacional de especies de fauna y flora silvestre en peligro de extinción (CITES), humedales, conservación de las especies migratorias de animales silvestres, protección fitosanitaria, del patrimonio mundial y el «Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura».

Para terminar este breve comentario sobre biodiversidad, se menciona que Argentina es signataria también del Protocolo de Nagoya desde 2011. Este Protocolo es un acuerdo que nace a partir de la histórica reivindicación de los países en desarrollo para garantizar el reparto justo y equitativo de los beneficios que se obtienen de la explotación de los recursos genéticos. El objetivo final del Protocolo es que los recursos genéticos que son utilizados por empresas u organismos (pertenecientes o no al país de origen de esos recursos) produzcan también beneficios al país de donde fueron extraídos, y pretende generar los incentivos necesarios para la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad, teniendo especialmente en cuenta que la conservación de las especies y su diversidad genética constituyen un instrumento para el desarrollo y la inclusión social.

(iii) En el tercer párrafo del artículo 41, la Constitución encarga a la Nación el dictado de normas que contengan los presupuestos mínimos de protección del ambiente y a las provincias el dictado de las normas necesarias para complementarlas, sin que las primeras alteren las jurisdicciones locales. Mucho se discutió respecto al contenido y alcance de las normas de Presupuestos Mínimos Ambientales, discusión que ya ha sido superada por la existencia de normas que satisfacen la encomienda realizada por la Constitución a la Nación.

Las normas de presupuestos mínimos de protección ambiental que han sido sancionadas, promulgadas y enviadas a publicar hasta el presente son: la Ley General del Ambiente N.º 25675 (19), la Ley N.º 25612 de presupuestos mínimos en materia de residuos industriales, la Ley N.º 25670 de presupuestos mínimos en materia de gestión y eliminación de PCBs; la Ley N.º 25688 regula

el régimen de gestión ambiental de las aguas; la Ley N.º 25831 de acceso a la información ambiental, la Ley N.º 25916 de gestión de residuos domiciliarios; Ley N.º 26331 de protección ambiental para el enriquecimiento, la restauración, conservación, aprovechamiento y manejo sostenible de los bosques nativos; Ley N.º 26562 de protección ambiental para control de actividades de quema; la Ley N.º 26639 para la preservación de los glaciares y del ambiente periglacial; la Ley N.º 26815 que establece los presupuestos mínimos de protección ambiental en materia de incendios forestales y rurales en el ámbito del territorio nacional; la Ley N.º 27353 que crea el sistema federal de manejo del fuego; la Ley N.º 27279 de protección ambiental para la gestión de los envases vacíos de fitosanitarios; y la Ley N.º 27520 de adaptación y mitigación al cambio climático global (20); y la antes comentada Ley 27621, de educación ambiental integral. Restan aún otras normas de carácter sectorial que deberán ser dictadas a los fines de completar la regulación de la materia ambiental.

En cuanto a la naturaleza jurídica de estas normas, se afirma que las leyes de presupuestos mínimos son dictadas para regir en todo el territorio de la nación, pero no son federales, sino que podrían resultar asimilables en cierta forma a las leyes de fondo enunciadas en el artículo 75 inciso 12 de la Constitución Nacional (Código Civil y Comercial, Penal, de Minería, etc.). Pero tampoco son normas de fondo, porque se permite respecto a este nuevo tipo de leyes que las jurisdicciones locales las reglamenten en forma directa sin alterar su letra o sancionen normas en su consecuencia, respetando su contenido como piso, pero pudiendo ser más exigentes. Este último punto demuestra que tampoco puede decirse que son asimilables a las leyes nacionales de adhesión, tampoco a las leyes federales, ni a las leyes de fondo, ya que estas no pueden ser modificadas por las provincias o la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Para poder entender con mayor claridad cómo aplican las normas de presupuestos mínimos, debe tenerse en cuenta que el artículo 124 de la Constitución Nacional se complementa con el 41, debido a que el dominio originario de los recursos naturales corresponde a las provincias. Siendo, por lo tanto, las jurisdicciones locales quienes ejercen derechos reales sobre estos por poseer su dominio. Estos derechos reales les otorgan a quienes los detentan la facultad de usar, gozar y disponer material y jurídicamente de la cosa (en este caso, los recursos naturales y culturales que se encuentran en su territorio (21)). Sin perjuicio de lo antes expresado, no siempre la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y las provincias ejercen la jurisdicción plena sobre los recursos.

Citando al profesor Bidart Campos G., textualmente por su claridad, se transcribe lo siguiente: «...la jurisdicción, en sentido amplio, supone potestas, o sea, una masa de competencias atribuidas a uno o más órganos del poder, sobre las bases de la función o las funciones que son propias del Estado, para cumplir determinadas actividades...» (22).

Por ello, para cerrar este tema sobre dominio y jurisdicción, se refiere a Pedro Frías, quien expresa: «... el dominio se ejerce sobre las cosas, la jurisdicción sobre las relaciones, ...el dominio lleva necesariamente a la jurisdicción si nada la limita o excluye, pero la jurisdicción no lleva necesariamente el dominio...» (23).

(iv) El último párrafo del artículo 41 de la Constitución Nacional establece la prohibición del ingreso de residuos actual o potencialmente peligrosos y de los radiactivos.

Sobre la prohibición de ingreso de residuos radiactivos, se cita la sentencia de la Cámara Federal de Bahía Blanca, del 19 de octubre del año 2006 con motivo de la causa «Schroder, Juan c/INVAP S.E. y E.N. s/Amparo». Esta acción de amparo, fue planteada con motivo de la intención por parte de la Sociedad del Estado INVAP y el Estado Nacional de aceptar el ingreso al país de combustible nuclear quemado, dentro de un reactor nuclear que Argentina vendió a la Organización Australiana para la Ciencia y Tecnología Nuclear (ANSTO). La sentencia de la causa antes mencionada declara inconstitucional la cláusula contractual en la que se admite la alternativa de acondicionar en el territorio de la nación argentina (24) los combustibles gastados en el reactor que le fuera vendido a Australia, entendiendo que la disposición de los residuos radiactivos puede afectar al ambiente; además en la misma se solicita al Poder Ejecutivo que adopte las medidas pertinentes que impidan su ingreso a través de los órganos estatales que tienen bajo su custodia las fronteras de la república.

Cabe aclarar que la sentencia mencionada anteriormente se apoya en una cláusula constitucional que no admite demasiadas interpretaciones por su claridad (25).

Ley de Presupuestos Mínimos de Política Ambiental N.º 25675

Los objetivos de la Ley General del Ambiente

Los objetivos de la Ley General del Ambiente o de Política Ambiental, Ley Nacional de Presupuestos Mínimos N.º 25675 (en adelante LGA), son: el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente en la realización de actividades antrópicas; preservar, conservar, recuperar y mejorar la calidad de los recursos naturales como culturales, instar a la participación social en procesos de toma de decisiones, mejorar la calidad de vida, promover el uso racional de los recursos naturales, mantener el equilibrio y dinámica de los sistemas ecológicos, preservar y proteger la biodiversidad, promover cambios en los valores y conductas a través de la educación ambiental; prevenir efectos nocivos o peligrosos para el ambiente; facilitar el libre acceso a la información; lograr la coordinación interjurisdiccional; establecer procedimientos y mecanismos adecuados para la minimización de riesgos ambientales, para la prevención y mitigación de emergencias ambientales y para la recomposición de los daños causados por la contaminación ambiental. En definitiva, implementar el desarrollo sustentable.

Acuerdos federales en materia ambiental

La LGA ratifica los Acuerdos Federales que a la fecha de sanción de la ley habían sido suscriptos, a saber: el Acta Constitutiva del Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA) y el Pacto Federal Ambiental. De esta forma se da mayor importancia al sistema federal ambiental.

Cabe destacar que la norma da suficiente intervención al Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA) al tiempo de definir materias ambientales importantes, tales como un ordenamiento ambiental adecuado, planes de

educación y divulgación ambiental e instrumentar a través de él mismo el sistema nacional de información ambiental.

Leyes de presupuestos mínimos

En el artículo 6°, la norma define qué se entiende por presupuesto mínimo, lo que resulta sumamente importante y, por lo tanto, consideramos esencial realizar su transcripción:

Se entiende por presupuesto mínimo, establecido en el artículo 41 de la Constitución Nacional, a toda norma que concede una tutela ambiental uniforme o común para todo el territorio nacional, y tiene como objeto imponer condiciones necesarias para asegurar la protección ambiental. En su contenido debe prever las condiciones necesarias para garantizar la dinámica de los sistemas ecológicos, mantener su capacidad de carga, y en general asegurar la preservación ambiental y el desarrollo sustentable...

De la definición antes transcripta se desprende que las normas de presupuestos mínimos se aplican en forma directa y obligatoria en todo el país y las jurisdicciones locales no pueden ignorarlas, siendo por ello que sus marcos normativos deben resguardar y defender el ambiente. A su vez, el contenido de estas normas que sirven de base o piso para la protección del ambiente debe dar la seguridad y certeza, al normal desenvolvimiento de los biomas y los ecosistemas que los conforman, manteniendo su capacidad de regeneración, resiliencia o carga (26) para que puedan seguir siendo utilizados por las generaciones futuras.

En la última Cumbre de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente (27), llevada a cabo en Río de Janeiro en el año 2012, se sostuvo, en el mismo sentido de lo normado en el artículo 6° de la LGA, pero haciendo hincapié en el aspecto social, que para lograr el desarrollo sostenible (28) debe promoverse un

crecimiento sostenido, inclusivo y equitativo, creando mayores oportunidades para todos, reduciendo las desigualdades, mejorando los niveles de vida básicos, fomentando el desarrollo social equitativo, la inclusión, promoviendo una ordenación integrada sostenible de los recursos naturales y los ecosistemas, que preste apoyo, entre otras cosas, al desarrollo económico, social y humano, y facilite al mismo tiempo la conservación, la regeneración, el restablecimiento y la resiliencia de los ecosistemas frente a los problemas nuevos y emergentes.

Los principios del derecho ambiental argentino

La interpretación y aplicación de la LGA y de toda otra norma a través de la cual se ejecute la política ambiental en el país deberá cumplir con los principios establecidos y definidos en la LGA, principios que en su mayoría se han inspirado en los contenidos en la Declaración de Río de Janeiro sobre Medio Ambiente y Desarrollo, establecidos en la Cumbre de Naciones Unidas del año 1992. Estos son:

a) El principio de congruencia: resulta muy importante para entender la forma de aplicar esta norma y el resto de las normas de presupuestos mínimos en todo el territorio del país, ya que se encuentra definido de la siguiente forma: la legislación provincial y municipal referida a lo ambiental deberá ser adecuada a los principios y normas fijadas en la presente ley (LGA); en caso de que así no fuere, este prevalecerá sobre toda otra norma que se le oponga.

b) El principio de prevención: se define: «...Las causas y las fuentes de los problemas ambientales se atenderán en forma prioritaria e integrada, tratando de prevenir los efectos negativos que sobre el ambiente se pueden producir...». Este principio se aplica para prevenir daños futuros o efectos teniendo en cuenta causas o fuentes conocidas, como así también sus efectos.

c) Principio precautorio: «...Cuando haya peligro de daño grave o irreversible la ausencia de información o certeza científica no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces, en función de los costos, para impedir la degradación del medio ambiente...».

Este principio a nivel internacional se encuentra en la Declaración de Río de Janeiro sobre Medio Ambiente y Desarrollo, UN, 1992, en su Principio 15 de donde fue tomado, pero no en forma idéntica, ya que en este no se incluye el supuesto de la ausencia de información, solo incluye en su definición que la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente.

Los elementos esenciales (29) para poder aplicar en este caso el principio son:

1. Falta de certeza absoluta: para que pueda verificarse este supuesto deben existir estudios científicos confiables de los cuales se pueda inferir que la actividad produce efectos dañosos, aunque no se hubiere llegado a la certeza científica absoluta, pero dichos estudios deben poder ser citados, al igual que los efectos (30).
2. En cuanto a la ausencia de información, decimos que esta debe conjugarse con la posibilidad cierta de que exista un peligro de daño grave e irreversible. Sin estos supuestos, el principio no puede ser utilizado.

Por lo tanto, se debe tener en cuenta la aptitud de la actividad, obra o emprendimiento para poder causar como resultado o efecto un peligro de daño grave e irreparable para el ambiente, la salud y la seguridad pública. El peligro debe ser real y poseer idoneidad para causar daño a la salud, el ambiente y la seguridad pública.

3. Bajo ningún aspecto puede tomarse la definición del principio precautorio en forma parcializada, así, para que se verifique el principio deben darse los tres supuestos:

- Falta de certeza científica - peligro de daño real - el daño debe ser grave e irreversible.
- Falta de información- peligro de daño real – el daño debe ser grave e irreversible.

4. Riesgo de daño: debe probarse o denunciarse con suficiente razonabilidad la posibilidad de ocurrencia de un daño.

5. El nivel del riesgo: el daño que se pretende prevenir debe ser grave e irreversible para la salud, la seguridad pública o el ambiente, siempre que pudiera verificarse (duda razonable (31)). El riesgo debe ser creíble, aceptado como tal por una parte plausible de la sociedad científica en el momento de la toma de decisión, los testimonios científicos pertinentes deben ser suficientes, lo que significa que existan y consecuentemente puedan ser citados en forma específica (32). También debe ser irreversible, se tiene que haber estudiado científicamente el carácter no renovable de los bienes que resulten afectados.

6. Exigencia de proporcionalidad: el costo económico y social que dichas medidas ocasionan. No cualquier magnitud de riesgo potencial justifica que toda la sociedad deba soportar las medidas (33).

d) Principio de equidad intergeneracional: los responsables de la protección ambiental deberán velar por el uso y goce apropiado del ambiente por parte de las generaciones presentes y futuras. Este principio se encuentra inspirado en el Principio 3° de la Declaración de Río de Janeiro sobre Medio Ambiente y Desarrollo, UN, 1992.

e) Principio de progresividad: los objetivos ambientales deberán ser logrados en forma gradual, a través de metas interinas y finales, proyectadas en un cronograma temporal que facilite la adecuación correspondiente a las actividades relacionadas con esos objetivos.

f) Principio de responsabilidad: el generador de efectos degradantes del ambiente, actuales o futuros, es responsable de los costos de las acciones preventivas y correctivas de recomposición, sin perjuicio de la vigencia de los sistemas de responsabilidad ambiental que correspondan.

El Código Civil y Comercial de la Nación, aprobado por Ley N° 26994, que fue publicada en Boletín Oficial de la Nación el 8 de octubre de 2014, en sus

artículos 1757 y 1758, sobre los hechos de las cosas y actividades riesgosas, establece que toda persona responde por el daño causado por el riesgo o vicio de las cosas, animales o de las actividades que sean riesgosas o peligrosas por su naturaleza y por los medios empleados o por las circunstancias de su realización. En estos casos, la responsabilidad es objetiva por haber asumido el riesgo, no siendo eximentes la autorización administrativa para el uso de la cosa o la realización de la actividad, ni el cumplimiento de las técnicas de prevención.

Complementando lo determinado en los artículos 1757 y 1759, el artículo 1758 determina que el dueño y el guardián son responsables concurrentes del daño causado por las cosas, considerando guardián a quien ejerce, por sí o por terceros, el uso, la dirección y el control de la cosa, o bien obtiene un provecho de ella.

El dueño y el guardián no responden solo si prueban que la cosa fue usada en contra de su voluntad expresa o presunta; pero en el caso de actividades riesgosas o peligrosas responde quien las realiza, se sirve u obtiene provecho de ellas, por sí o por terceros, excepto lo dispuesto por la legislación especial.

g) Principio de subsidiariedad: El Estado nacional, a través de las distintas instancias de la administración pública, tiene la obligación de colaborar y, de ser necesario, participar en forma complementaria en el accionar de los particulares en la preservación y protección ambientales.

h) Principio de sustentabilidad: El desarrollo económico y social y el aprovechamiento de los recursos naturales deberán realizarse a través de una gestión apropiada del ambiente, de manera tal que no comprometa las posibilidades de las generaciones presentes y futuras.

Para alcanzar el principio de sustentabilidad, resulta necesario también conjugar lo establecido en el artículo 41 de la Constitución Nacional donde se establecen los derechos ambientales para nosotros y las generaciones futuras, con el resto de las mandas constitucionales (equidad intergeneracional); especialmente teniendo en cuenta los artículos 18, 19 y 14 de la Constitución Nacional, los que reconocen el derecho a trabajar, ejercer industria lícita, peticionar a las autoridades y a que se respete el debido proceso, entre otros derechos de la

misma importancia.

En este sentido, teniendo en cuenta el principio de razonabilidad ligado al de legalidad (debido proceso), eficiencia, eficacia y equidad intergeneracional que se desprenden de los artículos de la Constitución mencionados en el párrafo anterior, deviene como lógica consecuencia, que necesariamente el principio de sustentabilidad, debe conjugarse con el de responsabilidad, prevención del daño y progresividad, lo que obliga a la reestructuración y reorientación de las políticas en la realización de diversas actividades, obras y emprendimientos, invirtiendo en tecnologías limpias, realizando ahorro en el uso del agua y energía entre otras medidas tendientes al logro del desarrollo sostenible. Este proceso de reconfiguración de las actividades para lograr mejores rendimientos en las inversiones de capital natural, humano y económico se traducirá muchas veces en gastos no recuperables en forma directa e inmediata, pero a mediano y largo plazo contribuirá a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, a una menor extracción y uso de los recursos naturales, reducción en la generación de desechos, recuperación de cursos y cuerpos de agua, etc., lo que beneficia sin lugar a dudas a toda la sociedad y a las generaciones futuras.

i) Principio de solidaridad: la Nación y los Estados provinciales serán responsables de la prevención y mitigación de los efectos ambientales transfronterizos adversos de su propio accionar, así como de la minimización de los riesgos ambientales sobre los sistemas ecológicos compartidos.

j) Principio de cooperación: Los recursos naturales y los sistemas ecológicos compartidos serán utilizados en forma equitativa y racional. El tratamiento y mitigación de las emergencias ambientales de efectos transfronterizos serán desarrollados en forma conjunta (34).

k) Nuevos principios incorporados por el Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales. Por la Ley N° 27556, que ratifica el Acuerdo de Escazú, se suman los principios que contiene el acuerdo, que como se expresó arriba cuando se comenta el artículo 41 de la Constitución Nacional, se han incorporado a nuestro

derecho vigente los principios «pro persona», «no regresión y progresividad», «igualdad y no discriminación»; «transparencia y rendición de cuentas»; «buena fe»; «máxima publicidad», «soberanía permanente de los estados respecto de sus recursos naturales», y de «igualdad soberana de los Estados». Principios estos últimos que no ha definido el acuerdo, pero que deben ser tenidos en cuenta como límite para la realización de proyectos, obras o actividades que puedan afectar al ambiente.

En este punto, teniendo en cuenta los importantes principios incorporados al ordenamiento jurídico argentino por la ratificación del acuerdo regional, se remarca que, para aplicar los principios, siempre debe respetarse con razonabilidad el principio constitucional rector en el ordenamiento legal ambiental argentino de sustentabilidad, que se ha mencionado arriba en el punto (h). En definitiva, la razonabilidad como módulo de la justicia (35) resguarda el cumplimiento de la legalidad como garantía constitucional que asegura como antes se mencionó en este capítulo, que los poderes públicos, al reglar la libertad jurídica del individuo, deben hacerlo con mesura, respetando como límite la proporcionalidad de las consecuencias de su actuación. De esta forma, resulta claro que, para la interpretación de los principios ambientales, deben respetarse los derechos de todos los habitantes a un ambiente sano y al logro de su bienestar socioeconómico que le permita vivir en forma digna, cumpliendo también de esta forma con el principio «pro persona».

Instrumentos de política y gestión ambiental

En la LGA, además se precisan una serie de instrumentos de política y gestión ambiental, tales como: (i) el Ordenamiento ambiental del territorio, (ii) la Evaluación de impacto ambiental, (iii) la Educación ambiental (punto brevemente comentado en punto uno (1) de este capítulo), (iv) Sistema de diagnóstico e información ambiental, (v) Participación ciudadana, (vi) Seguro ambiental, (vii) Fondo ambiental de garantía voluntario; (viii) Fondo ambiental de compensación ambiental o de restauración; (ix) Sistema de control sobre el desarrollo de las actividades antrópicas; (x) Régimen económico de promoción

del desarrollo sustentable.

(i) Ordenamiento ambiental del territorio: este deberá desarrollar una estructura de funcionamiento global del territorio de la Nación y se generará mediante la coordinación interjurisdiccional, entre los municipios, las provincias, la Ciudad Autónoma de Buenos Aires a través del COFEMA.

El proceso de ordenamiento territorial deberá tener en cuenta aspectos políticos, físicos, sociales, tecnológicos culturales y económicos de la realidad local, regional y nacional, debiendo asegurar el uso ambientalmente adecuado de los recursos, pero posibilitando la máxima producción y utilización de los diferentes ecosistemas, garantizando la mínima degradación y desaprovechamiento, y promoviendo la participación social en las decisiones que hagan al desarrollo sustentable.

(ii) Evaluación de impacto ambiental, que resulta una herramienta de predicción eficaz para lograr la preservación del ambiente detectando posibles riesgos para corregir antes de que sucedan, la norma se ocupa de establecer los pasos mínimos a ser exigidos en todo el país para que el procedimiento sea válido. Así, por toda obra o actividad que en el territorio nacional sea susceptible de degradar el ambiente, alguno de sus componentes, o afectar la vida de la población en forma significativa deberá cumplir con un procedimiento de evaluación ambiental. Los pasos son los siguientes:

1. DDJJ de afectación o no al medio ambiente.
2. Presentación de estudio de impacto ambiental
3. Evaluación del estudio por las autoridades.
4. Participación ciudadana a través de audiencia pública o consultas.
5. Emisión por parte de la autoridad competente de una declaración de impacto ambiental, en la que se debe especificar si se aprueban o rechazan los estudios.

Sobre la obligatoriedad del cumplimiento del procedimiento de evaluación de impacto ambiental, para que el mismo sea válido, a pesar de encontrarse regulado en forma diferente en las legislaciones locales, se menciona que la justicia ha resuelto en distintos casos planteados en diferentes provincias, que resulta necesario cumplir con el procedimiento completo de evaluación de impacto ambiental establecido en la Ley N° 25675, incluyendo la suficiente participación ciudadana mediante audiencias públicas (36).

Volviendo sobre la participación ciudadana en el procedimiento de evaluación de impacto ambiental, esta puede ser mediante audiencias públicas o consultas. En este punto queremos mencionar que algunas normas locales como la Ley 7801 de la provincia de la Rioja (37), dentro de su procedimiento de evaluación de impacto ambiental ha regulado la posibilidad de realización de consultas a profesionales, especialistas, organismos y reparticiones públicas provinciales o municipales con injerencia en la actividad o proyecto a realizarse, antes de emitir la Declaración de Impacto Ambiental.

Por su parte, la jurisprudencia ha evolucionado estableciendo en algunos casos la necesidad de realizar estudios de impacto ambiental acumulativos, debido a que la suma de actividades con impactos ambientales aceptables puede ocasionar daños graves e irreparables en el ambiente del lugar donde se realizan.

En el caso *Dino Salas y Otros c/Pcia. de Salta y Estado Nacional s/Amparo*, del 29 de diciembre de 2008 la Corte Suprema de Justicia de la Nación resolvió hacer lugar a la medida cautelar solicitada por comunidades aborígenes de Salta y ordenó al Gobierno de la provincia el cese provisional de los desmontes y tala de bosques nativos autorizados durante el último trimestre de 2007 en los departamentos de Orán, San Martín, Rivadavia y Santa Victoria debido a la necesidad de realizar un estudio de impacto ambiental acumulativo de la totalidad de los desmontes.

(iv) Información ambiental: además de lo dispuesto en la LGA N° 25.675, la Ley N.º 25831 de Presupuestos mínimos sobre acceso a la información ambiental la regula específicamente.

Conforme lo antes afirmado, la Ley N° 25831 define información ambiental

como toda aquella información en cualquier forma de expresión o soporte relacionada con el ambiente, los recursos naturales o culturales y el desarrollo sustentable, encontrándose específicamente incluida la información sobre:

- a) El estado del ambiente o alguno de sus componentes naturales o culturales, incluidas sus interacciones recíprocas, así como las actividades y obras que los afecten o puedan afectarlos significativamente;
- b) Las políticas, planes, programas y acciones referidas a la gestión del ambiente.

El libre acceso a la información facilita el ejercicio de la democracia participativa (38), genera igualdad de oportunidades, ayuda a reducir la discrecionalidad administrativa y política, brindando confiabilidad a la sociedad sobre decisiones de gobierno, debido a que conocer la información permite la participación para apoyar u oponerse a estas. Por ello, como se expresó anteriormente, se complementa con el derecho constitucional a la educación ambiental.

La información ambiental solicitada, sólo podrá ser denegada en los siguientes casos:

- a) Cuando pudiera afectarse la defensa nacional, la seguridad interior o las relaciones internacionales;
- b) Cuando la información solicitada se encuentre sujeta a consideración de autoridades judiciales, en cualquier estado del proceso, y su divulgación o uso por terceros pueda causar perjuicio al normal desarrollo del procedimiento judicial;
- c) Cuando pudiera afectarse el secreto comercial o industrial, o la propiedad intelectual;
- d) Cuando pudiera afectarse la confidencialidad de datos personales;
- e) Cuando la información solicitada corresponda a trabajos de investigación científica, mientras estos no se encuentren publicados;

f) Cuando no pudiera determinarse el objeto de la solicitud por falta de datos suficientes o imprecisión;

g) Cuando la información solicitada esté clasificada como secreta o confidencial por las leyes vigentes y sus respectivas reglamentaciones.

La denegación total o parcial del acceso a la información deberá ser fundada y cumplimentar los requisitos de razonabilidad del acto administrativo previstos por las normas de las respectivas jurisdicciones. El plazo para brindar la información que se solicita es de treinta (30) días hábiles.

(v) Participación ciudadana: la LGA en sus artículos 19 al 21 trata el tema estableciendo que toda persona tiene derecho a opinar en procedimientos administrativos que se relacionen con la preservación y protección del ambiente, y las autoridades de aplicación deberán crear y reglamentar procedimientos de consultas o audiencias públicas obligatorias no vinculantes para la autorización por parte del Estado de actividades que puedan generar efectos negativos y significativos sobre el ambiente. Por ello, en los procedimientos de evaluación de impacto ambiental la participación ciudadana resulta obligatoria, como así también en los planes y programas de ordenamiento ambiental del territorio.

En caso de que la opinión de la autoridad de aplicación autorizante de la obra, actividad o emprendimiento que pueda causar efectos negativos y/o significativos sobre el ambiente sea contraria a los resultados alcanzados en la audiencia o consulta pública, deberá fundamentar su decisión y hacerla pública.

(vi) Seguro ambiental: se encuentra regulado como una herramienta financiera que protege al patrimonio frente a un posible siniestro, ya que permite reparar el daño ambiental ocasionado.

El artículo 22 de la LGA N° 25675 establece que «toda persona física o jurídica, pública o privada, que realice actividades riesgosas para el ambiente, los ecosistemas y sus elementos constitutivos deberá contratar un seguro de cobertura con entidad suficiente para garantizar el financiamiento de la

recomposición del daño que en su tipo pudiere producir; asimismo, según el caso y las posibilidades, podrá integrar un fondo de restauración ambiental que posibilite la instrumentación de acciones de reparación».

El dictado de la norma no fue acompañado por el mercado, y hasta el año 2008 no existió ninguna aseguradora que ofreciera un producto que pueda cumplir con lo normado por la LGA N.º 25675. En 2007, la autoridad de aplicación ambiental nacional impulsada por pronunciamientos judiciales dictó actos administrativos (39) a los fines de dar un marco jurídico que posibilite la existencia de seguros ambientales que pudieran tomar los sujetos obligados por la normativa.

Las resoluciones que reglamentan el seguro, establecen: (i) la determinación de las actividades riesgosas que obligan a la contratación del seguro; (ii) la creación de la Unidad de Evaluación de Riesgos Ambientales (UERA) y determinación de sus funciones; (iii) y la determinación del autoseguro como opción válida.

El decreto N° 447/2019 publicado en B.O. el 01/07/2019, establece a fin de dar cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 22 de la LGA, que se podrán contratar: 1. Seguros de Caucción por Daño Ambiental de Incidencia Colectiva, 2. Pólizas de Seguro con Transferencia de Riesgo, o 3. Otros instrumentos financieros o planes de seguro que sean aprobados por la Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Secretaría General de la Presidencia de la Nación y la Superintendencia de Seguros de la Nación, organismo descentralizado actuante bajo la órbita del Ministerio de Hacienda.

Las coberturas existentes y los planes de seguro a ser aprobados en el marco del artículo 22 de la Ley N° 25675, deberán garantizar la efectiva remediación del daño causado hasta el monto mínimo asegurable.

Las normas que regulan el seguro ambiental obligatorio por daño ambiental de incidencia colectiva conforme lo dispuesto en el artículo 22 de la Ley N.º 25675, establecen que:

a) Las coberturas tendrán exclusivamente por objeto garantizar el financiamiento de la recomposición del daño ambiental de incidencia colectiva causado en forma accidental, independientemente de que se manifieste en forma súbita o gradual; salvo que la recomposición no sea técnicamente factible, en cuyo caso

deberá preverse la indemnización sustitutiva conforme lo establecido por el artículo 28 de la Ley N.º 25675.

b) A los efectos de la cobertura se considera configurado el daño ambiental de incidencia colectiva cuando este implique un riesgo inaceptable para la salud humana, o la destrucción de un recurso natural o su deterioro abusivo.

c) En el seguro de caución por daño ambiental de incidencia colectiva, la causa que diera origen a la configuración del siniestro deberá ocurrir durante la vigencia de la póliza.

d) Por el seguro de responsabilidad por daño ambiental de incidencia colectiva, solamente se considerarán cubiertos los daños cuya primera manifestación o descubrimiento se produzca durante la vigencia de la póliza, y se notifique fehacientemente al asegurador durante su vigencia o en el período extendido de reclamo que, como mínimo, deberá ser de tres (3) años a contar desde el final de la vigencia de la póliza. No podrán autorizarse franquicias que excedan el diez por ciento (10%) de la suma asegurada. En caso de siniestro, dicho descubierto será abonado por el asegurador pudiendo repetir contra el titular de la actividad riesgosa asegurada.

e) En ambos tipos de seguros solo deberán incluirse aquellas cláusulas limitativas del riesgo que, conforme la técnica asegurativa, resulten imprescindibles según la naturaleza del riesgo.

f) En caso de rescisión de los contratos, cualquiera fuere su causa, deberá ser fehacientemente notificada de manera previa por el asegurador a la autoridad ambiental competente con treinta (30) días de anticipación.

La aseguradora debe determinar el Monto Mínimo Asegurable de Entidad Suficiente (MMA) que avale la cobertura requerida por el artículo 22 de la Ley N.º 25675. Y, conforme se establezca, el asegurador deberá realizar un estudio de la Situación Ambiental Inicial (SAI) a fin de relevar el riesgo y detectar daños preexistentes. La documentación con la que se calcula la situación ambiental inicial deberá ser conservada por la aseguradora por el plazo de diez (10) años.

El titular de la actividad riesgosa asegurada debe presentar, ante la autoridad competente, el estudio de la Situación Ambiental Inicial (SAI), la póliza de

seguro y los demás requisitos que determine la reglamentación.

El estudio de la Situación Ambiental Inicial (SAI) estará integrado por todos los antecedentes, procedimientos y cálculos utilizados para la determinación del riesgo conforme los niveles de complejidad ambiental y el Monto Mínimo Asegurable de Entidad Suficiente (MMA). En caso de disidencia sobre la Situación Ambiental Inicial (SAI), se abrirá un incidente a fin de establecer aquélla.

Por su parte, se facultó al jefe de Gabinete de Ministros a establecer y revisar periódicamente los rubros comprendidos en el listado de actividades riesgosas, la categorización de industrias y actividades de servicio según sus niveles de complejidad ambiental y el monto mínimo asegurable de entidad suficiente (MMA), dictando al respecto las normas correspondientes.

(vii) El Fondo Ambiental de Garantía al que se hace mención en el artículo 22 de la LGA, afirmamos que es un fondo potestativo que lo conformarán las personas físicas o jurídicas, públicas o privadas, que realicen actividades riesgosas para el ambiente, los ecosistemas y sus elementos constitutivos según el caso y las posibilidades. Su constitución posibilitará la instrumentación rápida de acciones de reparación. Cabe aclarar que dicho fondo se encuentra regulado en conjunto con el seguro ambiental, y reitero resulta de constitución voluntaria. Mayoritariamente la doctrina es conteste en señalar que este fondo de restauración es diferente del fondo de compensación ambiental creado en el artículo 34 de la Ley General del Ambiente, que comentaremos posteriormente. Por lo tanto, el fondo de restauración se conformará a manera de garantía para ser ejecutado en el caso de que se demuestre contaminación causada por quien lo constituyó, y a los fines de sanear el daño causado por este (40).

En este sentido, Sabsay y Di Paola, en su artículo publicado en ADLA 2003-D,4865, cuando comentan el contenido del artículo 22, dicen textualmente luego de referirse al seguro ambiental: «...Cabe asimismo mencionar que la LGA presenta la opción, por vía facultativa, para que el interesado pueda constituir un fondo de restauración con la finalidad de instrumentar la reparación del daño. Dicho fondo es privado y ha sido equiparado por la doctrina a los fondos de garantía...». Por su parte, Cafferatta N., en su comentario a la Ley N° 25675, publicada en DJ 2002-3, 1133, cuando comenta el artículo 22, afirma

textualmente respecto del fondo de restauración: «...Claro está que conforme la ley, se lo regula como una vía facultativa que posibilite la instrumentación de reparación. Nada se dice sobre las vías de financiamiento del fondo, aunque se deduce que los recursos deberán provenir del propio interesado en su formación...».

(viii) El fondo ambiental de compensación o de restauración es administrado por la autoridad competente de cada jurisdicción, conforme el tercer párrafo de dicho artículo 34 de la LGA, debe ser creado por ley especial, en la cual se establezca la forma de integración, composición, administración y destino. De todas formas se establece en el artículo 28 de la LGA que en los juicios por daño ambiental, cuando no sea posible la restauración, los montos de las indemnizaciones sustitutivas que la justicia determine deberán ser depositados en el fondo de compensación ambiental, y en cuanto a su destino se establece que deberá garantizar la calidad ambiental, la prevención y mitigación de efectos nocivos o peligrosos sobre el ambiente, la atención de emergencias ambientales y la protección, preservación, conservación o compensación de los sistemas ecológicos.

(ix) Sistema de control sobre el desarrollo de las actividades antrópicas; conforme la LGA deberán desarrollarlos las autoridades locales estableciendo procedimientos y mecanismos adecuados para la minimización de riesgos ambientales, para la prevención y mitigación de emergencias ambientales y para la recomposición de los daños causados por la contaminación ambiental.

El control o poder policial debe ser ejercido por las autoridades locales, como así también la decisión en causas que se originen como resultado del ejercicio del poder de policía en virtud de que en el artículo séptimo de la LGA se establece que la aplicación de esta ley corresponde a los tribunales ordinarios según corresponda por el territorio, la materia o las personas. En los casos en que el acto, omisión o situación generada provoque efectivamente degradación o contaminación en recursos ambientales interjurisdiccionales, la competencia será federal.

Del mismo modo, los mecanismos de control que utilizan los diferentes órganos

del gobierno para el cuidado del ambiente deben ser conducidos por la razonabilidad (41) como garantía dentro de la democracia participativa, interviniendo diversos actores sociales en conjunto o en forma individual a los fines de lograr la gobernabilidad (42).

Por lo tanto, a través del ejercicio de la gobernabilidad se logrará encontrar el camino para la consecución de una gestión ambiental adecuada y la equidad intergeneracional.

(x) Régimen económico de promoción del desarrollo sustentable: la LGA establece que las autoridades deberán adoptar medidas de promoción e incentivos, teniendo en cuenta los mecanismos de certificación realizados por organismos independientes debidamente acreditados y autorizados.

Sobre esto último se menciona, que aquellas actividades o establecimientos que están comprendidos en la obligación de contratar o tomar un seguro ambiental son aquellas que poseen un Nivel de Complejidad Ambiental de 14.5 puntos en adelante (43). Y a los fines de determinar el Nivel de Complejidad Ambiental para la toma del seguro ambiental, se debe aplicar una fórmula polinómica en la cual se logra bajar cuatro puntos cuando se demuestre que se cuenta con una certificación del sistema de gestión ambiental, otorgado por un organismo independiente, debidamente acreditado y autorizado para ello.

El amparo y las acciones ambientales

La protección del medio ambiente y su ejercicio práctico a través del reconocimiento de los derechos colectivos

Los Constituyentes en la reforma de 1994 instituyeron en el artículo 43 la Acción de Amparo como garantía constitucional para lograr el cumplimiento efectivo de los derechos receptados en el artículo 41 de la siguiente forma:

Contra todo acto u omisión de las autoridades, públicas o particulares, que en forma actual o inminente lesione, restrinja, altere o amenace con arbitrariedad e ilegalidad manifiesta, derechos y garantías reconocidos por la Constitución, un tratado, o una ley, podrá interponerse acción de amparo. En cuanto al derecho al ambiente, podrá interponerla tanto el afectado, como el Defensor del Pueblo, como aquellas asociaciones que propendan a esos fines, debidamente registradas conforme lo establezca la ley...

Se destaca que el amparo colectivo en defensa del medio ambiente surgió como fruto de una ardua labor colectiva por parte de todos los sectores de la sociedad y mediante la utilización de diversos medios, especialmente como consecuencia del planteamiento por particulares de acciones ante la justicia haciendo uso de los derechos implícitos incluidos en los artículos 19 y 33 de la Constitución Nacional antes de su reforma. Por su importancia, se menciona el fallo de la causa «Kattán Alberto E. y otro c/Poder Ejecutivo Nacional» resuelta en 1983 por la Justicia en 1era. Instancia Contencioso Administrativa Federal, Juzgado N° 2, y publicada en El Derecho 105-245.

Gran parte de la doctrina también había planteado el reconocimiento de la plena operatividad de los derechos implícitos contenidos en la Constitución antes de su última reforma (44), incluso se sostenía, que a pesar de que no existiera una ley que los instrumente, por ser estos derechos de carácter colectivo no dejan de poseer plena protección jurídica, ya que el ejercicio de los intereses colectivos es sinónimo del ejercicio de libertades públicas.

La Constitución reformada en el año 1994, como se mencionó anteriormente, en su artículo 43 se ocupó de definir in extenso la acción de amparo, estableciendo en forma específica la legitimación procesal activa y pasiva.

En cuanto a la legitimación procesal activa, luego de la reforma constitucional quedaron explícitamente facultados o legitimados activamente para interponer amparo: el afectado, el defensor del pueblo y las organizaciones que propendan a fines de protección ambiental. En el presente punto tampoco ahondaremos sobre la legitimación en la acción de amparo, ya que la jurisprudencia se encargó de demostrar que existe una legitimación amplia (45), alcanzando a quienes tienen

la calidad de vecinos.

En algunas Constituciones provinciales, cabe destacar que se reconoció con anterioridad a la Constitución Nacional la herramienta del amparo para el ejercicio del auto-control social, como así también las que se reformaron con posterioridad y se establecieron como en el caso de la Constitución de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA). Con dicho reconocimiento no se hizo otra cosa que garantizar el derecho constitucional de protección del derecho a la vida, habiéndolo objetivado dentro de un marco legal para lograr la progresiva formación de una conciencia social cargada de valores éticos de respeto a estos principios supremos, a la vez que pretendiendo desplazar la indiferencia ciudadana en cuanto a la protección del ambiente.

La Constitución de la provincia de Buenos Aires luego de su última reforma logró plasmar en su letra el reconocimiento del amparo, interpretando integral y correctamente las nuevas mandas de la Constitución Nacional, y ampliando la legitimación procesal activa, debido a que utilizó en vez de la palabra: «afectado», la frase: «todos los habitantes de la provincia». De esta forma, la nueva redacción constitucional provincial no dejó lugar a dudas sobre la amplia legitimación otorgada a los habitantes de esta. Así también, las jurisdicciones locales (46) instituyeron constitucionalmente a la acción de amparo como arma o llave procesal de los ciudadanos para la defensa del ambiente.

Este reconocimiento del derecho del hombre a tomar cartas en la defensa de su ambiente, volvemos a recalcar, debido a su importancia práctica, no es otra cosa que advertir la responsabilidad de todos los individuos en cuanto a la protección de su propia supervivencia con el objetivo de frenar la carrera irracional de la misma sociedad en su agresión contra la vida y el mundo natural.

Pero, como el medio ambiente constituye un bien jurídico colectivo o macrosocial que posee sentido por vincularse su protección en forma directa con las necesidades existenciales de los hombres, siendo que el amparo nace como un recurso o acción excepcional por su naturaleza jurídica, no debe ser usado como regla. Así, resultó estrictamente necesario instrumentar acciones legales rápidas y sencillas que garanticen a los habitantes poder ejercer sus libertades públicas a los fines de evitar las actividades que signifiquen un riesgo para el ambiente.

Acciones ambientales

Como consecuencia de lo antes expuesto y a los fines de garantizar los nuevos derechos mediante el dictado de «las leyes que la Constitución invita a sancionar, dando vida a sus mandas», y circunscribiéndonos al tema de la defensa de los intereses comunes en materia ambiental, se mencionarán algunas acciones reguladas en las jurisdicciones locales en defensa del ambiente, para luego comentar la acción de daño ambiental instituida en la Ley Nacional de Presupuestos Mínimos, denominada Ley de Política Ambiental N.º 25675.

La Ley de la Provincia de Buenos Aires N.º 11723, que regula en forma integral el ambiente de la provincia, logra una cobertura integral de los derechos ambientales públicos subjetivos de los habitantes, asegurando su libre y pleno ejercicio, a través de otorgar a los particulares medios jurídicos idóneos para preservar el medio ambiente. Estas acciones se encuentran consagradas claramente en los artículos 34 y 35 (que tutelan el control que ejercerán los particulares sobre las acciones y omisiones del Estado que afecten sus derechos); y 36, 37 y 38 (que tutela el ejercicio del auto-control social de los particulares sobre sus propios actos cuando los mismos afecten sus derechos, estableciendo dos acciones sumarísimas claramente diferenciadas: a) acción de protección a los fines de prevenir los efectos degradantes que pudieran producirse; y, b) acción de reparación tendiente a restaurar o recomponer el ambiente y/o los recursos naturales ubicados en territorio provincial, que hubieren sufrido daños como consecuencia de la intervención del hombre) (47).

Las dos acciones creadas por el artículo 36 y siguientes poseen la particularidad de que, cuando son rechazadas o bien la causa es rechazada o perdida por el accionante por falta de prueba, no hacen cosa juzgada y pueden ser planteadas posteriormente. Al mismo tiempo, y a pesar de ser sumarísimas dentro de ellas puede instrumentarse toda la prueba que asista los derechos del o los accionantes, solicitar medidas cautelares, e interponerse todos los recursos correspondientes. Para definir la legitimación procesal activa en estas acciones que venimos comentando, se usó la fórmula que contiene el artículo 43 de la Constitución Nacional, por lo tanto, tendrá derecho a acudir a la justicia: «el afectado, el defensor del pueblo y/o las asociaciones que propenden a la protección del ambiente...». Ahora bien, siguiendo este mismo sentido de interpretación, creemos que serán los jueces como guardianes del cumplimiento

de los principios constitucionales, quienes tendrán la obligación de conceder acción legal a los sujetos comprendidos dentro de la tutela legal, interpretando el término «afectado» en su justo y correcto significado a la vez que conjugándolo en armonía con los tratados supranacionales incorporados a la Constitución Nacional y los principios operativos inequívocos que surgen de la redacción de la Constitución provincial, los que en conjunción garantizan el acceso a la justicia a todo habitante de la provincia y el respeto por parte del Estado y toda la sociedad de sus Derechos Humanos de poseer una mejor calidad de vida.

También merece ser mencionada: (i) la Ley N° 10000 del año 1987, de la provincia de Santa Fe, por ser la primera en reconocer la forma de reclamar por intereses simples violados; (ii) la Ley N° 1352 de la provincia de La Pampa, y la Ley de la provincia de Entre Ríos N° 9032, que establecen la obligación de recomponer como condena dentro de la acción de amparo; (iii) las Acciones de la Ley N° 7070 de Protección del Ambiente de la provincia de Salta y (iv) las acciones de la Ley N° 5961 de la provincia de Mendoza.

La Ley 7070 de la provincia de Salta en sus artículos 12 al 16 regula las mismas dos acciones existentes en la provincia de Buenos Aires, pero con las siguientes particularidades: (i) amplía el objeto (incluye además del medio ambiente y la protección del equilibrio ecológico, los valores estéticos, históricos, urbanísticos, artísticos, arquitectónicos, arqueológicos y paisajísticos); (ii) también amplía la legitimación procesal activa, al legitimar a toda persona, las asociaciones abocadas a la defensa del medio ambiente registradas en el registro provincial correspondiente, y específicamente al Ministerio Público; sin establecer que si aquellas son rechazadas, o bien en la causa se obtiene una sentencia desfavorable para el actor por falta de prueba, no hace cosa juzgada, y consecuentemente, las acciones pueden ser planteadas con posterioridad. Por su parte, la Ley N° 5961, de la provincia de Mendoza (artículo 17 y siguientes), crea también dos acciones al igual que la Ley N° 55 de la provincia de Tierra del Fuego (48) (artículos 16 al 19), redactadas en forma similar a la de Salta, pero sin ampliar el objeto de las acciones, ni incluir la posibilidad de que puedan ser vueltas a plantear cuando la parte actora, no hubiera podido demostrar el daño.

Acción de daño ambiental

La Ley nacional de Presupuestos Mínimos N.º 25675, que hemos comentado escuetamente, define la política ambiental del país y en sus artículos 27 al 33 crea y desarrolla una acción por daño ambiental que puede ser interpuesta personal o colectivamente. Dicha acción posee legitimación activa y pasiva amplia igual a la establecida en el artículo 43 de la Constitución Nacional, el Estado nacional, provincial o municipal, estableciendo, además, que, deducida la demanda de daño ambiental por alguno de los titulares, no podrán interponerla los restantes, lo que no obsta a su derecho a intervenir como terceros (49).

La acción es procedente ante cualquier modificación negativa al ambiente, los recursos, el equilibrio de los ecosistemas, o bienes o valores colectivos. Al mismo tiempo, se señala que los legisladores han abundado en establecer reglas procesales en la LGA, desde nuestro punto de vista excediendo las competencias que les habían delegado por el artículo 41, cuando se les encomendó el dictado de las leyes de Presupuestos Mínimos (50).

En este sentido la LGA en sus artículos 27 al 33 reglamenta la última parte del artículo 41 de la Constitución Nacional, donde el Constituyente estableció que quien cause un daño al ambiente debe recomponer, instituyendo la responsabilidad objetiva. Así, quien cause daño al ambiente o a los valores o bienes colectivos, debe volver las cosas al estado anterior de haberse producido el daño, y en el caso que esto no fuera posible, debe abonar una indemnización sustitutiva que engrosará un Fondo de Compensación Ambiental que será administrado por la Autoridad de Aplicación del lugar donde se realizó el daño. Esta acción no impide que el damnificado directo pueda plantear las acciones que pudieren corresponder ante la justicia civil por los daños en su persona y bienes.

La única causa por la cual quien cause el daño puede eximirse de responsabilidad es demostrando que la víctima o un tercero por quien no debe responder sean culpables del hecho dañoso, pero siempre que pueda demostrar diligencia en su accionar y ausencia total de culpa.

En el caso de las personas jurídicas, la responsabilidad se hace extensiva a sus autoridades y profesionales, en la medida de su participación; y cuando fuere cometida por dos o más personas la responsabilidad es solidaria siempre que no se pueda deslindar correctamente el grado de responsabilidad de cada una de las personas intervinientes en el hecho dañoso.

Resulta necesario destacar que la atribución de responsabilidad en las personas jurídicas, a sus autoridades y profesionales, resulta imprecisa, ya que no se puede determinar su alcance. En el caso de autoridades, resulta más claro porque se supone que debe ser una persona física que ejerza algún cargo determinado con asignación de competencias directas y posea poder de decisión; pero en el caso de los profesionales, resulta muy difícil determinar el límite, ya que la mayoría de las veces profesionales externos realizan estudios y tareas desconociendo en su totalidad el establecimiento y su accionar habitual cotidiano, realizando solo su encomienda profesional (trabajo, toma de muestras y estudios) en fechas y horas puntuales con la información que les brindan.

Para completar este tema debe tenerse en cuenta lo dispuesto sobre la responsabilidad de los profesionales liberales contenida en el artículo 1768 del Código Civil y Comercial de la Nación. Dicho artículo establece que las actividades de los profesionales liberales están sujetas a las reglas de las obligaciones de hacer. La responsabilidad es subjetiva, excepto que se haya comprometido a un resultado concreto, y cuando la obligación de hacer se preste con cosas, la responsabilidad no está comprendida en lo establecido por el artículo 1757 respecto de actividades riesgosas, excepto que causen un daño derivado del vicio de las cosas.

Por su parte, el artículo 1757 del Código Civil y Comercial de la Nación, que fuera mencionado anteriormente en este capítulo (punto 2.4.) cuando se definió el principio de responsabilidad, determina que toda persona responde por el daño causado por el riesgo o vicio de las cosas, o de las actividades que sean riesgosas o peligrosas por su naturaleza, por los medios empleados o por las circunstancias de su realización. De esta forma, se establece para los dueños o guardianes de las cosas que la responsabilidad es objetiva y no son eximentes la autorización administrativa para su uso o la realización de la actividad, ni el cumplimiento de las técnicas de prevención.

En cuanto a la justicia que intervendrá en las causas planteadas por daño ambiental, según se desprende de la lectura de los artículos antes mencionados, es la ordinaria y local; y sobre los efectos de la sentencia se establece que no tendrá efectos erga omnes (51) cuando la acción sea rechazada por cuestiones probatorias, de lo cual se desprende que puede volverse a plantear en el futuro.

Por otra parte, según la Ley N° 25675, el amparo es procedente para lograr la cesación del daño ambiental en cualquier momento, aun encontrándose

planteada una acción por daño ambiental, ya que se establece en el último párrafo del artículo 30 que toda persona puede plantear acción de amparo a los fines de lograr la cesación del daño ambiental, incluso si otra u otras personas hubieren planteado personal o colectivamente la acción objeto de análisis en este punto.

También la norma garantiza que el acceso a la jurisdicción por cuestiones ambientales no admitirá restricciones de ningún tipo o especie, pudiendo el juez interviniente disponer todas las medidas necesarias para ordenar, conducir o probar los hechos dañosos en el proceso, a fin de proteger efectivamente el interés general.

En cualquier estado del proceso, aun con carácter de medida precautoria, podrán solicitarse medidas de urgencia, aun sin audiencia de parte contraria, prestando debida caución por los daños y perjuicios que pudieran ocasionarse. El juez podrá disponerlas sin petición de parte. En este caso, Sabsay y Di Paola, en su artículo «El daño ambiental colectivo y la nueva Ley General del Ambiente» publicado en la Revista Anales de Legislación Argentina, año 2003, N.º 17, páginas 1 y siguientes, opinan que la caución a prestarse puede ser real o juratoria, ya que en caso contrario se estaría impidiendo la posibilidad de que cualquier persona o las organizaciones no gubernamentales planteen este tipo de medidas.

Para terminar este capítulo, mencionamos que, conforme el artículo 33 de la LGA, los dictámenes emitidos por organismo del Estado sobre daño ambiental, agregados al proceso, tendrán la fuerza probatoria de los informes periciales, sin perjuicio del derecho de las partes a solicitar su impugnación.

Los peritos ambientales y los profesionales en los procedimientos administrativos

Peritos

En los litigios ambientales se entiende, en general, que resulta muy difícil para el demandante que alega ser víctima por daño ambiental producir prueba, y mucho más fácil para el demandado es probar los hechos relativos a la existencia (o a la ausencia) de una relación de causa-efecto entre la actividad del demandado y el daño. Por ese motivo, la LGA N.º 25675 cuenta con disposiciones destinadas a reducir la carga de la prueba en favor del demandante.

En materia ambiental, se presume la responsabilidad objetiva del que realiza una actividad riesgosa susceptible de causar daños. Por ello, se requiere entonces únicamente que se indique el daño y el nexo causal por parte de la víctima, pero la prueba de la falta de culpa y de la inexistencia de causa y efecto le corresponden al demandado.

Conforme lo establecido en el Código Civil y Comercial de la Nación y las normas de presupuestos mínimos, el demandado no podrá eximirse de responsabilidad por haber actuado con permiso administrativo, suficiente prudencia, cuidado y utilizando procedimientos de prevención; pues los únicos eximentes de responsabilidad para el demandado son la culpa de la víctima o de un tercero por quien no debe responder, trasladándose así el nexo causal hacia circunstancias externas o hacia terceros; se aplica en otras palabras el principio «a daño causado, daño indemnizado».

Reitero lo expresado ut supra, remarcando que el dueño y el guardián no responden solo si prueban que la cosa fue usada en contra de su voluntad expresa o presunta.

La carga de la prueba sobre la inexistencia de daño potencial o real recaerá sobre el que realiza la actividad o el demandado. Esto implica, que se establece una excepción a la regla general de la presunción de inocencia.

Como se expresó antes, la inversión de la carga de la prueba es una consecuencia directa de la responsabilidad objetiva establecida en la LGA y reiterada en el Código Civil y Comercial de la Nación (artículo 1757).

Por su parte, y a los fines de regular la forma y los profesionales competentes que podrán producir prueba en la justicia, se creó un Registro Nacional de Peritos Ambientales por Resolución N.º 2/2018 del Consejo Profesional de Química, norma que fuera publicada en el Boletín Oficial de la Nación, con fecha 17 de agosto de 2018.

La Resolución N° 2/2018 antes mencionada define qué entiende por perito ambiental en sus considerandos. Así, se establece que el perito, como auxiliar de la Justicia, es el sujeto que debe poseer conocimientos científicos, técnicos y experiencia de campo en diferentes áreas ambientales, actúa en una amplia gama de cuestiones judiciales y/o procedimientos administrativos en donde se controvierten o debaten cuestiones científicas y aspectos técnicos asociados a conflictos ambientales y/o relacionados con la gestión y/o explotación de recursos naturales.

Los peritos, conforme la resolución, deben:

1. Brindar información, elaborar dictámenes y/o emitir opiniones referidas a situaciones en las cuales se debe hacer un diagnóstico sobre posibles efectos ambientales, establecer la existencia de contaminación o bien determinar la afectación significativa de uno o más medios o cuerpos receptores ambientales e incluso, si fuera posible, establecer relaciones de causalidad entre actividades humanas y sus consecuencias sobre los recursos naturales.
2. Como las materias sobre las cuales debe dictaminar un perito ambiental son muchas, variadas y cambiantes debido al crecimiento del conocimiento científico incluyendo no solamente el estudio y control sobre la materia aire, agua, suelo, o impactos acústicos, visuales, sustancias, residuos, etc., sino también nuevos campos caracterizados por la toxicología, el manejo de sustancias peligrosas, la gestión de riesgo, los desafíos surgidos de la gestión sostenible de la energía, entre otros.
3. Poseer las habilidades necesarias para la defensa de informes en juicios y/o para satisfacer las consultas de jueces, fiscales y otros operadores del servicio de Justicia, sobre aspectos científicos y técnicos ambientales de su competencia.
4. Estar continuamente capacitado para encarar las actividades procesales asociadas a los litigios ambientales.
5. Poseer suficiente formación y actualización profesional, estableciendo asimismo la oportunidad de contribuir a su capacitación en forma continua.

El Registro Nacional de Peritos Ambientales (RNPA) creado, tendrá por objeto registrar a las personas humanas que así lo soliciten y demuestren tener conocimientos científicos, técnicos y prácticos sobre los temas ambientales, y participen en un proceso judicial con el propósito de emitir una valoración experta o bien un informe pericial sobre un asunto ambiental relacionado con sus conocimientos, habilidades y experiencia.

El Consejo Profesional de Ingenieros Químicos (CPIQ) debe emitir una credencial específica con validez anual, que indicará la denominación de perito ambiental, el título y capacitación formal que la avale.

Podrán inscribirse en el Registro los siguientes sujetos:

Titulados universitarios provenientes de diferentes disciplinas, formaciones, con responsabilidades y/o actividades afines a temática ambiental.

Personal habilitado de las reparticiones públicas con responsabilidades y/o actividades en la materia (ministerios, municipios, secretarías, direcciones y de otras áreas que realicen estas tareas).

Personal habilitado del Poder Judicial de la Nación con responsabilidades y/o actividades en la materia (de áreas que realicen estas tareas).

Auxiliares de la Justicia y miembros del sistema judicial involucrados en el peritaje ambiental.

Personal habilitado de fuerzas armadas, fuerzas federales de seguridad, policía científica y otras con responsabilidades y/o actividades en la materia ambiental y de áreas que realicen estas tareas.

Profesionales egresados de otros cursos de Peritaje Ambiental avalados por organismos e instituciones prestigiosas y comprobada idoneidad profesional, a criterio del CPIQ.

Los peritos que se encuentren inscriptos en el Registro del CIPIQ, deben registrarse en los diferentes poderes judiciales (local, nacional y/o federal), para

poder ser desinsaculados y citados para su actuación profesional en una causa judicial.

También desde el Consejo Profesional de Ingeniería Química en julio de 2017 se creó el Registro Nacional de Tomadores de Muestras (RENATOM) por Resolución N° 07/2017, norma publicada en Boletín Oficial de la Nación con fecha 24 de agosto de 2017. El objeto del registro es dar confiabilidad a los datos obtenidos en el análisis de una muestra, lo que depende en gran medida de la correcta toma de muestras, representatividad de la muestra, así como de la cadena de custodia posterior.

Este registro tiene alcance nacional, debiendo inscribirse conforme el artículo 2do., profesionales universitarios con responsabilidad y/o actividades en la materia, técnicos químicos o títulos equivalentes, el personal de reparticiones públicas con responsabilidades y/o actividades en la materia (ministerios, municipios, secretarías, direcciones y otras áreas que realicen estas tareas); personal del Poder Judicial, fuerzas armada, gendarmería, prefectura, policía científica y otras con responsabilidades y/o actividades en la materia.

Profesionales actuantes en procedimientos administrativos

La mayoría de las autoridades de aplicación ambiental locales, y también a nivel nacional, cuentan con registros de profesionales, consultoras y organismos públicos o privados con idoneidad y capacidad técnica para la elaboración de estudios ambientales, donde se inscriben profesionales matriculados en sus respectivos colegios o consejos profesionales de las jurisdicciones donde desean realizar estudios para ser presentados en los organismos públicos. De esta forma, las autoridades de aplicación pueden realizar el estudio de incumbencias profesionales y determinar la competencia que deben tener los distintos profesionales y consultoras para cada tipo de estudio.

Estos registros de profesionales, consultoras y organismos públicos o privados con idoneidad y capacidad técnica para la elaboración de estudios ambientales se han creado al tiempo de reglamentarse la obligación de presentar estudios de impacto ambiental dentro de los procedimientos de Evaluación de Impacto

Ambiental para las diversas actividades reguladas a nivel local o nacional.

A nivel nacional, el Registro de Consultores en Estudios de Impacto Ambiental, que actualmente se encuentra en la órbita del organismo nacional con competencia ambiental, fue originariamente creado por el Anexo II de la Resolución N° 501/95 en el marco de un Convenio entre la autoridad de aplicación ambiental nacional de ese momento (Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente Humano (SRNyAH) a la fecha de redacción de este capítulo, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), y el Banco de Inversión y Comercio Exterior S.A. (BICE), actualizado por la Resolución SGAyDS N° 102/19.

Referencias bibliográficas

Bidart Campos, G. (1995). Tratado elemental de Derecho Constitucional Argentino, Tomo IV, La reforma Constitucional de 1994. Buenos Aires, Argentina: Ed. Ediar Bs. As.

Pastorino, L. (1995). El daño al Ambiente. Buenos Aires, Argentina: Ed. Lexis Nexis Argentina S.A.

Quiroga Lavié, H. (1996). La Constitución de la ciudad de Buenos Aires comentada, Buenos Aires, Argentina: Ed. Rubinzal Culzoni.

Sabsay, D. y Onainda, J.M. (1997). La Constitución de los porteños, Buenos Aires, Argentina: Ed. Errepar.

Sabsay D. y Onainda, J.M. (2000) La Constitución de los argentinos, Buenos Aires, Argentina: Ed. Errepar.

Gordillo, A. (1997-1998). Tratado de Derecho Administrativo, Tomo I, II y III, Buenos Aires, Argentina: Ed. Fundación de Derecho Administrativo.

Dromi, R. (1996). Derecho Administrativo. Buenos Aires, Argentina: Ed. Ciudad Argentina.

- Flores, M.M. (1997). «La Legitimación Procesal Activa». Revista La Ley, suplemento de Derecho Ambiental. Buenos Aires, Argentina.
- Walsh, J.R. y Di Paola, M.E y otros. (2000). Ambiente, Derecho y Sustentabilidad, Buenos Aires, Argentina: Ed. la Ley.
- Di Paola, M.E y Nápoli, A. (2000). Los residuos peligrosos. Buenos Aires, Argentina: Ed. La Ley.
- Mosset Iturraspe, J.; Hutchinson T., y Donna, E. (1999). Daño ambiental Tomos I y II. Buenos Aires, Argentina: Ed. Rubinzal Culzoni.
- Oliver, F. y Mazzucchelli, S. (1999). Evaluación de Impacto Ambiental, Programa Buenos Aires Sustentable, Buenos Aires, Argentina: Ed. por Fundación Avina.
- Di Paola, M.E., Oliver, F. y Ortiz, E. (2000) Calidad de Aire y Ruido, Programa Buenos Aires Sustentable, Trabajo elaborado por Fundación Ambiente y Recursos Naturales, FARN. Buenos Aires, Argentina: Ed. por Fundación Avina.
- Cafferatta, N. y Goldenberg, I. (2001). Daño Ambiental. Problemática de su determinación causal, Buenos Aires, Argentina: Ed. por Abeledo Perrott.
- Adorno R. (2002). «El principio de precaución, un nuevo estándar jurídico para la era tecnológica», Buenos Aires, Argentina. Revista La Ley.
- Sabsay D. y Di Paola M.E. (2002). «El Federalismo y la nueva ley general del ambiente». Publicado en Anales de Legislación Argentina, Boletín Informativo. Buenos Aires, Argentina.
- Kemelmajer de Carlucci, A. (2006). Estado de la Jurisprudencia Nacional en el Ámbito Relativo al Daño Ambiental Colectivo después de la Sanción de la Ley 25675, Ley General del Ambiente (LGA), Buenos Aires, Argentina. Publicado por la Academia Nacional De Derecho, La Ley Sociedad Anónima.
- Flores, M. M. (2008). Rumbo ambiental II, Capítulo Daño Ambiental, Buenos Aires, Argentina: Ed. Ciudad Argentina.
- Flores, M. M. (2015). «El Rol del abogado ambiental corporativo para lograr la Sustentabilidad Corporativa». Suplemento de Derecho Ambiental de la revista

La Ley. Buenos Aires, Argentina.

Flores, M. M. (2016). «El desarrollo sostenible y la razonabilidad en las soluciones de problemas ambientales», en Rumbo ambiental III. Buenos Aires, Argentina: Ed. Eudeba.

■

6. Este capítulo se terminó de redactar el 24 de junio del año 2021.

7. Se relaciona estrechamente con la economía, la sociología, la ecología y las ciencias naturales en general (especialmente la química, biología, zoología, botánica, geología, toxicología, ciencias médicas en general, etc.).

8. Protección de las cosas: art. 183: reprime con prisión al que destruyere, inutilizare, hiciere desaparecer o de cualquier otro modo dañare una cosa mueble o inmueble o un animal, total o parcialmente ajeno; art. 184: se agrava la pena cuando medie infección o contagio en aves u otros animales domésticos, o se empleare sustancias venenosas o corrosivas; art. 206: reprime al que violare las reglas establecidas por las leyes de policía sanitaria animal.

9. Ley de Protección de la Fauna N.º 22421: art. 24: reprime al que cazare en campo ajeno sin autorización de su dueño; art. 25: reprime a quien capturare o comercializare especies animales que esté prohibida su captura o vedada por autoridad administrativa competente, art. 26: reprime a quien cazare mediante la utilización de armas, artes o medios prohibidos por la autoridad administrativa; art. 27: reprime al que, a sabiendas, transportare, almacenare, comprare, vendiere, industrializare o de cualquier modo pusiere en el comercio piezas, productos o subproductos provenientes de la caza furtiva o de la depredación.

Las penas establecidas por la norma de protección de la fauna van de un mes a

tres años de prisión, e inhabilitación especial que puede llegar hasta diez años, dependiendo de la norma que se infrinja.

10. Salud: art. 200: reprime al que envenenare o adulterare de un modo peligroso para la salud, aguas potables, substancias alimenticias o medicinales, destinadas al uso público o consumo de una colectividad de personas. Prevé como agravante la muerte de una persona, (delito de peligro concreto) Causa Alba, 1992 C.F.S.M.; art. 202: reprime al que propague una enfermedad peligrosa y contagiosa para las personas. (Causa Averiguación Contaminación del Río Reconquista, C.F.S.M., 1992); art. 203: reprime la comisión de los hechos previstos en los artículos 200 y 202, en forma culposa (imprudencia, negligencia, impericia en el arte y profesión o inobservancia de los reglamentos u ordenanzas en vigor); art. 206: reprime con pena de prisión al que violare las reglas establecidas por las leyes de policía sanitaria animal. – Ley penal en blanco, delito de peligro abstracto.

11. Artículo 186. El que causare incendio, explosión o inundación, será reprimido:

1º Con reclusión o prisión de tres a diez años, si hubiere peligro común para los bienes;

2º Con reclusión o prisión de tres a diez años el que causare incendio o destrucción por cualquier otro medio:

a) De cereales en parva, gavillas o bolsas, o de los mismos todavía no cosechados;

b) De bosques, viñas, olivares, cañaverales, algodones, yerbatales o cualquiera otra plantación de árboles o arbustos en explotación, ya sea con sus frutos en pie o cosechados;

c) De ganado en los campos o de sus productos amontonados en el campo o depositados;

d) De la leña o carbón de leña, apilados o amontonados en los campos de su explotación y destinados al comercio;

e) De alfalfares o cualquier otro cultivo de forrajes, ya sea en pie o emparvados, engavillados, ensilados o enfardados;

f) De los mismos productos mencionados en los párrafos anteriores, cargados, parados o en movimiento;

3º Con reclusión o prisión de tres a quince años, si hubiere peligro para un archivo público, biblioteca, museo, arsenal, astillero, fábrica de pólvora o de pirotecnia militar o parque de artillería;

4º Con reclusión o prisión de tres a quince años, si hubiere peligro de muerte para alguna persona;

5º Con reclusión o prisión de ocho a veinte años, si el hecho fuere causa inmediata de la muerte de alguna persona.

Artículo 187. Incurrirá, según los casos, en las penas señaladas en el artículo precedente, el que causare estrago por medio de sumersión o varamiento de nave, derrumbe de un edificio, inundación, de una mina o cualquier otro medio poderoso de destrucción.

Artículo 188. Será reprimido con prisión de uno a seis años el que, destruyendo o inutilizando diques u otras obras destinadas a la defensa común contra las inundaciones u otros desastres, hiciere surgir el peligro de que estos se produzcan.

La misma pena se aplicará al que, para impedir la extinción de un incendio o las obras de defensa contra una inundación, sumersión, naufragio u otro desastre, sustrajere, ocultare o hiciere inservibles, materiales, instrumentos u otros medios destinados a la extinción o a la defensa referida.

Artículo 189. Será reprimido con prisión de un mes a un año, el que, por imprudencia o negligencia, por impericia en su arte o profesión o por inobservancia de los reglamentos u ordenanzas, causare un incendio u otros estragos.

Si el hecho u omisión culpable pusiere en peligro de muerte a alguna persona o causare la muerte de alguna persona, el máximo de la pena podrá elevarse hasta cinco años.

12. El artículo 189 bis del Código Penal: Art. 189 bis: (1) «El que, con el fin de contribuir a la comisión de delitos contra la seguridad común o causar daños en las máquinas o en la elaboración de productos, adquiriere, fabricare, suministrare, sustrajere o tuviere en su poder bombas, materiales o aparatos capaces de liberar energía nuclear, materiales radiactivos o sustancias nucleares, o sus desechos, isótopos radiactivos, materiales explosivos, inflamables,

asfixiantes, tóxicos o biológicamente peligrosos, o sustancias o materiales destinados a su preparación, será reprimido con reclusión o prisión de cinco (5) a quince (15) años». La misma pena se impondrá al que, sabiendo o debiendo saber que contribuye a la comisión de delitos contra la seguridad común o destinados a causar daños en las máquinas o en la elaboración de productos, diere instrucciones para la preparación de sustancias o materiales mencionados en el párrafo anterior... última parte del inciso (1) establece: «...La simple tenencia de los materiales a los que se refiere el párrafo que antecede (entre los que se encuentran los asfixiantes, tóxicos o biológicamente peligrosos), sin la debida autorización legal, o que no pudiere justificarse por razones de su uso doméstico o industrial, será reprimida con prisión de tres (3) a seis (6) años...». El resto del artículo, Incisos (2) al (5), se refiere a adquirir, fabricar, suministrar, sustraer o tener en su poder armas.

13. La Ley 24051 de Residuos Peligrosos, que fuera publicada el 17 de enero de 1992, es una norma que posee un carácter mixto debido a que se encuentra conformada por una parte que contiene disposiciones de carácter administrativo aplicables en territorios nacionales, y otra con disposiciones penales y civiles de aplicación en todo el país. Esta Ley 24051, que cubre a nivel nacional la problemática de los residuos peligrosos, a pesar de incurrir en algunos errores, lógicos por haber sido planteada en el plano teórico como consecuencia de que prácticamente no existían antecedentes nacionales en la materia, invita a las provincias a dictar normas en el mismo sentido.

Los artículos de la Ley 24051 que tipifican y regulan este delito causado con residuos peligrosos son: 55 al 57. Art. 55: Será reprimido con las mismas penas establecidas en el art. 200 del Código Penal, el que, utilizando los residuos a que se refiere la presente ley, envenenare, adulterare o contaminare de un modo peligroso para la salud, el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general. Si el hecho fuere seguido de la muerte de alguna persona, la pena será de diez (10) a veinticinco (25) años de reclusión en prisión. Art. 56. Cuando alguno de los hechos previstos en el artículo anterior fuere cometido por imprudencia o negligencia o por impericia en el propio arte o profesión o por inobservancia de los reglamentos u ordenanzas, se impondrá prisión de un (1) mes a dos (2) años. Si resultare enfermedad o muerte de alguna persona, la pena será de seis (6)

meses a tres (3) años.

Art. 57. Cuando alguno de los hechos previstos en los dos artículos anteriores se hubiera producido por decisión de una persona jurídica, la pena se aplicará a los directores, gerentes, síndicos, miembros del consejo de vigilancia, administradores, mandatarios o representantes de la misma que hubiesen intervenido en el hecho punible, sin perjuicio de las demás responsabilidades penales que pudiesen existir.

La justicia ha determinado que este delito es de peligro abstracto pudiendo citar las siguientes causas CHARRY, JORGE OMAR S/INFRACCIÓN LEY 24051.- C.C.C. FED. SALA II. 1997, ART. 55 DELITO DE PELIGRO ABSTRACTO; y FOGLIA JORGE O S/ PROCESAMIENTO, C.C.C. FED, SALA I, 1997- DELITOS DE PELIGRO ABSTRACTO.

14. Concepto introducido como Desarrollo Sostenible en la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente, realizada en Río de Janeiro, año 1992, y desagregada su definición en varios Principios (Principios 3, 4 y 8 de la carta de la Tierra)

15. Art. 14. En este Código se reconocen:

a) Derechos individuales;

b) Derechos de incidencia colectiva;

La ley no ampara el ejercicio abusivo de los derechos individuales cuando pueda afectar al ambiente y a los derechos de incidencia colectiva en general.

Art. 240. El ejercicio de los derechos individuales sobre los bienes mencionados en las Secciones 1° y 2°, públicos y privados, debe ser compatible con los derechos de incidencia colectiva. Debe conformarse a las normas del derecho administrativo nacional y local dictadas en el interés público y no debe afectar el funcionamiento ni la sustentabilidad de los ecosistemas de la flora, la fauna, la biodiversidad, el agua, los valores culturales, el paisaje, entre otros, según los criterios previstos en la ley especial.

Art. 241. Cualquiera sea la jurisdicción en que se ejerzan los derechos, debe respetarse la normativa sobre presupuestos mínimos que resulte aplicable.

16. El 15 de diciembre de 1972 luego de la Conferencia sobre Medio Humano celebrada en Estocolmo del 5 al 12 de junio de 1972, la Asamblea General de Naciones Unidas definió en sesión que el 5 de junio se debe conmemorar todos los años el Día Mundial o Internacional del Medio Ambiente con actos y actividades de entidad suficiente con miras a crear conciencia sobre la necesidad de lograr la protección y mejoramiento del ambiente. Para ello se instó a los gobiernos y demás organizaciones de Naciones Unidas para que lo celebren como un día de sensibilización, a los fines de que la opinión pública sea capaz de apreciar su importancia y reaccionar tomando acciones en pos de la preservación del ambiente y consecuentemente de respetar la vida de todos los seres, las cosas que contribuye o sirven a los seres o a la conservación de otras cosas. Otros antecedentes internacionales estableciendo la necesidad de instituir la educación ambiental como derecho son: Declaración de Estocolmo, Suecia, 1972, Principio 19; Carta de Belgrado, Yugoslavia, 1975, Declaración de Tbilisi, (Georgia), 1977. UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) y PNUMA (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente); Agenda 21, Conferencia de Río de Janeiro, Brasil, 1992.

17. Ley 26206. Ley de Educación Nacional lo establece en su artículo 89, textualmente: «El Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología, en acuerdo con el Consejo Federal de Educación dispondrá las medidas necesarias para proveer la educación ambiental en todos los niveles y modalidades del Sistema Educativo Nacional, con la finalidad de promover valores, comportamientos y actitudes que sean acordes con un ambiente equilibrado y la protección de la diversidad biológica; que propendan a la preservación de los recursos naturales y a su utilización sostenible y que mejoren la calidad de vida de la población. A tal efecto se definirán en dicho ámbito institucional, utilizando el mecanismo de coordinación que establece el artículo 15 de la Ley N.º 25675, las políticas y estrategias destinadas a incluir la educación ambiental en los contenidos curriculares comunes y núcleos de aprendizaje prioritario, así como a capacitar a los/as docentes en esta temática...»

18. Con el depósito de los instrumentos de ratificación de los Estados Unidos Mexicanos y la República Argentina en la Sede de las Naciones Unidas en Nueva York, el 22 de enero de 2021 se alcanzó el número de Estados parte necesario para la entrada en vigor del Acuerdo. Según establece el artículo 22 del tratado, una vez cumplidos los requisitos establecidos, el tratado entra en vigor a los noventa (90) días, es decir, el 22 de abril de 2021, fecha coincidente con el Día Internacional de la Madre Tierra.

19. Ver «El Federalismo y la nueva ley general del ambiente», publicado por el Dr. Daniel Sabsay y Dra. Ma. Eugenia Di Paola, en Anales de Legislación Argentina, Boletín Informativo, Año 2002, nº 32, pág. 47.

20. La Ley 27520/2019 de presupuestos mínimos de adaptación y mitigación al cambio climático global formaliza la forma de trabajo implementada en el marco del Gabinete Nacional de Cambio Climático y la Comisión de Cambio Climático del Consejo Federal de Medio Ambiente. Institucionaliza el Gabinete Nacional de Cambio Climático ya creado y establece el tratamiento del tema como una política de estado.

El Gabinete Nacional de Cambio Climático tendrá un consejo asesor y es presidido por el jefe de Gabinete de Ministros. Tiene como función: (i) articular entre las distintas áreas de gobierno de la administración pública Nacional, (ii) la implementación del Plan Nacional de Adaptación y Mitigación del Cambio Climático, y de todas aquellas políticas públicas relacionadas con la aplicación de las disposiciones establecidas en la ley y sus normas complementarias.

Para la gestión adecuada del cambio climático se establece la obligación del diseño e implementación de políticas, acciones, instrumentos y estrategias de mitigación y adaptación del cambio climático, instruir un estándar mínimo de planificación a nivel territorial y crear sistemas de información para la generación de datos y transparencia, lo que facilitará el cumplimiento de la NDC, y fomentará relaciones interjurisdiccionales, promoverá los planes locales de respuestas, permitirá la coordinación de políticas nacionales, locales y sectoriales y potenciará acciones que contribuyan a la adaptación al cambio climático y a la reducción de gases de efecto invernadero.

El Gabinete Nacional de Cambio Climático debe convocar a un Consejo Asesor Externo del Plan Nacional de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático, ad honorem, de carácter consultivo y permanente, cuya función es la de asistir y asesorar en la elaboración de políticas públicas relacionadas con la ley. Estará formado por: a. Científicos, expertos e investigadores de reconocida trayectoria sobre los diversos aspectos interdisciplinarios del Cambio Climático. b. Representantes de organizaciones ambientales, sindicatos, comunidades indígenas, universidades, entidades académicas y empresariales, y centros de investigación públicos y privados con antecedentes académicos y científicos o con trayectoria en la materia. c. Representantes de partidos políticos con representación parlamentaria.

21. El Código Civil y Comercial de la Nación en su artículo 1941 define dominio como «...derecho real que otorga todas las facultades de usar, gozar y disponer material y jurídicamente de una cosa...». Por este motivo, el titular del dominio posee ius abutendi, ius utendi y ius fruendi.

22. idart Campos, Germán, Jurisdicción provincial y jurisdicción nacional en materia electro energética. El Derecho, t. 54, pág.736.

23. Frías, Pedro J. Dominio y Jurisdicción de la nación y las provincias, VV. AA. Derecho público provincial, Ed. Depalma, Bs. As., Argentina, 1980, ps. 197 y 215.

24. Existe en el contrato la alternativa de acondicionarlos en nuestro país, en Francia o bien en un tercer país.

25. Tawil, Guido Santiago, La Cláusula Ambiental en la Constitución Nacional, L.L.-1995-B, 1291; Sabsay, Daniel cf. www.ambiente-ecológico.com; Ekmedjian, Miguel Ángel, Tratado de Derecho Constitucional, Ed. Depalma, año 2004, T.III, pág. 652; autores citados por el Dr. Luis Alberto Cotter en la sentencia para apoyar su decisión.

26. Capacidad de un material, mecanismo o sistema para recuperar su estado inicial cuando ha cesado la perturbación a la que había estado sometido.

27. La Conferencia de Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible (UNCSD, Rio+20) tuvo lugar en Río de Janeiro (Brasil), 20 años después de la Conferencia de Naciones Unidas de Medio Ambiente y Desarrollo de 1992, también en Río de Janeiro, y diez años después de la Cumbre mundial sobre Desarrollo Sostenible de 2002 en Johannesburgo. El encuentro de alto nivel que reunió a jefes de Estado y de gobierno focalizó en un documento político que se denominó «El futuro que queremos».

El objetivo de la conferencia fue lograr un compromiso político renovado para el desarrollo sostenible, evaluar el progreso hasta la fecha y las lagunas existentes en la aplicación de los resultados de las principales cumbres sobre desarrollo sostenible. Se introdujo el tema de la economía verde en el contexto del desarrollo sostenible y erradicación de la pobreza, y el marco institucional necesario para el desarrollo sostenible.

28. Desarrollo sostenible en todos los niveles, integrando sus aspectos económicos, sociales y ambientales y reconociendo los vínculos que existen entre ellos.

29. Elementos desarrollados en la obra colectiva: «Tercer Encuentro de Colegios de Abogados sobre Temas de derecho agrario», en febrero de 2001, publicada por el Instituto de derecho agrario del Colegio de Abogados de Rosario.

30. La mayoría de la doctrina es conteste en establecer que para que el principio precautorio se haga efectivo, se deberán realizar estudios que demuestren que las actividades se realizan dentro los parámetros permitidos por la norma. En este sentido, citamos uno de sus antecedentes internacionales más remotos, la Convención de Derecho del mar de Montego Bay en su artículo 204 y el artículo 1, en los cuales se solicita el monitoreo de las actividades que pudieren ocasionar daño al ambiente. También citamos al profesor Michel Prieur, quien en su libro *Droit de l`environnement*, pág. 67, donde desarrolla este principio, mencionando el artículo 130 R del Tratado de Maastricht, señala que con la aplicación del principio se trata de impedir la producción de agresiones al ambiente con medidas apropiadas, citando como instrumentos aptos estudios de impacto ambiental, monitoreos o ecoauditorías, según el tipo de actividad a la cual nos referimos.

31. Kourilsky, Phillippe, Viney, Genviève, *Le principe de précaution. Rapport au Premier Ministre*, Paris, 1999., p.5.

32. Conforme Reglamento Europeo sobre seguridad Alimentaria (UE/178/2002), Acuerdo sobre Medidas Sanitarias y Fitosanitarias de OMC, Comunicación de la Comisión Europea que elaboró un informe especial sobre este principio COM (2000, I)

33. Roberto Andorno en su artículo publicado en la revista La Ley del 18/07/2002, «El principio de precaución, un nuevo estándar jurídico para la era tecnológica».

34. En la causa M.1569 XL, «Mendoza, Beatriz Silvia y otros c/Estado Nacional y otros s/daños y perjuicios» (daños derivados de la contaminación ambiental del Río Matanza Riachuelo) se receptaron los principios de progresividad, solidaridad, cooperación y el de subsidiariedad teniendo en cuenta la necesaria colaboración del Estado nacional y la responsabilidad de la provincia de Buenos Aires y de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

35. Corte Suprema de Justicia de la Nación sostiene que la base de la legalidad es «el prudente y razonable ejercicio de las facultades regladas del poder administrador», admitiendo su competencia en la revisión judicial de las medidas adoptadas sin tener en cuenta lo antes enunciado. Fallos: 306:820 del 10 de julio 1984, Marra de Melincoff, Alicia L. c/Universidad de Buenos Aires, La Ley 1984-D-429.

36. Se citan las siguientes causas: «Villivar, Silvana Noemí c. provincia de Chubut y otros s/amparo» – CSJN, 17/04/2007; y en la causa «Leaño, Julia Rebeca; Leaño, Remo; Cruz de Mamaní, Victoriana; Licantica Dámaso; Valenzuela, Víctor Hugo; Moreau, Roger Lucein y otros c/ Estado provincial» Libro de Acuerdos N° 53, F° 364/380, N° 118. San Salvador de Jujuy, provincia de Jujuy, del 22-02-10 Superior Tribunal de Justicia Expte. N° 6706/09, Recurso de inconstitucionalidad interpuesto en Expte. N° B-193.302/08 (Tribunal

Contencioso Administrativo); «Cirignoli Sebastián C/Ramón Aguerre y/o quien resulte propietario de la Estancia Rincón del Uruguay y/o el Instituto Correntino del Agua y el Ambiente s/acción de Amparo Ambiental». CACyC de Corrientes». Sala IV resuelta el dos de agosto de 2006.

37. En los artículos 14 a 24, se establece el Procedimiento de Evaluación de Impacto y el sistema de consultas en el artículo 18. Cabe advertir que este sistema no excluye a las audiencias públicas, las que podrán ser convocadas en determinados casos a determinarse en la reglamentación de la norma.

38. Un ejemplo de acciones tomadas a los fines de cumplir con el objetivo de facilitar la democracia participativa y la transparencia para las actividades extractivas es la adhesión anunciada por el Gobierno argentino en diciembre de 2017 a la Iniciativa de Transparencia de las Industrias Extractivas (EITI) de la que ya participan más de 40 países. A partir de ello, se podrán evaluar indicadores de toda la cadena de valor de la actividad hidrocarburífera y minera del país. También se podrán adoptar reformas para la fortalecer la transparencia y la rendición de cuentas en cada sector.

EITI es un punto de partida para procesos de mayor rendición de cuentas de los gobiernos hacia los ciudadanos acerca de la renta proveniente de las industrias extractivas. En este sentido, se ha observado que, para cumplir dicho rol, la Iniciativa debiera estar acompañada de reformas de empoderamiento ciudadano. En un sentido más crítico, se ha esgrimido que, para asegurar procesos genuinos de reforma en materia de transparencia y rendición de cuentas, EITI debiera anclarse en las estructuras democráticas y políticas locales.

39. Resoluciones de la SGAYDS n° 1639/2007 aprobó el listado de rubros comprendidos y la categorización de industrias y actividades de servicios según su nivel de complejidad ambiental, sustituyendo los Anexos I y II de las Resoluciones N° 177/2007 y 303/2007, normas operativas para la contratación de seguros ambientales. La Resolución 1398/08 ex SAYDS hoy MAYS

establece los Montos Mínimos Asegurables de Entidad Suficiente, en función de lo previsto en el artículo 22 de la Ley N° 25675 y en el artículo La Resolución ex SAyDS hoy MAyDS N° 177/07, los alcances y metodología para su cálculo. El valor del Factor de Correlación que es un elemento constitutivo de la fórmula polinómica aprobada por Resolución de la ex Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable N° 1398/2008, todos los años es modificado a los fines de actualizar los montos.

40. En el mismo orden de ideas citamos a Pelle Waltes, D. Vernetti, Ana M., que publicaran un artículo en DJ 2004-3, 1205, comentando la LGA, quienes sostienen respecto a la última parte del artículo 22 que «...relacionado con este tema, se encuentra el de los fondos o patrimonios de afectación creados con el fin de reconstruir los bienes afectados en caso de daño ambiental...». Asimismo, Santiago Antonio Hernández, en su ponencia presentada en el III Congreso Internacional de derechos y garantías –realizado en año 2004–, al momento de comentar la última parte del artículo 22 vuelve a sostener lo mismo que los Dres. Sabsay y Di Paola, afirmando textualmente: «...Cabe asimismo mencionar que la Ley General de Ambiente presenta la opción, por vía facultativa, para que el interesado pueda constituir un fondo privado de restauración con la finalidad de instrumentar la reparación del daño...».

41. La Declaración de Río establece en su Principio 10 que «...el mejor modo de tratar las cuestiones ambientales es con la participación de todos los ciudadanos interesados, en el nivel que corresponda...».

42. En este punto resulta importante definir el concepto de gobernabilidad como el arte de gobernar a través del uso de herramientas que permitan la participación ciudadana y la transparencia en la gestión de gobierno. En Argentina, el Dr. Daniel Sabsay usa el término «gobernabilidad», al igual que la mayoría de los doctrinarios españoles, para describir tanto la resultante (que la mayoría de los doctrinarios denomina gobernanza tomando la traducción de los documentos de la Cumbre de la Tierra o Conferencia de Naciones Unidas de Río de Janeiro de 1992) como el procedimiento para llegar a dicha resultante (que también

siguiendo las traducciones de la Conferencia de Johannesburgo del año 2002, o Segunda Cumbre de la Tierra, se denomina «governabilidad»).

43. Resolución SGAYDS de la Nación n° 1398/2008 y Resolución 1639/2007.

44. Entre los cuales podemos mencionar autores de la talla de los doctores Bidart Campos, Quiroga Lavié, Agustín Gordillo y José Roberto Dromi.

45. Schoeder, Juan c/Estado Nacional (Secretaría de Recursos Naturales S/Amparo. CNFed. Contencioso Administrativo, Sala II (8/9/1994); Roca Magdalena c/Pcia. de Bs. As. CS R-13-XX-VIII- O. ED, T, 164, Pág. 725; Don Benjamín S.A.c/ENRE, CFed. Bahía Blanca, Sala I (24/2/99): Seiler, M.L. c/MCBA s/amparo, CNC Sala D, (28/08/1995): Moro y otros c/Municipalidad de Paraná, resuelto por el Tribunal Superior entrerriano, E.D. 16/04/1996.

46. Se mencionan a: San Juan (1986) art. 40; La Rioja (1986) arts. 28 y 66; Jujuy (1986) arts. 22, 43 incs. 1 y 2; San Luis (1987) arts. 45 y 47; Córdoba (1987) art. 87; Río Negro (1988) art. 85 y concordantes; Catamarca (1989) en los arts. 110 inc. 8, 22 y 265; Formosa (1991) arts. 38 y 39; Tierra del Fuego (1991) arts. 31 inc 8, 43 y 49; La Pampa (1994) arts. 18 y 68 inc. 22; Chubut (1994) arts 109 y 111; Santa Cruz (1994) arts. 73 y 74, Ciudad Autónoma de Buenos Aires (1996) art. 14.

47. Ver «Las Acciones Ambientales en Legislación Especial Provincial». Publicado por Dra. Ma. Marcela Flores en Jurisprudencia Argentina, 7 de marzo de 2001.

48. Estas acciones se complementan con disposiciones del Código Procesal de

Tierra del Fuego, Libro IV, Título X, artículos 654 y siguientes.

49. Al mismo tiempo merece ser mencionado lo resuelto por la Corte Suprema de Justicia de la Nación con fecha 24 de agosto de 2006, sobre la intervención en carácter de tercero del Defensor del Pueblo de la Nación, así en M.1569 XL, «Mendoza, Beatriz Silvia y otros c/Estado Nacional y otros s/daños y perjuicios» (daños derivados de la contaminación ambiental del Río Matanza Riachuelo, por la cual se aceptó su intervención como tercero interesado en los términos de la Ley 25675 y de acuerdo con lo previsto en el artículo 90 del Código Procesal Civil y Comercial de la Nación. La Corte resolvió en este sentido, teniendo en cuenta que el Tribunal debe ejercer con rigurosidad las facultades ordenatorias del proceso que son reconocidas en el artículo 32 de la Ley N.º 25675, ya que la circunstancia de que en actuaciones de esta naturaleza hayan sido morigerados ciertos principios vigentes en el proceso tradicional adversarial civil, y se flexibilicen las formas rituales, no configuran el fundamento apto para permitir en esta clase de asuntos la introducción de peticiones y planteamiento apartándose de reglas procedimentales esenciales, que terminarían convirtiendo el proceso judicial en una actuación anárquica en la que se frustraría la jurisdicción del Tribunal y la satisfacción de los derechos e intereses cuya tutela se procura. Posteriormente, se presentaron un grupo de ONG resolviendo la Corte Suprema de Justicia en el mismo sentido, y siendo estricta en cuanto que solo aceptó como terceros a las ONG que demostraron que su objeto constitutivo resultaba conteste con la defensa del ambiente.

50. Citamos en este sentido el artículo «La Ley General del Ambiente (Ley 25675) y sus reglas procesales. Reflexiones sobre su constitucionalidad, publicada por Daniel Lago (Suplemento de Derecho Ambiental- JA-septiembre de 2003) y lo desarrollado por el juez Dr. Federico Gigena Basombrío en la Sentencia del Superior Tribunal de Neuquén, del 30/12/2004, «Lilio, segundo v. Contreras-Esuco- Burwart», respecto de la función del juez en el proceso.

51. Erga omnes conforme diccionario de Ciencias Jurídicas, Políticas y Sociales de Manuel Ossorio, ed. Claridad S.A., 1984, es una fórmula latina cuya

etimología expresa «contra todos» o «respecto de todos». Se emplea jurídicamente para calificar aquellos derechos cuyos efectos se producen con relación a todos, diferenciándose de los que solo afectan a una persona o personas determinadas.

AMBIENTE, CIENCIA, PERCEPCIONES PÚBLICAS Y JUSTICIA: ¿QUÉ PODEMOS APRENDER DEL ANÁLISIS DE ALGUNOS CONFLICTOS URBANOS Y RURALES?

■

Juan Rodrigo Walsh

Abogado, UBA, especializaciones en derecho del gas y petróleo y derecho de los recursos naturales, Management Ambiental, LLM (Derecho ambiental) Universidad de Aberdeen, Escocia. Consultor Internacional PNUD, PNUMA, BM, OEA, UICN, FAO. Fue subsecretario de Ambiente de la CABA y director general de la Dirección General Legal y Técnica de la APRA. Trabajó con la FVSA y la WWF, coordinador del Foro Global sobre Soja Responsable (RTRS). Dirigió el Suplemento de Derecho Ambiental FARN-La Ley. Autor de diversos trabajos académicos en Argentina y el exterior, con las editoriales La Ley, Universidad del Litoral, Universidad Católica de Salta y Cambridge University Press. Docente en los posgrados de la UBA, UNNE, UNS, UNLP, ITBA, UCASAL y UCA. Se desempeña actualmente como consultor en materia ambiental, recursos naturales y energía.

Contacto: jrwalsh@estudiowalsh.com.ar

Introducción

Día a día escuchamos, leemos, nos cuentan, o vivimos de manera directa conflictos o polémicas en los que se ponen en juego ideas y percepciones sobre los riesgos o peligros que representan para el ambiente, la salud o la seguridad de las personas el desarrollo de una gama amplia de actividades humanas. Algunas de estas polémicas llegan a inflamar los ánimos sociales, dividiendo comunidades o incluso familias y amigos con la presentación de argumentos en

favor o en contra, muchas veces con la defensa de posiciones contrapuestas, a veces de manera extrema y radicalizada.

Los tiempos que vivimos, por ejemplo, con redes sociales como verdaderos foros encarnizados de debate, son testigos de debates que suelen juntar cuestiones complejas de análisis científico con creencias viscerales de los protagonistas y visiones del mundo que, a veces, son sencillamente irreconciliables. Pensemos en las polémicas actuales en torno al cambio climático y las conductas sociales requeridas para acotar sus efectos, o los debates sobre el consumo de carne y sus efectos tanto respecto del bienestar animal, como para la salud planetaria, ya sea a causa del avance de las fronteras agrícolas, ya sea por los aportes de gases con efecto invernadero.

Recordemos si no las noticias y la información sobre la fractura hidráulica (o fracking) y el encono que se plantea entre sus defensores y detractores. Como también las polémicas en torno a la extracción de los llamados «minerales de conflicto», tan esenciales para la industria electrónica, como a la vez denostadas por ser el sostén de regímenes corruptos o mafiosos, causa de trabajo esclavo y violaciones seriales de los derechos humanos en estados muchas veces considerados como «fallidos».

Todos los casos controvertidos señalados tienen en común el entrelazamiento de muchos argumentos basados en la ciencia y en datos de la realidad empírica con otros tantos sustentados en convicciones o sistemas internos de creencias que son muchas veces la consecuencia de concepciones ideológicas o incluso prejuicios de profundo arraigo. Cuando las emociones que subyacen en una creencia o convicción se alinean con los datos empíricos y la ciencia, los conflictos se suelen plantear en otro nivel, el de los intereses y la conveniencia, pero difícilmente se lleven al campo de la disputa judicial o la controversia socio-política que divide una comunidad con base en visiones de mundo tan lejanas como irreconciliables.

En otros casos, sin embargo, las percepciones de riesgo o peligro para el ambiente, las creencias y valores internos transitan por andariveles diferentes de los datos empíricos o los conocimientos científicos que sostienen o justifican ciertas actividades humanas o proyectos. En este tipo de conflictos, en especial cuando se llevan a los estrados judiciales, la tensión entre ciencia y creencias suele ser alta: la Justicia tampoco es ajena a las presiones sociales y la opinión pública, y pocas veces toma decisiones en un vacío absoluto y libre de factores

externos que ejercen una influencia innegable.

El juez es también un habitante y ciudadano que reside en la ciudad o pueblo donde se presentan los conflictos, su familia y amigos interactúan con los protagonistas y afectados y, en última instancia, es un ser humano sometido a las presiones externas sociales que el mundo actual hiperconectado nos impone a todos en forma cotidiana.

Estos andariveles por los cuales se dirimen muchas polémicas vinculadas a la salud, el ambiente o el bienestar colectivo —uno, el de los valores y creencias, y otro, el de la ciencia y los datos que la avalan— nos llevan también a un análisis abarcador respecto del marco en el cual se toman decisiones políticas colectivas más amplias, en el que, además, se le añade una dimensión económica más amplia en virtud de las posibilidades que se presentan para el desarrollo social, el crecimiento de la macroeconomía, o incluso aspectos que hacen a estrategias comerciales o geopolíticas.

Ciertamente no es el papel de la Justicia evaluar los costos y beneficios de una determinada política ambiental, ni llevar a buen puerto una ponderación de ventajas y contras, o las evaluaciones de riesgo que deberían acompañar a cualquier formulación de políticas ambientales.

Sin embargo, en los tiempos en que vivimos, de activismo social por redes sociales, de fake news y polémicas desatadas entorno a temas ambientales álgidos, muchas veces le toca a la Justicia intervenir en estas cuestiones con un papel de revisor y garante de la legalidad que requiere incursionar en el campo de la ciencia, la economía y las percepciones sociales, aunque más no sea para garantizar cierto umbral de razonabilidad, parámetro que constituye un piso de legalidad constitucional.

Este papel de la Justicia requiere un cambio de enfoque sustancial de lo que ha sido la mirada clásica del juez, distante y formal, hacia un protagonismo más concreto, pragmático y dispuesto a interactuar con fluidez con diferentes ramas de la ciencia, a fin de que sus pronunciamientos estén legitimados en el sentido común de la vida y en la realidad fáctica, más allá de los tribunales de justicia. Muchas veces, sin embargo, le toca a la Justicia revisar, validar o dejar sin efecto decisiones que las instancias políticas propias no han podido o no han sabido procesar adecuadamente, atendiendo a un equilibrio acertado entre los dos andariveles de las percepciones colectivas y la ciencia.

En este capítulo, seguiremos, a partir de algunos casos emblemáticos de conflictos ambientales, algunos en ambientes urbanos, otros en ambientes rurales, esta relación entre las ciencias, el conocimiento técnico y sus intérpretes, los peritos y expertos, y los pronunciamientos judiciales que han procurado aportar soluciones concretas y razonadas a problemas percibidos muchas veces como inabordables para la Justicia, en lo que se presenta como un verdadero ejercicio de síntesis superador.

Los conflictos ambientales en la Justicia a lo largo de los últimos años

Corría la década del 80, Argentina recuperaba sus instituciones democráticas y se despertaba una conciencia ambiental incipiente entre la ciudadanía, con pioneros y activistas adelantados que empezaban a instalar una agenda de conservación y protección ambiental en los medios, la opinión pública, decisores del Estado, y, en algunos casos, con su defensa ante los estrados de tribunales. Fueron los albores del derecho y la justicia ambiental con casos verdaderamente «faro» o de vanguardia, que abrieron la agenda ambiental, anticipándose a la aparición de las leyes dictadas en los años noventa y culminando con la reforma constitucional de 1994.

Resuena el caso de las «Toninas Overas», patrocinado por Carlos Kattan y comentado con gran peso intelectual (de uno y otro lado del mostrador en cuanto a su cosmovisión ambiental) por parte de referentes de la talla de Guillermo Cano o Marienhoff. También la petición de inconstitucionalidad incoada por la Fundación Pro-Tigre contra el Decreto 2125/79 del Poder Ejecutivo, que creó la llamada «Tasa de resarcimiento por contaminación» a ser pagada por industrias en el área metropolitana para cubrir los costos de tratamiento de la ex OSN (52).

Estos casos fueron, sin embargo, excepcionales y distaban mucho de los casos complejos que estudiaba el derecho ambiental comparado en sistemas tales como el norteamericano, donde los debates científicos y los peritos técnicos ocupaban un papel protagónico en muchos casos emblemáticos, como fueron las acciones de clase por la contaminación con amianto, pinturas a base de plomo, o la remediación de pasivos industriales o mineros, sujetos al régimen legal del

superfondo (53).

Por otro lado, esos casos pioneros en el derecho ambiental argentino tendían a centrarse mucho más en cuestiones procesales determinantes y anteriores a cualquier discusión sobre el fondo sustantivo de los litigios, tales como la legitimación activa para litigar en causas de interés público, los alcances del amparo en defensa de lo que en aquel momento se denominaban «intereses difusos», o si los derechos ambientales encuadraban en algunas de las categorías del deslinde tripartito entre intereses simples, intereses legítimos y derechos subjetivos.

Con el correr de los tiempos, una creciente conciencia ambiental y una mayor familiaridad de los operadores del sistema judicial con los conflictos ambientales, los casos crecieron en sofisticación y las pruebas científicas empezaban a asomar como elementos cada vez más determinantes en la solución de conflictos ambientales.

La reforma constitucional de 1994 le imprimió a la Justicia y al derecho un giro adicional en lo que hace a la resolución de controversias ambientales, consagrando, además de una regla especial de convivencia entre provincias y el estado federal en materia ambiental, con base en el dominio de las primeras sobre sus recursos naturales, el paradigma del desarrollo sustentable como marco para la formulación de las políticas públicas y la obligación de recomponer los daños causados al ambiente.

Los años sucesivos a la reforma vieron además un protagonismo proactivo creciente de la Justicia en materia de litigios ambientales en todos los fueros y jurisdicciones, culminando con la conformación de una Corte Suprema de Justicia con una fuerte vocación por la defensa de los intereses colectivos y los derechos humanos, dispuesta además a plasmar los preceptos de la Constitución reformada en hechos y sentencias concretas.

Son varios los pronunciamientos de la Corte que se pueden mencionar en este camino de consolidación de la Justicia como resguardo de la jerarquía constitucional que ha adquirido el derecho al ambiente luego de la reforma de 1994. Los casos «Schroder» y «Magdalena Roca» confirmaron respectivamente las directivas en cuanto a legitimación y deslinde de competencias. La causa «Mendoza» es un hito, incluso reconocido internacionalmente, de la activa intervención de la Justicia en causas complejas donde el concepto mismo de

«sentencia» ha sido transformado desde la visión tradicional de un pronunciamiento formal a una concepción mucho más dinámica que incluye una intervención activa y pragmática de los operadores judiciales, instando a otros poderes del Estado y a otros actores sociales a la toma de decisiones, acciones concretas, obras y estrategias en diferentes horizontes temporales, con el fin de mejorar o sanear el ambiente.

Este tipo de intervención en causas ambientales, en las que el Tribunal actúa casi como un formulador de políticas públicas desde la instancia judicial, ha recibido la denominación genérica de «juicios o litigios estructurales» por parte de algunos analistas de esta evolución de la Justicia frente a un nuevo contexto dinámico de aplicación del derecho, con aportes fuertes, provenientes tanto del derecho internacional en materia de derechos humanos, como de otros campos de las ciencias sociales, la ingeniería y las ciencias matemáticas (54).

Esta interacción fluida con otras disciplinas, enmarcada por el papel de peritos y expertos en cuestiones técnicas, es también una respuesta que brinda una Justicia en plena transición hacia un modelo más moderno y descontracturado a los desafíos que surgen en los tiempos de una economía postindustrial y compleja, definida acertadamente por algunos analistas como «la sociedad del riesgo» (55).

La Ley General del Ambiente y el nuevo rol de los jueces

Como consecuencia directa de la reforma constitucional de 1994, el Congreso comenzó a sancionar las leyes de presupuestos mínimos previstas en el artículo 41, destacándose la Ley 25675, verdadero marco general para la política ambiental y la actuación del Estado en defensa de los intereses colectivos y los recursos naturales, incluyendo un papel tutelar y proactivo para los jueces en causas ambientales, ya no como árbitros imparciales en disputas bilaterales, sino como defensores del bien común (56).

Una simple revisión del crecimiento de causas judiciales en todo el país, desde la puesta en vigencia de la Ley de Presupuestos Mínimos hasta el presente, es un reflejo claro de este fenómeno. Las causas han involucrado conflictos urbanísticos, por el uso de suelos o por edificaciones en contravención a las

normas de zonificación, cuestiones rurales relacionadas con los desmontes o las amenazas a los bosques nativos, conflictos por el uso de aguas compartidas, impactos ambientales derivados de diferentes actividades extractivas (hidrocarburos y minería), manejo de sustancias peligrosas, derechos de los pueblos originarios, hasta los impactos de grandes obras de infraestructura en contextos de planificación a una escala estratégica.

La Justicia y la ciencia: el rol de los peritos

Una de las características que más ha acompañado al desarrollo de los procesos ambientales en la Justicia es la creciente gravitación que tienen las pruebas con base científica, los testimonios de expertos y peritos en cuestiones técnicas, y la mayor receptividad o permeabilidad de jueces, fiscales y otros operadores del sistema judicial a incorporar los datos de las ciencias duras en sus pronunciamientos.

En los párrafos que siguen, relataremos una breve reseña de algunos casos emblemáticos de los desafíos involucrados, tomando en lo posible los relatos de los protagonistas involucrados, en algunos casos con vivencias directas del autor, en otros a partir de los testimonios recabados de expertos o testigos calificados de las circunstancias de cada caso. El hilo conductor en casi todos los casos es el papel central que han jugado las pericias y los estudios científicos para determinar relaciones de causa y efecto en fenómenos de contaminación, encuadre de impactos a raíz de cuestiones no conocidas o poco estudiadas, o relaciones y sinergias entre acciones humanas e impactos en el entorno.

Los primeros casos se refieren a casos propios del ambiente urbano, problemas con la contaminación de suelos e impactos que involucran cuestiones urbanísticas, tensiones entre infraestructura y riesgos para la salud, ruidos y vibraciones. Los segundos casos refieren más a cuestiones propias del entorno rural, la explotación de recursos naturales y actividades extractivas.

Ciencia, peritajes y casos judiciales en el entorno urbano

La irrupción de la labor pericial y los aportes de la ciencia a la resolución de casos ambientales judicializados es un fenómeno, que, al menos en Argentina, se produce a partir del involucramiento proactivo de los jueces tras la sanción de las leyes de presupuestos mínimos. Si bien los años previos, en coincidencia con la ampliación de la legitimación para accionar en defensa de los intereses difusos y el impulso que tuvieron las cuestiones ambientales luego de la Cumbre de Río de Janeiro en 1992 y la reforma de la carta magna en 1994, vieron un activismo judicial importante, la interacción de las ciencias jurídicas con las ciencias naturales careció de la trascendencia que tuvo, por ejemplo, en EE.UU. en las décadas anteriores.

Muchos casos marcaron esta creciente incidencia de la ciencia y la sabiduría de los peritos técnicos en la resolución de casos judiciales vinculados al ambiente en los años posteriores a la sanción de las leyes de presupuestos mínimos. A comienzos del siglo, impulsada en parte por algunos casos emblemáticos en el conurbano bonaerense, en parte también por una creciente conciencia global y conocimiento en torno a los impactos negativos para la salud y el ambiente derivados del uso y desecho de sustancias tales como los bifenilos policlorados (o PCBs, por su sigla en inglés), surgió una consternación ciudadana generalizada respecto de la gestión y disposición final de equipos con contenido de estas sustancias.

Tierras contaminadas (Derrames de hidrocarburos en estaciones de servicio)

Es evidente que hay muchos otros casos de contaminación de manera gradual y persistente en los entornos urbanos, que se producen como consecuencia de actividades humanas de diferente tipo, comerciales, industriales, almacenamiento de sustancias o productos. Algunos de estos casos, en particular cuando tienen origen en actividades industriales llevadas a cabo a lo largo de mucho tiempo y luego se desactivan, ya sea por obsolescencia, ya sea por cambios urbanísticos, o por la propia evolución de la sociedad y la economía, terminan en verdaderos pasivos ambientales o «sitios tóxicos», tal como han sido

abordados en la legislación norteamericana.

Uno de los conflictos ambientales más comunes en el entorno urbano es, seguramente, la contaminación de suelos con hidrocarburos. La coexistencia de estaciones de servicio en las ciudades con otro tipo de usos urbanos lleva en forma inevitable a situaciones de tensión por contaminación del suelo en casos de derrames o filtraciones al subsuelo. En muchos casos, los conflictos son consecuencia de instalaciones antiguas puestas en servicio en tiempos en los cuales la gestión ambiental no era prioridad, o, incluso, no se conocían en detalle los efectos negativos de los hidrocarburos en el subsuelo o en aguas subterráneas.

En la actualidad, existe un énfasis regulatorio importante, tanto a nivel nacional (a través de las exigencias de la Secretaría de Energía o sus sucesores), como a niveles provincial y municipal, sobre las instalaciones de almacenaje y expendio de hidrocarburos, que, más allá de las críticas que se pueden efectuar respecto de su mayor o menor complejidad burocrática, impone miradas de control más precisas sobre la gestión ambiental, tanto desde lo público como desde el ámbito privado.

La Ciudad de Buenos Aires ha sido testigo de varios casos notorios de contaminación con hidrocarburos que han sido judicializados en diferentes instancias. El caso «Subterráneos de Buenos Aires c/Shell s/Daños y Perjuicios», resuelto originalmente por la Cámara Civil en 1999, es emblemático de estos problemas, además de ilustrar algunas falencias estructurales en el funcionamiento de la Justicia, incluyendo las dificultades prácticas en materia pericial y la gran dificultad que tienen muchos jueces a la hora de aplicar el sentido común en sus pronunciamientos (57).

En otros casos notorios, como fue el de una estación de servicio desactivada en el barrio de Belgrano, sobre la calle Echeverría, el cierre y desconexión de infraestructura en forma apurada, desaprensiva y sin la descontaminación apropiada con el fin de autorizar rápidos cambios de uso del suelo para un aprovechamiento económico más rentable, terminó con accidentes graves, necesidad de evacuación de gente afectada e incluso con funcionarios responsables penalmente procesados. ¡Más que ser ejemplos de casos ambientales, estos merecen ser la trama de una novela policial!

Relato a continuación un caso que tiene un poco de todo lo anterior: algo de

intriga policial e intentos de eludir controles por parte de los involucrados, notoriedad mediática por el lugar de los incidentes en pleno corazón de la Ciudad de Buenos Aires, el perfil de la empresa involucrada, los rumores conspirativos respecto de los intereses en juego, la espectacularidad de las evacuaciones preventivas que se hicieron ante el temor de un accidente, y, finalmente, las pericias y trabajos de investigación técnica que se hicieron para llegar a una verdad material.

Esta historia es ilustrativa también de las reticencias que impone en muchas ocasiones el marco socio-político para llevar adelante soluciones que, pese a estar a plena vista de todos en la legislación vigente con la aplicación del sentido común, se descartan o se dejan a un lado con la excusa de que «falta una ley» o «es demasiado complejo».

Este caso comienza con la evacuación de un edificio, prácticamente lindero a una estación de servicio, en una madrugada lluviosa, con intervención de la policía y los sistemas de defensa civil, a cargo de la Guardia Urbana de la propia ciudad. La evacuación fue preventiva y tuvo su origen en una inundación en la playa subterránea del estacionamiento del edificio, ocupado en parte con residencias y en parte con oficinas. El agua en el estacionamiento inundado tenía un fuerte olor a combustible y la administración del edificio, luego de dar intervención a las autoridades policiales, prefirió evitar en forma preventiva cualquier riesgo y evacuar a todas las personas.

Transcurría el año final del siglo pasado y las preocupaciones ambientales pasaban en aquel momento no tanto por el cambio climático u otras cuestiones globales como en la actualidad, sino por temas locales, tales como la calidad del aire o la contaminación de suelos. Los medios tomaron como emblemático el caso, por el impacto de una evacuación en una zona central de la ciudad y porque todas las evidencias apuntaban a una estación de servicio vecina, propiedad de una firma petrolera emblemática.

En un inicio, en parte como medida preventiva y en parte como necesidad política de demostrar iniciativa ambiental frente a una empresa ícono del complejo hidrocarburífero, se procedió a la clausura inmediata y preventiva de la estación de servicio, mientras en paralelo la Justicia federal abrió una causa por presunta violación a la Ley 24051 (58).

Durante las intervenciones preliminares con el secuestro de documentación en la

estación de servicio, surgieron algunas situaciones curiosas con documentación contradictoria referida a las auditorías de tanques subterráneos de almacenamiento de combustibles, llamando además la atención la vehemencia con la cual los representantes y empleados de la firma petrolera negaban toda relación con la presencia de hidrocarburos en el edificio vecino, incluso con la formulación de acusaciones contra el operador del servicio de cloacas (a la sazón, Aguas Argentinas) y contra una concesionaria de autos, pendiente arriba (o aguas arriba) de la estación de servicio, ubicada en la antigua barranca del Río de la Plata. El personal de la firma operadora de la estación de servicio también acusó a una empresa usuaria de un depósito de combustible en las instalaciones ferroviarias, a pesar de que las instalaciones en cuestión, incongruentemente, se encontraban aguas abajo de la estación de servicio y del edificio afectado (59).

En función de los datos recabados, con las inconsistencias descriptas como marco de investigación, se tomaron muestras de los hidrocarburos presentes en los sótanos del edificio, enviando algunas a laboratorios de la ciudad y, en forma reservada, otra muestra a un laboratorio altamente calificado fuera de la jurisdicción, sin perjuicio de las contramuestras tomadas conforme a la ley, en poder de los operadores de la estación de servicio (60).

Con el fin de conjugar los objetivos de asegurar, por un lado, la legalidad administrativa, y, por otro, la tutela del ambiente y una ponderación de los riesgos para terceros, se hizo un levantamiento parcial de la clausura de la estación de servicio, ordenando una pericia global de los alrededores con el fin de determinar los alcances y dirección de una contaminación y su eventual pluma de contaminación.

Para llevar adelante esta labor, se formalizó un convenio con el Instituto Nacional del Agua (INA) para efectuar una caracterización del subsuelo de la zona, los niveles freáticos y la detección eventual de contaminantes, con las direcciones, intensidad y velocidades de flujo. Se planificó la tarea con perforaciones y pozos de monitoreo, aguas arriba, aguas abajo y dentro del predio de la estación de servicio bajo investigación.

Este tipo de trabajos periciales en entornos urbanos son complejos desde la logística y la ejecución, requieren cortes de tránsito en lugares concurridos y arterias principales de la ciudad, apoyo policial y mucha coordinación entre los involucrados, circunstancia nada sencilla cuando hay un conflicto de fondo por una responsabilidad ambiental y cuando además intervienen muchos organismos

y prestadores de servicios públicos, dependientes de diferentes jurisdicciones (61).

Luego de varias semanas de trabajo, el INA halló una pluma de contaminación aguas abajo de la estación de servicio con hidrocarburos correlacionables con los combustibles almacenados en forma subterránea, identificando el tanque desde el cual se produjo la pérdida. La pericia era además coincidente con las muestras que el equipo de trabajo había tomado y analizado en un principio, confirmando y validando las sospechas iniciales y la hipótesis de trabajo posterior.

El caso es ilustrativo del papel clave que juegan las pericias e investigaciones científicas en casos que involucran contaminación de suelos. En el plano judicial, la causa iniciada por violación a la Ley 24051 fue archivada por las razones informales esgrimidas por los referentes del juzgado a cargo de la investigación, en coincidencia además con la posición que adoptaría la Corte Suprema de Justicia de la Nación Argentina (CSJN) en el célebre caso «Lubricentro Belgrano» en el sentido de reservar la intervención de la Justicia Federal, únicamente para casos de contaminación interjurisdiccional (62).

La titular de la estación de servicio encaró tareas de remediación, aunque no en el marco de acciones civiles conforme al Código Civil, ni en virtud de la figura de recomposición del daño ambiental establecida en la Constitución reformada en 1994. En parte esto fue producto de una decisión política de no impulsar acciones de recomposición, en ese momento histórico, poco utilizadas y desarrolladas en la Justicia (63).

Cabe recordar que los acontecimientos descriptos se produjeron con anterioridad a la entrada en vigencia de la Ley General del Ambiente y, por lo tanto, previo a las amplias facultades concedidas a los jueces por esta en procesos ambientales. Dicho eso, no obstante, nada impedía la utilización de los remedios procesales civiles vigentes, con apoyo directo en la Constitución reformada, aplicando criteriosamente el derecho y el sentido común, incluso con antecedentes de peso ya resueltos en los tribunales argentinos.

El Caso «River Plate»: recitales, ruidos molestos, vibraciones y oscilación de edificios

Los clubes de fútbol profesional de todo el mundo complementan sus ingresos deportivos con otros flujos de fondos, como son la organización de eventos culturales o conciertos musicales. Argentina y Buenos Aires no son excepción a la regla, y clubes con buena ubicación y accesos al área metropolitana tienen fuerte demanda para la organización de recitales con presencia de bandas populares a nivel global. Es el caso, por ejemplo, de Vélez Sarsfield y River Plate en Buenos Aires, el Estadio Único en La Plata, o el Hipódromo de San Isidro en la zona norte del Gran Buenos Aires.

Durante 2009, en ocasión de la realización de varios recitales por parte de bandas de rock de primer orden que visitaron Argentina, las autoridades ambientales de la Ciudad de Buenos Aires recibieron reiteradas denuncias de vecinos cercanos al estadio por niveles sonoros elevados, mayores que los permitidos por la normativa vigente, pero, además, agravados por la detección de oscilaciones en algunos edificios, asimilables a condiciones parecidas a sismos de baja intensidad.

Luego de varias intervenciones infructuosas por parte de los inspectores de la Agencia de Protección Ambiental (APRA), a la sazón, la autoridad ambiental competente en la Ciudad en lo que hacía a los límites permisibles de ruido, con mediciones y controles en el estadio y en diferentes puntos receptores denunciados por los afectados y sin detección flagrante de excesos en los límites permisibles, la Justicia Contenciosa de la Ciudad, aplicando el Principio Precautorio consagrado en la Ley General del Ambiente y en la normativa concordante de la Ciudad, ordenó el cese de toda actividad musical en el Estadio de River Plate, hasta tanto se investigue el fenómeno de la oscilación en edificios cercanos y se determinen los niveles de riesgo, tanto en lo atinente a las estructuras edilicias como a los eventuales efectos para la salud de los afectados en forma directa.

Sin llegar a un litigio «estructural», la intervención judicial procuraba identificar con certeza científica la causa de las oscilaciones o microsismos denunciados, determinar eventuales consecuencias o riesgos para la salud de los afectados y la integridad estructural de los edificios linderos, además de ordenar a las autoridades competentes y a los organizadores de este tipo de eventos la adopción de medidas de mitigación.

La incidencia del caso tuvo repercusiones más allá de lo estrictamente judicial y del análisis de impactos acústicos y socio-ambientales en torno a un estadio en ocasión de recitales o eventos musicales, más allá del fútbol. Tanto para los organizadores, como para el club, e incluso para la propia administración política de la Ciudad, el cese de eventos representaba, respectivamente, una pérdida de ingresos con incumplimientos contractuales con artistas de renombre internacional y una pérdida de cierta imagen «progre» que las autoridades culturales de la Ciudad pretendían dar con el fin de atraer votos juveniles (64).

La Cámara en lo Contencioso-Administrativo de la Ciudad, en instancia de apelación del pronunciamiento de primera instancia, subordinó el levantamiento de la interdicción a realizar recitales en el estadio de Núñez al desarrollo de un estudio integral de riesgo y de una evaluación de los impactos ambientales de las emisiones sonoras y vibraciones o microsismos en el vecindario, como también la adopción de medidas de morigeración a futuro. Para fundar su decisión, aplicó el Principio Precautorio, dadas las evidentes incertidumbres en torno a las circunstancias del caso y la dificultad de un encuadre claro conforme a las normas de la Ciudad en materia de contaminación sonora: de hecho, aun reduciendo los niveles de ruido y observando los estándares vigentes en la legislación, se producían los fenómenos asimilables a microsismos con oscilación en algunos edificios cercanos (65).

En atención a las exigencias de la resolución judicial, ponderando además la incertidumbre en torno a las causas del fenómeno, inclusive eventuales riesgos para las estructuras edilicias afectadas, por más improbables que estas parecieran, se resolvió encarar un trabajo integral de diagnóstico técnico, mediante un convenio entre la propia Agencia y la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires.

Luego de varios meses de trabajo, incluyendo muestreos de ruido, vibraciones y oscilaciones en diferentes horas del día y la noche, y con condiciones climáticas cambiantes, tomas de muestra de suelos con diferentes profundidades y localizaciones, con el fin de fijar una línea de base, se procedió a realizar muestreos con espectáculos en vivo con niveles incrementales de emisiones sonoras.

La realización de estos eventos se hizo, previa autorización judicial específica y a la medida de cada presentación en particular, con monitoreos y mediciones controladas dentro y fuera del estadio, en cercanía de los equipos acústicos

usados y a diferentes distancias del escenario. Se controló también la cantidad de espectadores en el estadio, además de la distribución de estos en las tribunas y en el propio campo de juego.

La labor pericial fue llevada a cabo con la modalidad de investigación científica empírica, enmarcada en un contexto de incertidumbre. Incertidumbre en dos planos, uno referido a la falta o insuficiencia de datos de campo, y otro, más profundo, en lo que hace a las relaciones de causa y efecto entre diferentes fenómenos físicos y sus consecuencias en el entorno. Toda la investigación fue conducida en el marco de un proceso con una intervención o seguimiento por parte de la Justicia, con una estrecha interacción colaborativa entre las áreas técnicas de la Agencia de Protección Ambiental y los equipos de la Universidad.

Luego de varios meses de trabajo, el equipo de la Facultad de Ingeniería presentó las conclusiones de su investigación. Los hallazgos fueron sorprendentes, incluso para el propio director de la investigación, el Dr. Raúl Bertero, fundador del Laboratorio de Dinámica de Estructuras de la UBA (66). Casi todos los involucrados imaginamos que la causa de los inconvenientes era una cuestión de impacto sonoro únicamente y que podría resolverse con la reducción de los niveles sonoros y, en todo caso, una enmienda a la normativa en materia de recitales y espectáculos. Para la sorpresa de casi todos, la investigación reveló un patrón de relaciones entre el tipo de suelo y la combinación sinérgica de los sonidos graves provenientes de los equipos de música con los saltos del público en el campo de juego.

El efecto combinado de sonido y vibraciones produce pulsos de muy baja frecuencia que se transmiten por el subsuelo recorriendo inclusive distancias mucho más largas de lo esperable o imaginable como mero impacto sonoro (67). Las bajas frecuencias producidas entran en sincronía con algunos edificios cercanos, conforme al periodo de oscilación de cada uno, generando las vibraciones o microsismos detectados a raíz de las denuncias.

Con los resultados de la investigación, el involucramiento de las partes y el aval de la Justicia, se plantearon soluciones costo-efectivas para dejar a salvo la salud y seguridad de los vecinos, atendiendo a los riesgos del caso. Una de las propuestas que surgió del trabajo fue, por ejemplo, la de cotejar los planos de los edificios más afectados, con el fin de determinar posibles peligros o riesgos para su integridad. A falta de planos fehacientes o confiables, se determinó la realización de inspecciones in situ para evaluar caso por caso la integridad

estructural de las construcciones y considerar riesgos derivados de los recitales (68).

Con el fin de lograr soluciones para el mediano y largo plazo, se acordó, por ejemplo, limitar la cantidad de espectadores en el campo de juego, disminuyendo el fenómeno de «salto de pogo» o salto al unísono del público, como uno de los componentes generadores de las ondas de baja frecuencia (69).

Otra solución a este problema, de tipo tecnológico, fue propuesta incluso por integrantes del equipo a cargo de la investigación, y debatida con otros profesionales y expertos en impacto acústico. Esta consistía en el desarrollo y producción de un piso desmontable asimétrico que tuviera el doble propósito de desvincular o «romper» el efecto cumulativo de los saltos acompasados, además de proteger el campo de juego (70).

El «Caso River», como es conocido, ilustra bien varias circunstancias y cuestiones recurrentes en conflictos ambientales en un entorno urbano. Claramente, atrás de los hechos agraviantes puntuales, la contaminación sonora y las vibraciones u oscilaciones en edificios de altura, existían otras razones de irritación ciudadana con la realización de eventos masivos tales como los impactos adversos sobre el tránsito vehicular, el incremento en la criminalidad y falta de aseo a nivel barrial, o la desnaturalización del vecindario, adaptado quizás a un fútbol semanal, pero no a la convivencia frecuente con espectáculos nocturnos.

Sobrevolaba también un fastidio de muchos ciudadanos con una suerte de laguna regulatoria respecto de los impactos ambientales y la gestión de seguridad en clubes de fútbol, muchas de cuyas instalaciones fueron construidas hace décadas, con anterioridad a casi todas las exigencias ambientales introducidas en los últimos 20 años.

Los argumentos estrictamente científicos analizados y la incertidumbre científica que rodeó el meollo del conflicto deben ser analizados en el contexto de otras tensiones sociales que exceden lo técnico. La polémica por los ruidos y las vibraciones se resolvió, a mi juicio, acertadamente, con una labor mancomunada entre la ciencia y los aportes desde la Universidad, la Justicia, la Administración y las partes directamente involucradas en el conflicto.

Las polémicas en torno a cuestiones más amplias y que exceden la disputa

ambiental, tales como si se deben autorizar eventos, o si estos deben estar acotados en franjas horarias o con limitaciones en sus frecuencias, trascienden lo ambiental y deben ser resueltas por la política, siendo mucho más una consecuencia de juicios de valor y la búsqueda de equilibrio entre los diferentes intereses en juego que un debate estrictamente llevado adelante sobre lineamientos técnicos (71).

Conflictos ambientales, pericias y ciencia aplicada en el entorno rural

En los relatos anteriores, se describieron en detalle dos casos de conflictos en el entorno urbano con elementos bastante comunes y típicos a otras situaciones, con los juegos de intereses contrapuestos de una diversidad grande de actores públicos, privados y organizaciones ciudadanas. Los casos de contaminación acústica originada en eventos masivos y la contaminación de suelos proveniente de hidrocarburos están a la orden del día en cualquier ámbito ciudadano, aunque quizás los casos descriptos, por el rol de los peritajes y los momentos históricos en los cuales se produjeron, reflejen rasgos de mayor complejidad o de los desafíos de implementación de las pruebas científicas en los procesos judiciales o administrativos.

En los siguientes párrafos, relataremos algunos casos de conflictos en el ámbito rural, alejado de las grandes ciudades, en los que también se ha hecho uso de la ciencia, de los peritajes y de las pruebas con base en herramientas técnicas.

El caso de la «inundación silenciosa»: el conflicto entre la Ente Binacional Yacyretá (EBY) y diferentes grupos de interés por las crecidas en los esteros del Iberá (72)

Promediaban los primeros años del milenio y Argentina se recuperaba ya de la implosión socio-económica de los años 2001-2002. Con un contexto

internacional favorable, venía con tasas de crecimiento más que alentadoras. El complejo hidroeléctrico binacional Yacyretá se aprestaba a concluir con las etapas retrasadas durante los años anteriores, incrementando la potencia instalada con el fin de aproximarse a la capacidad original de diseño. A esos efectos, la administración de la entidad procedió al paulatino llenado del embalse con el fin de elevar su cota. Se procedió al avance con el traslado de afectados en el margen derecho más bajo del Río Paraná, previas las indemnizaciones del caso, no exentas de los conflictos socio-ambientales asociados y polémicos.

El llenado del embalse coincidió con una elevación llamativa de los niveles promedio de los Esteros del Iberá, situación que produjo una consternación generalizada entre diferentes actores de la sociedad civil en Corrientes, incluyendo productores agropecuarios, empresas forestales y ganaderas, ONG vinculadas a la conservación ambiental y algunas reparticiones de la propia administración pública correntina.

El municipio de Ituzaingó, comuna más cercana a las obras, al embalse y al propio río, también mostró su preocupación por el crecimiento de los niveles de agua en los esteros y la posibilidad de un vínculo causal directo entre el llenado del embalse y el crecimiento de la cota en el humedal aledaño. Tal fue la consternación de la comuna que su titular, en defensa del patrimonio colectivo potencialmente afectado, interpuso un recurso de amparo para prevenir el potencial daño al ambiente ante la Corte Suprema de Justicia, atendiendo a su competencia originaria y tratándose de un conflicto entre el Estado nacional, una provincia y un municipio, siguiendo las reglas en materia de competencia establecidas en la Constitución nacional.

Esta acción de amparo en sí no prosperó, entre otras razones, por la enorme incertidumbre científica en torno a la hipótesis de traspasamiento que subyacía en el reclamo de la ciudad de Ituzaingó, y la dificultad de acreditar el peligro en la demora y la relación causal y los riesgos más bien obvios que podrían surgir de la relación causa y efecto entre el llenado y el efecto directo sobre los esteros (73).

El amparo, cabe recordar, es un remedio procesal de urgencia que, para prosperar en la Justicia, requiere que se cumplan 3 condiciones en forma simultánea: 1) menoscabo o amenaza cierta, verosímil e inminente a un derecho constitucional amparado, como es el caso del derecho a un ambiente sano, 2) que la amenaza sea grave e inminente y en su caso pueda ocasionar un daño

irreversible que no admita dilaciones o demoras, y 3) que no exista otro remedio procesal que pueda lograr un resultado similar.

El verdadero talón de Aquiles con la acción incoada por la Municipalidad de Ituzaingó era la enorme dificultad de demostrar la urgencia del caso y la verosimilitud del potencial daño a los Esteros del Iberá, precisamente con la enorme incertidumbre que rodeaba el caso y la dificultad de justificar cualquier tipo de medida judicial sin tener elementos de prueba que justifiquen su dictado. En función de ello, el amparo fue rechazado por la Corte, no siendo considerados suficientes los argumentos esgrimidos con base en los Principios Precautorio y Preventivo invocados por la parte actora.

En paralelo a estos acontecimientos, las diferentes organizaciones vecinas preocupadas por la hipótesis de un incremento vertiginoso en el nivel de los esteros, ya sea por los impactos en la actividad turística, por los perjuicios a la ganadería, por la inundación de campos forestales, o por las consecuencias imprevisibles sobre el ambiente de un humedal de importancia central para la región, comenzaron a gestar encuentros con las autoridades de la EBY, de la cartera de energía de la Nación, y con referentes provinciales, tales como el Instituto Correntino del Agua y el Ambiente.

Una ONG ambientalista, la Fundación Vida Silvestre Argentina, junto a otros actores locales, ocupó un papel central en la articulación de esfuerzos y reclamos de personas, organizaciones y entidades bien diferentes entre sí y con intereses primarios muy divergentes, aunque con una convergencia en una preocupación centrada en los efectos negativos de un trasvase de aguas por efecto de la mayor presión y volumen desde el embalse hacia los esteros.

En un primer momento, luego de encuentros tanto informales como formales entre las partes, con un involucramiento de autoridades provinciales y locales, y la participación de referentes de la comunidad científica relacionados con la cuestión, se fueron consolidando posiciones diferentes en torno a la polémica, con una suerte de consenso esencial respecto de la hipótesis de un eventual trasvasamiento de aguas desde el embalse hacia los esteros aguas abajo.

Por un lado, las autoridades de la EBY y otros referentes de la cartera energética de la Nación negaban rotundamente cualquier posibilidad de fuga de agua desde el embalse hacia los esteros, ya sea por debajo del albardón costero del margen izquierdo de la presa, ya sea por fracturas estructurales en la roca basáltica sobre

la cual se asentaba la estructura de la presa. Por otro lado, sin embargo, las diferentes organizaciones potencialmente afectadas por los cambios en el nivel de agua de los esteros esgrimían argumentos de peso con mediciones y estudios de las series históricas de datos hidrometeorológicos que reflejaban una correlación más que sugestiva entre el llenado del embalse y los cambios de niveles en los esteros.

Como suele suceder en estos casos donde confluyen diferentes saberes de las ciencias naturales con el derecho, los elementos de prueba que cada parte esgrime son sometidos al riguroso debate y contraste con estudios, metodologías e hipótesis de trabajo que, en la mayoría de los casos, requieren de extensos y detallados trabajos de evaluación y estudio para arribar a conclusiones definitivas.

En procura de soluciones al interrogante sobre el eventual trasvasamiento y sus causas, los diferentes sectores preocupados iniciaron una tarea de investigación, en parte policial, en parte científica, en parte de revisión de documentos históricos, incluyendo entrevistas y conversaciones con quienes protagonizaron los primeros estudios y trabajos geotécnicos y de ingeniería, con el fin de juntar información y datos que pudieran ilustrar o brindar pistas sobre la hipótesis del trasvasamiento y sus posibles causas.

La inicial negativa tajante y terminante de la EBY a considerar o contemplar la posibilidad de un trasvasamiento parecía más una negativa formal y leguleya que una respuesta ponderada o razonada, que obedecía quizás más a una exigencia institucional que a una ponderación razonada de los hechos, con base en sus propios méritos y datos empíricos. Tampoco ayudaba demasiado la historia del emprendimiento desde la década del setenta, rodeada de rumores de corrupción y manejos poco transparentes en los estudios técnicos, licitaciones y procesos de expropiación (74).

En función de la hipótesis del trasvasamiento, se tomó contacto con profesionales y técnicos que participaron en etapas anteriores e iniciales de las obras, en las instancias de factibilidad y estudios de campo, incluso con revisión de documentos y estudios de los primeros tiempos del emprendimiento, en un intento de «reconstruir» su historia desde la perspectiva de los múltiples actores técnicos, empresarios y referentes políticos involucrados (75).

Planteado en estos términos el conflicto y fuera de la vía judicial frustrada en un

primer momento, en parte a instancias de las autoridades correntinas, en parte por un cambio en la política de la EBY, relacionada por las miradas críticas que recibía el organismo de algunos organismos multilaterales por otros conflictos socio-ambientales, tales como los mencionados reasentamientos de pobladores, tanto en Argentina como en el Paraguay, se desarrollaron una serie de reuniones de intercambio de datos e información entre referentes técnicos de ambos lados.

Más allá de las fuertes tensiones entre los actores en estos encuentros, tanto por su intensidad, como por la pasión puesta en juego, se fue gestando un consenso en cuanto a la existencia de una hipótesis, afirmada por algunos y negada por otros, que, para ser probada o desestimada en forma contundente, precisaba una mayor cantidad de información de la que disponían los actores en esa instancia. Nuevamente, y al igual que en el caso River descrito en las páginas anteriores, se hizo presente el fenómeno de la incertidumbre científica y la necesidad de aportes desde la academia para desentrañar el misterio.

Aparecía también un elemento no menor a la hora de ponderar la información y los datos sobre la mesa de debate: la dificultad de contar con elementos objetivos o cierto grado de imparcialidad entre todos los antecedentes esgrimidos. La mayoría abrumadora de los estudios y antecedentes disponibles se encontraban teñidos de una parcialidad por el vínculo con una u otra de las partes en la disputa.

Por la gravitación que tuvo y tiene Yacyretá en la economía regional, casi todos los geólogos, ingenieros, geofísicos u otras disciplinas científicas con experiencia y experticia en las cuestiones en debate tenían o tuvieron en un pasado no muy lejano vínculos profesionales o laborales con la EBY, y cualquier opinión que pudiesen aportar al debate quedaba de inmediato teñida de parcialidad. Similares objeciones y con iguales argumentos de justicia se hacían a quienes efectuaban aportes o brindaban informaciones contrarias a la Entidad, por el riesgo de una subjetividad militante que quitase validez a cualquier sustento técnico que pudieran tener.

Atento a esta situación estancada, surgió una propuesta superadora y de consenso con pocos antecedentes en Argentina, consistente en efectuar un llamado a investigadores o instituciones técnicas que reuniesen las condiciones de solvencia y excelencia técnica debidamente reconocidas, y de no haber tenido hasta ese momento ningún vínculo profesional o comercial con ninguna de las partes, recibiendo una remuneración a ser acordada por ambas partes en

conflicto, pagadero por partes iguales, mediante un aporte irrevocable a un fideicomiso bajo la administración del Banco de Corrientes.

Con este mecanismo fiduciario, se buscó mantener distancia entre los eventuales ganadores de lo que era en rigor de verdad una verdadera pericia técnica compleja y por demás controvertida, separando su ejecución de cualquier vínculo administrativo o financiero de quien «pagaba» la labor, una crítica permanente hecha hacia la EBY e indirectamente al Estado nacional, desde los mismos inicios del conflicto.

El proceso se llevó a cabo con éxito, con una activa participación de la EBY, las ONG comprometidas en su preocupación por las consecuencias para los esteros y las autoridades de la provincia de Corrientes, en cabeza del ICAA, invitándose a unas 6 o 7 empresas, universidades y centros de estudio de reconocida trayectoria a elaborar un dictamen con base en una revisión sistemática de toda la documentación «puesta en la mesa» por ambas partes a los efectos de elaborar su parecer pericial. La adjudicataria de la contratación por parte del fideicomiso podía pronunciarse por un dictamen claro y sin ambigüedades por una u otra posición, o bien podía identificar falencias o faltantes en la información de base, incluso con la alternativa de proponer estudios, pericias o trabajos técnicos adicionales con el fin de despejar las dudas y arribar a una conclusión a la controversia (76).

Así las cosas, poco tiempo después y por razones políticas definidas en el Poder Ejecutivo Nacional, en parte ligadas a las relaciones internacionales con el país vecino, en parte por la definición de maximizar la generación de energía eléctrica proveniente de Yacyretá, se definió elevar la cota del embalse para alcanzar los óptimos niveles de generación de diseño. Como consecuencia de esto, la iniciativa desarrollada con tanto esfuerzo por diferentes organizaciones ciudadanas, entes públicos provinciales, municipales y nacionales quedó inconclusa.

Pese a no haber podido concluir satisfactoriamente un proceso innovador y creativo para la búsqueda de soluciones a cuestiones ambientales complejas, signadas por altos niveles de incertidumbre científica, la experiencia deja algunas enseñanzas importantes para casos futuros. Estas son:

Aun con diferencias e intereses políticos divergentes, fue un éxito la posibilidad de generar un ámbito de discusión e intercambio de ideas entre expertos con base en la ciencia y en el análisis de datos objetivos.

El reconocimiento de la necesidad de contar con labores periciales independientes y dictámenes no «contaminados» con posiciones subjetivas o influenciadas por vínculos profesionales preexistentes con alguna de las partes involucradas.

La utilización de un mecanismo fiduciario con el fin de asegurar la transparencia en el manejo de fondos asignados a un fin específico, que evita además los cuestionamientos que pueden aparecer cuando un estudio técnico es solventado por una de las partes involucradas en la polémica.

Conclusiones

Los casos analizados en detalle son ilustrativos de los desafíos que con frecuencia aparecen en conflictos ambientales cuando surgen polémicas originadas en incertidumbres científicas, falta de datos objetivos, o el desconocimiento de los riesgos asociados con sustancias químicas, tecnologías nuevas o programas de desarrollo económico con efectos ambientales imprevistos o inciertos.

Estos debates en algunos casos son hoy motivo de polémicas que van mucho allá de una disputa legal o cuestión que se reduce a un dictamen de un panel científico. Pesan consideraciones socio-económicas y políticas, a menudo exacerbadas por enconos ideológicos que admiten el acercamiento con el que piensa en forma diferente, con mucha dificultad y resistencia. En los tiempos políticos que vivimos, esta fractura, distancia o «grieta», como se ha denominado al fenómeno en nuestro país, es común a muchas sociedades contemporáneas y suele atravesar las cuestiones ambientales con planteos a

favor y en contra en muchos temas de impacto cotidiano, que incluso terminan dirimiéndose en la Justicia.

Con solo mirar algunos de los conflictos que a fines de la segunda década de este siglo ocupan los titulares de los medios y dividen a la sociedad, queda ilustrada esta cuestión con todos los riesgos políticos y sociales asociados a estos conflictos, profundizando o agravando aún más las divisiones en una sociedad de por sí fracturada por diferencias ideológicas y políticas.

Mencionamos apenas algunas de estas cuestiones a continuación, a sabiendas de que cada una de ellas ameritaría un libro completo en sí mismo, con el simple narrado de casos judicializados y las polémicas surgidas por los impactos ambientales en el mundo y en nuestro país:

La fractura hidráulica, técnica utilizada para la extracción de hidrocarburos no-convencionales, se encuentra en el centro de muchas preocupaciones socio-ambientales en el mundo y en nuestro país, a partir de la puesta en marcha de actividades en los yacimientos de Vaca Muerta en la cuenca neuquina. En el caso del fracking, denominación que recibe la técnica de extracción de hidrocarburos no-convencionales, se objeta el uso de grandes cantidades de agua e insumos químicos utilizados para «fracturar» los esquistos y liberar el gas o el petróleo atrapados en este tipo de formación geológica. También se objetan el riesgo de microsismos o temblores a baja escala en el entorno, consecuencia de la fracturación de los esquistos (o shale como es su denominación en inglés), sin perjuicio de otros impactos indirectos derivados del incremento exponencial en el movimiento vehicular, influjo masivo de trabajadores y proveedores, etc. (77).

La utilización de fitosanitarios en el ámbito agropecuario, con las polémicas y conflictos en torno a las fumigaciones aéreas, los efectos sobre la salud de algunos productos de uso emblemático en el campo, como es el glifosato, emblema incluso de un nivel de conflicto que trasciende la disputa ambiental en sí. Las polémicas en torno al uso del glifosato y sus impactos sobre el ambiente y la salud han caminado en forma paralela en Argentina al igual que en el resto del mundo, con otras agendas cargadas con una impronta ideológica importante. En estas polémicas, se entrelazan aspectos exclusivamente centrados en la toxicidad propia de sus componentes con otras cuestiones más amplias y transversales, ligadas al rechazo a la vinculación del uso de herbicidas con variantes de

semillas resistentes a sus principios activos y los concomitantes efectos sobre las economías de escala necesarias para un modelo agropecuario a gran escala y las implicancias respecto de los patrones de uso del suelo, la concentración de la riqueza, eliminación de los conocimientos tradicionales y la disminución en la variedad de cultivares, entre otras cuestiones (78).

Las polémicas en torno a la actividad minera, en relación al uso del agua, el control de relaves y diques de cola, el uso de cianuro en piletas de lixiviación y los impactos derivados de la minería a cielo abierto han estado presentes en la sociedad argentina a lo largo de la última década y media, con un marco de entrecruzamiento casi inevitable entre las agendas ambientales con otras cuestiones más amplias, ligadas al impacto socio-económico y el reparto de los beneficios derivados de una actividad extractiva que se lleva a cabo en zonas alejadas de las grandes urbes. De hecho, los impactos ambientales de la «gran minería» han llevado a casos tan notorios como polémicos, como fue el de Meridian Gold por el Proyecto Cordón Esquel en Chubut, el Proyecto Navidad en Río Negro, u otros en Córdoba, Mendoza o La Rioja, que concluyeron luego en prohibiciones legislativas, también judicializados (79). El fenómeno social del rechazo a la minería es parte de una agenda que se tiende a reiterar en otros países de la región, incluso con tradición en la actividad extractiva, como son los casos de Chile, Perú o Brasil, alimentados por algunos incidentes de alto impacto mediático, que han brindado, aunque sea en forma indirecta, argumentos a los detractores de la actividad, con base en planteos ambientales (80).

El riesgo surgido de nuevas tecnologías o métodos de producción genera, tal como se ha analizado en todo este capítulo, temores y dudas entre la población afectada. En muchos casos, estos temores obedecen a razones sociológicas que suelen ser soslayadas o ignoradas por decisores tanto del ámbito público como del privado.

Aun cuando estos temores pueden fundarse en razones más emocionales que racionales, no por ello dejan de tener peso en los procesos de toma de decisión, ni implican un menosprecio a la legitimidad de quienes así se expresan. Por el contrario, desconocer este fenómeno suele conducir a la desconexión, falta de empatía e incluso soberbia por parte de quienes, con base en argumentos de solvencia tecnocrática o eficiencia económica, menosprecian las percepciones populares en torno a los impactos para la salud o al ambiente en muchas de estas

polémicas (81).

Lo que es inevitable en todos los casos analizados en detalle (y luego en aquellas agendas emergentes enunciadas en forma somera al final) es la necesidad de una integración cada vez mayor de los conocimientos científicos y técnicos con las visiones socio-económicas y jurídicas en la formulación de políticas públicas en materia ambiental, con el fin de conjurar y acotar las áreas de potenciales conflictos, como así también la utilización efectiva, continua y fluida en la resolución de conflictos ambientales, sea en el ámbito judicial, sea en espacios alternativos e innovadores.

Referencias bibliográficas

Cano, G. (1983). «Un hito en la historia del derecho ambiental argentino». Nota a fallo, La Ley. Buenos Aires, 568.

Blanco, D. y Parera, A. (2003). La inundación silenciosa: el aumento de las aguas en los esteros del Iberá: la nueva amenaza de la Represa Yacyretá, Buenos Aires: Fundación Vida Silvestre Argentina, junto a la International Rivers Network.

Fundación Ambiente y Recursos Naturales (FARN), «A 10 años de la Sentencia Estructural de la CSJN: materiales para su análisis», FARN, 27/07/2018, <https://farn.org.ar/archives/25598>

Foster, K., Berstein, D. y Huber, P. (1993). Phantom Risk, MIT Press, Boston.

Gasulla, L. (2017) El negocio de la obra pública en Argentina, Buenos Aires: Sudamericana.

Lambois, S. y Santi, M. (1992). «La defensa de los intereses difusos», Revista Signos Universitarios. Medio Ambiente I. Nro. 22, pág. 163. Ediciones Universidad del Salvador.

Mairal, H. (1984). «Sobre Legitimación y Ecología», La Ley, Tomo 1984-B, página 779.

Marienhoff, M. (1984), «Delfines o toninas y acción popular», *El Derecho* 105-244, Buenos Aires.

Sunstein, C. (2006). *Riesgo y razón: Seguridad, Ley y Medioambiente*, Buenos Aires: Katz Editores.

Verbic, F. (2017). *Manual de introducción a los procesos colectivos y las acciones de clase*, Centro de Estudios de Justicia de las Américas (CEJA), Santiago de Chile. «Los procesos colectivos. Necesidad de su regulación», *Revista La Ley*, 2010-A, 769 (apartados 1, 4 y 5), o «La Corte Suprema argentina y la construcción del derecho constitucional a un debido proceso colectivo», *Int'l Journal of Procedural Law*, Volume 5 (2015), No. 1, Jun 2015.

■

52. Ver Héctor Mairal, «Sobre Legitimación y Ecología», *La Ley*, Tomo 1984-B, página 779. También Miguel Marienhoff, «Delfines o toninas y acción popular», *El Derecho*, 105-244, y Susana Lambois y Mariana Santi, «La defensa de los Intereses Difusos», Edición diciembre de 1992, *Revista Signos Universitarios. Medio Ambiente I*. Nro. 22, pág. 163 (Ediciones Universidad del Salvador) y de Guillermo Cano, «Un hito en la historia del derecho ambiental argentino», nota a fallo, *La Ley*. Buenos Aires, 1983- D, 568. El caso de la acción de inconstitucionalidad del Decreto PEN 2125/78, que había creado las denominadas «cuotas de resarcimiento» que debían abonar las empresas que volcaban al Río Reconquista, fue uno de los primeros pronunciamientos de la Justicia en inmiscuirse en la cuestión ambiental y la contaminación de aguas. (Recurso de hecho deducido por Obras Sanitarias de la Nación en incidente de inconstitucionalidad del decreto 2125/78 del P. E. N, CSJN del 19/11/87, en *Jurisprudencia Argentina*, 20/01/88, N 5551, pág. 16 y sigs.)

53. El superfondo es el nombre dado al mecanismo creado por la Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act o (CERCLA). <https://www.epa.gov/superfund/superfund-cercla-overview>. El superfondo ha restaurado y recompuesto pasivos ambientales tales como minas abandonadas, plantas industriales en desuso, obras de infraestructura y edificios «contaminados». El caso «Maxus Energy», en el cual se encuentra demandada la

empresa YPF, se originó en un reclamo por recomposición de pasivos ambientales en una planta usada para la fabricación de dioxinas operadas por una subsidiaria de la firma, la refinería operada y luego adquirida por YPF.
<https://www.ambito.com/comienza-definirse-otra-megacausa-contra-ypf-ahora-la-mochila-maxus-n5043999>

54. Ver, por ejemplo, «A 10 años de la Sentencia Estructural de la CSJN: materiales para su análisis», FARN, 27/07/2018, <https://farn.org.ar/archives/25598>. La expresión sentencia estructural o juicio estructural fue acuñada por Francisco Verbic en diversos trabajos académicos tales como Manual de introducción a los procesos colectivos y las acciones de clase, Centro de Estudios de Justicia de las Américas (CEJA), Santiago de Chile, 2017; «Los procesos colectivos. Necesidad de su regulación», Revista La Ley, 2010-A, 769 (apartados 1, 4 y 5), o «La Corte Suprema argentina y la construcción del derecho constitucional a un debido proceso colectivo», Int'l Journal of Procedural Law, Volume 5 (2015), No. 1, Jun 2015.

55. Ulrich Beck, sociólogo alemán de la Universidad de Múnich acuñó el término, poco tiempo después del accidente nuclear de Chernóbil en 1986. Casi en paralelo, otro sociólogo británico, Anthony Giddens usó una expresión similar para explicar los desafíos de los tiempos modernos con cambios tecnológicos vertiginosos y nuevos desafíos.

56. El artículo 32 de la Ley 25675 establece que «...El acceso a la jurisdicción por cuestiones ambientales no admitirá restricciones de ningún tipo o especie. El juez interviniente podrá disponer todas las medidas necesarias para ordenar, conducir o probar los hechos dañosos en el proceso, a fin de proteger efectivamente el interés general.» Muchos doctrinarios han interpretado que esta redacción empodera a los jueces con amplias facultades para actuar en defensa del ambiente, dando lugar a instituciones novedosas, tales como el amicus curiae, las audiencias públicas para generar instancias de mayor debate en forma transparente, además de innovaciones en cuestiones tales como medidas cautelares, el uso de medidas anticipadas sin intervención de otras partes, etc.

57. Expte. 244003. «Subterráneos de Buenos Aires Sociedad del Estado c/ Propietario estación de servicio Shell calle Lima entre Estados Unidos e Independencia s/ daños y perjuicios» CNCIV - SALA H - 01/10/1999. Jurisprudencia Argentina. 29 de diciembre de 1999. Número 6174, Pág. 65.

58. La clausura preventiva es una herramienta que estrictamente no constituye una sanción, sino una medida a ser usada en casos de riesgo o con posibles consecuencias inminentes y graves en caso de inacción. Su uso es justificable en casos como el que se dio con una inundación súbita de un estacionamiento (aunque agravada por las lluvias) con los indicios de una contaminación. La figura preventiva de la clausura inmediata y preventiva no puede mantenerse en el tiempo, sin embargo, sin argumentos sólidos que la avalen. Desde una perspectiva política y atendiendo a la imagen mediática, imponer una clausura con estas características en el corto plazo demuestra convicción y decisión, aun tratándose de empresas grandes. Sin embargo, mantener una clausura en el tiempo sin evidencias concretas se torna difícil de justificar e incluso trae aparejado un «costo político», cuando se levante la medida preventiva. La Justicia Federal interviniente tampoco dispuso medida cautelar alguna, dado que no se habían producido víctimas y en el entendimiento de que correspondía una intervención activa de las autoridades ambientales de la Ciudad. Pese a lo establecido en la Ley 24051, la Justicia ha sido siempre renuente a impulsar acciones penales contra empresas por conductas que, más allá de lo escrito en la Ley, perciben como faltas administrativas en el peor de los casos.

59. Vale la explicación hidrogeológica en este caso. El sentido común, avalado además por cartas hidrogeológicas de la zona, mostraba el flujo de aguas superficiales y subterráneas en un sentido oeste-este, siendo, por lo tanto, físicamente casi imposible que un derrame en los predios ferroviarios fluya a contrapendiente hacia el edificio. Se inspeccionaron los sistemas cloacales aledaños y las instalaciones de la concesionaria imputada por la petrolera, más que nada con el objeto de eliminar toda hipótesis alternativa, por más contra fáctico que fuera. Muchas veces la labor de investigación de campo en temas de contaminación ambiental requiere validar o descartar más de una hipótesis de

relación causa y efecto, incluso con posibles efectos cumulativos o de sinergia.

60. Se envió una muestra en forma reservada a un laboratorio en la provincia de Santa Fe, junto con una muestra de los diferentes combustibles a la venta bajo la marca de la estación de servicio. Cada combustible posee una suerte de «huella digital» o «firma» en su composición química, con el fin de permitir su trazabilidad, por ejemplo, en caso de robos o adulteraciones. También sirve esta trazabilidad para el deslinde de responsabilidades en el caso de derrames en el transporte, mecanismo utilizado para identificar derrames en el mar, bajo el régimen de derecho internacional vigente conforme a CONVEMAR, OILPOL y MARPOL (siglas que corresponden respectivamente al Convenio de la ONU sobre Derecho del Mar, régimen de contaminación por hidrocarburos y régimen de prevención de la contaminación marina, respectivamente). La correlación entre la muestra extraída del sótano de agua contaminada con hidrocarburos y uno de los combustibles vendidos por la estación de servicio fue casi absoluta, permitiendo una demostración de causa y efecto. A los efectos procesales, sin embargo, era preciso consolidar esta investigación, llevada a cabo con cierto sigilo, por cierto, con otros medios probatorios con eficacia suficiente para ser esgrimidos eventualmente ante el sistema judicial o administrativo, en particular ante cualquier intento obstruccionista y negador por parte de la titular de la estación de servicio, en base a argumentaciones procesales formales.

61. Los pozos de monitoreo aguas abajo de la estación de servicio fueron perforados en la Avenida Libertador, una de las arterias más transitadas de la Ciudad, requiriendo cortes de tránsito y una importante disrupción en la circulación. En dicho sitio además se encuentra un conjunto importante de infraestructura subterránea (aguas, cloacas, telecomunicaciones, energía, gas), la cual, al momento no se encontraba adecuadamente registrada y georreferenciada. Estas circunstancias retrasaron la terminación de las pericias.

62. «Lubricentro Belgrano s/ inf. Ley 24051» (15/02/1995 - Fallos: 323:163). Los jueces han sido históricamente renuentes a utilizar el derecho penal para sancionar a lo que se percibe mayoritariamente como una falta o infracción

administrativa. En diálogos informales y descontracturados con interlocutores del juzgado, esto fue explicitado con expresiones muy directas en cuanto a que «si no hay víctimas fatales o daños graves que causen consternación en la opinión pública, el expediente no lo movemos y dejamos la iniciativa a las autoridades administrativas pertinentes». El autor ha escuchado referencias similares en muchos otros ámbitos de la Justicia o el Ministerio Público Fiscal.

63. Al poco tiempo de este caso, se sancionó la Ley General del Ambiente con sus directrices para la recomposición del ambiente y el otorgamiento de potestades amplias a los jueces en estos casos. Al momento de evaluar las alternativas frente al caso, las autoridades políticas de la ciudad fueron remisas a encarar acciones amplias para la restitución del ambiente, quizás por tratarse de un área relativamente inexplorado en el derecho argentino, quizás también por tratarse de una empresa señera en el mercado hidrocarburífero nacional, en donde una acción por recomposición del daño ambiental hubiera suscitado controversias por las implicancias desalentadoras para futuras inversiones en el sector. De todas maneras, se encararon las tareas indispensables para la remediación de las pérdidas detectadas. Cabe además destacar que las metodologías de remediación con base en criterios de riesgo, aun siendo utilizadas en el resto del mundo, fueron introducidas a la República Argentina con posterioridad a los hechos descriptos.

64. De hecho, en encuentros con integrantes del gabinete, hubo una tendencia a soslayar los riesgos que pudieran ocasionar las oscilaciones, frente a los perjuicios para los organizadores y para la imagen que la administración pretendía construir con las franjas más jóvenes de la opinión pública con base en una recepción favorable a los recitales y músicos de rock. El antecedente trágico de Cromagnon, consecuencia de controles deficientes y falencias en la gestión de seguridad por parte de los comercios involucrados, fue un antecedente que condicionó, sin dudas, a las acciones de la administración y de los organizadores del evento.

65. Una de las cuestiones que surgió como consecuencia de la intervención

judicial y un análisis jurídico integral fue la falta de consideración de los aspectos ambientales en la habilitación o autorización de eventos aislados en estadios deportivos. Más aun, siendo instalaciones de vieja data en la Ciudad, ningún estadio contaba con evaluaciones ambientales, ni líneas de base en materia de impacto sonoro, impactos derivados de los incrementos en el tránsito, flujos de gente en horas pico, etc.

66. El Ing. Bertero fue fundador y director del Laboratorio de Dinámica de Estructuras de la FIUBA desde 2008. El área de investigación incluye la dinámica estructural, el diseño sísmico de estructuras, la mecánica del continuo y la seguridad estructural, campos en los que ha publicado más de 80 trabajos y presentaciones en congresos de la especialidad. Ver <http://www.fi.uba.ar/es/node/2983>

67. La oscilación se producía en aquellos edificios que entraban en relación de sincronía con las ondas de baja frecuencia, conforme al periodo de oscilación de cada estructura. Por esta razón, los efectos se sentían mucho en construcciones con un rango de altura entre 8 y 11 pisos, no siendo casi detectables en construcciones de mayor altura, ni en construcciones bajas. La distancia larga de propagación de las ondas de baja frecuencia explica la razón por la cual, por ejemplo, se detectaron oscilaciones en edificios próximos a Panamericana y General Paz, no registrando efectos en edificios más altos, pero mucho más cercanos al estadio de River Plate.

68. Muchos de los edificios de construcción relativamente antigua carecían de planos registrados, los cuales estaban incompletos o extraviados, o no guardaban relación con la estructura existente. Las inspecciones demostraron el bajo o nulo riesgo para la integridad física de los edificios más comprometidos. En materia de salud, los estudios médicos indicaron el bajo riesgo para la salud de los vecinos, quizás con la salvedad de aquellos con cuadros de insuficiencia cardíaca preexistente.

69. A los efectos de facilitar el trabajo de evaluación técnica por parte de los expertos de la UBA, el Ministerio de Ambiente de la CABA contrató a jóvenes, muchos de ellos hinchas de fútbol, para simular, bajo condiciones controladas, los saltos del público durante recitales. Fue una experiencia útil, aunque motivo de bromas y chistes, muchos de ellos contra los funcionarios de la Ciudad. El efecto «pogo» asimilable a un impacto físico acumulativo y rítmico en el suelo se magnificaba por hacerse sobre el campo de juego desnudo y consiguiente transmisión por un subsuelo sumamente plástico, tratándose de un antiguo lecho de río relleno a lo largo de muchos años de avance de la ciudad sobre el Río de la Plata. El fenómeno es similar (aunque no precisamente igual) a la mayor propagación que se da en suelos similares en eventos sísmicos, en un fenómeno parecido a una licuefacción de los suelos. El fenómeno también ha sido estudiado con casos de desfiles militares con marcha acompasada y los impactos sobre estructuras como puentes o pasarelas.

70. Como elemento adicional al cuestionamiento del impacto acústico de los eventos en estadios de fútbol, muchos objetaron el mal estado del campo de juego después de los recitales o conciertos, con el consiguiente efecto negativo para la calidad del deporte.

71. Ver, por ejemplo, Diario La Nación, 29/07/2010 <https://www.lanacion.com.ar/espectaculos/las-malas-vibraciones-de-river-plate-nid1289381>. El nivel de politización de muchos conflictos ambientales se refleja en el hecho de que la patrocinadora legal de los vecinos en el reclamo judicial, Ana Paulesu, fue luego candidata a vicejefa de Gobierno en los comicios de 2011 para la lista del Partido Autonomista, encabezada por Ricardo López Murphy.

72. El título corresponde a la obra *La inundación silenciosa: el aumento de las aguas en los esteros del Iberá: la nueva amenaza de la Represa Yacyretá*, editada por Daniel Blanco y Aníbal Parera, con la colaboración de Marcelo Acerbi, junto a otros autores, incluyendo el suscripto, publicada por la Fundación Vida Silvestre Argentina junto a la International Rivers Network, Buenos Aires, 2003.

73. Intendente de Ituzaingó c/Entidad Nacional Yacyretá s/amparo, CSJN 23/11/04. La Corte sostuvo que el amparo es un proceso excepcional, «... utilizable en delicadas y extremas situaciones en las que, por carencia de otras vías aptas, peligra la salvaguarda de derechos fundamentales, y exige circunstancias muy particulares caracterizadas por la presencia de arbitrariedad o ilegalidad manifiestas que, ante la ineficacia de los procedimientos ordinarios, originan un daño concreto y grave, solo eventualmente reparable por esta vía urgente y expeditiva.» La dificultad de demostrar la hipótesis del trasvasamiento fue el obstáculo más grande para el éxito de la acción.

74. El Presidente Carlos Menem en 1990 acuñó la expresión «Monumento a la Corrupción» en referencia a las obras de Yacyretá, pasando al folklore político de Argentina. Ver Gasulla, Luis, El negocio de la obra pública en Argentina, Sudamericana, Buenos Aires, 2017. Ver También <https://www.infobae.com/politica/2017/05/14/la-historia-oculta-de-yacyreta-el-monumento-a-la-corrupcion/>

75. Los integrantes y referentes de las diversas organizaciones de la sociedad civil tomaron contacto con geólogos activos en las obras en los primeros años de la construcción, alertando sobre la fragilidad de algunas formaciones del basalto con fracturas frecuentes. Con Graciela Canziani, por ejemplo, renombrada académica de la UNICEN (Tandil), mantuvimos una entrevista con el Dr. Ferrari Bono, miembro destacado de la Academia Nacional de Ingeniería y conocedor profundo de las obras en sus etapas iniciales, en la década del sesenta y setenta del siglo XX.

76. De hecho, en el seno del grupo interdisciplinario de especialistas convocados por los referentes de la sociedad civil, se analizaron alternativas tales como el uso de trazadores radiactivos, con el fin de «rastrear» el sentido y dirección del flujo de aguas subterráneas, tomando contacto a tales efectos con científicos de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA). La propuesta, si bien hubiera sido clave en el diagnóstico de los perfiles de aguas subterráneas, fue

descartada por sus costos y complejidad.

77. La fractura hidráulica divide a la sociedad en otros países en los cuales se practica. En los EE.UU. donde la fractura hidráulica ha revolucionado la industria petrolera, permitiendo que el país se convierta en exportador de gas, en lugar de ser un importador de energía, reconfigurando de hecho el mapa energético global, las controversias se presentan incluso entre diferentes estados con jurisdicciones pro-fracking enfrentadas con otras en donde se ha vedado la técnica o se han establecido moratorias (Nueva York o California). La célebre película «Gaslands» ilustró en forma gráfica alguna de estas preocupaciones (Ver <https://www.nationalgeographic.com/environment/energy/great-energy-challenge/big-energy-question/how-has-fracking-changed-our-future/>). En Europa, la fractura hidráulica ha generado una grieta similar dividiendo aquellas naciones que admiten la actividad (Polonia), de otros que la han vedado (Francia o Irlanda) o que han declarado moratorias parciales o restricciones draconianas a su práctica (Reino Unido). Ver también:

<https://www.theguardian.com/environment/2019/oct/14/cuadrilla-says-it-is-not-planning-to-abandon-fracking-in-lancashire>. En Neuquén, las polémicas también han estado presentes, aunque con un perfil marcado conforme a las características específicas de la zona aledaña a Vaca Muerta, con baja densidad poblacional y una tradición de producción petrolera a lo largo de muchos años. Los conflictos socio-económicos, vinculados a las comunidades indígenas y otras poblaciones locales, también han generado polémicas, dentro y fuera del país, con posiciones fuertes a favor y en contra (Ver, por ejemplo, <https://www.theguardian.com/environment/2019/oct/14/indigenous-mapuche-argentina-fracking-communities>) o <https://farn.org.ar/archives/tag/fracking>. También pueden consultarse los trabajos técnicos sobre la cuestión del Instituto Argentino del Petróleo y del Gas (IAPG) <http://www.iapg.org.ar/noconvencionales/extraccion.htm>

78. En Argentina, las polémicas por el uso del glifosato comenzaron a mediados de los años 2000 con cuestionamientos de sectores científicos, la difusión del denominado «Informe Carrasco» y la posterior convocatoria a una comisión bajo la órbita del CONICET. En esa década la polémica en el país se «contaminó», paradójicamente, con los aspectos políticos y un conflicto desatado entre la

Administración Nacional y el sector, por la aplicación de las retenciones a las exportaciones agropecuarias. Ver

http://www.biodiversidadla.org/Documentos/Ecologia_Politica_del_Glifosato_en

En años más recientes, los conflictos por el glifosato se han difundido en otros países con litigios entre Bayer, adquirente de la firma Monsanto, y diferentes afectados por el uso del glifosato. En «Hardemann vs/Monsanto», la Justicia de California condenó a la empresa por daños a la actora (que sufrió de un linfoma no-Hodgkin) causados por el uso del herbicida Roundup (Ver argumentos a favor de la utilización responsable del glifosato

<http://www.glyphosatelitigationfacts.com/main/>, y en contra, avalada por decisiones de muchas comunas en Norteamérica tendientes a prohibir el uso del glifosato, <https://www.citylab.com/environment/2019/10/glyphosate-pesticide-cancer-roundup-lawsuit-bayer-monstanto/598537/>) En nuestro país, algunos litigios han sido emblemáticos para la prohibición de la fumigación aérea, o la imposición de franjas de seguridad en el ámbito cercano a las áreas urbanas. En 2010, la Cámara Civil y Comercial de Santa Fe (Sala II) convalidó una sentencia de primera instancia que prohibió la fumigación en cercanías al pueblo de San Jorge, iniciando un proceso que devino luego en una gran cantidad de pronunciamientos similares por parte de la Justicia, acompañado además por regulaciones a nivel provincial y en muchos casos a nivel municipal. Ver <http://redaf.org.ar/por-primera-vez-un-fallo-de-camara-limita-el-uso-del-glifosato-un-freno-a-los-agroquimicos/>. En este sentido, el caso «Gabrielli» (Gabrielli, Jorge Alberto y otros s/infracción Ley 24051, ST Córdoba 2015, Tomo 11, folio-3032-3085) marcó un hito en la utilización de agroquímicos al condenar a un aplicador aéreo por la contaminación provocada a terceros. El caso, conocido también como el caso de las «Madres de Ituzaingó», ha sido un emblema de este tema conflictivo que ha seguido con muchos otros casos en todas las jurisdicciones, además de un pedido de prohibición total presentado por la Asociación Argentina de Abogados Ambientalistas en trámite ante la Corte Suprema desde hace tiempo, sin resolución aún.

(<https://www.pagina12.com.ar/diario/sociedad/3-123304-2009-04-16.html>).

Otros casos más recientes se encuentran en diferentes instancias pudiendo llegar a fin de cuentas a una resolución en la máxima instancia de la Justicia.

(<https://www.lanacion.com.ar/economia/campo/agroquimicos-conflicto-abierto-puede-llegar-corte-suprema-nid2239198>). Algunas provincias, por ejemplo, Chubut, han prohibido lisa y llanamente el uso del glifosato (Ley XI, 70 19 de mayo de 2019).

79. El caso «CEMINCOR y Otra c/Superior Gobierno de la Provincia-Acción Declarativa de Inconstitucionalidad» (Expte 1798036) 11/08/15 se planteó la inconstitucionalidad de Ley 9526 (prohibición de minería a cielo abierto, uranio y uso de cianuro) en razón a la afectación de los derechos a la propiedad y al ejercicio de industria lícita. El Tribunal Supremo Provincial terminó convalidando la ley, con argumentos basados en la razonabilidad y la congruencia entre los derechos de incidencia colectiva y los derechos individuales consagrados en la Carta Magna.

80. El colapso del dique de colas en Samarco, Brasil, en 2015, es una instancia emblemática de la tensión entre la actividad minera y la protección ambiental. En el emprendimiento minero de Vale y BHP Billiton murieron 19 personas y quedaron afectados miles de habitantes de 39 poblados aledaños. El 25 de enero de 2019 ocurrió un nuevo colapso de tres diques de contención de desechos de la minera Vale, en la mina de Feijao, en Brumandinho, en el mismo estado de Minas Gerais donde ocurrió el caso «Samarco». El caso «Samarco» es ilustrativo e innovador en la forma en la cual se diseñó el programa de restauración de los pasivos ambientales, con la conformación de un Panel de Expertos Independientes, bajo la órbita de la UICN y un mecanismo financiero autónomo con la creación de un fideicomiso bajo control de la Fundacao Renova.
<https://www.iucn.org/news/business-and-biodiversity/201809/rio-doce-panel-report-outlines-critical-gaps-and-measures-regions-long-term-restoration> Ver también el Informe del accidente y sus consecuencias ambientales
<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2018-038-En.pdf>

81. Cass Sunstein, reconocido académico de las universidades de Chicago y Harvard, ha publicado y diseminado en forma prolífica sobre esta confluencia entre economía, ciencia y derecho en la formulación de estándares técnicos en materia ambiental o de salud, promoviendo el uso de las evaluaciones de riesgo para arribar las decisiones con mayor costo-efectividad en cada caso. Ver Riesgo y Razón: Seguridad, Ley y Medioambiente, Katz Editores, Buenos Aires, 2006. Ver también: K. R. Foster, D. E. Bernstein y P. W. Huber, Phantom Risk, MIT Press, Boston, 1993.

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL

■

Marcelo Gaviño Novillo

Ingeniero hidráulico (UNLP, 1980), especialización en Hidrología General (UNESCO/1981), ingeniero civil (UNLP, 1982), especialización en Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica (Organización Meteorológica Mundial/FAO,1985) y un master en Evaluación Ambiental (IIE/UICN, 1999). A lo largo de su carrera profesional ha llevado a cabo proyectos centrados en la planificación y la gestión de los recursos hídricos, así como la evaluación y gestión ambiental. Ha sido profesional principal de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, desempeñando cargos de Subdirector de Saneamiento, Director Nacional de Conservación y Protección de los Recursos Hídricos y Jefe de Gabinete, entre otros. Se ha desempeñado también en la Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Negro y Neuquén (AIC) como representante del Estado Nacional ejerciendo la Presidencia del Comité Ejecutivo (2019). Es actualmente investigador asociado honorario del Instituto Nacional del Agua (INA) y consultor internacional independiente en su especialidad. Ha desarrollado una extensa carrera académica como profesor en las Universidades de La Plata, Buenos Aires, Litoral, La Pampa y Centro de la Provincia de Buenos Aires en Argentina, así como en las Universidades de Padua y Bari (Italia), Algarve (Portugal), Kiel (Alemania), y el IHE (Países Bajos). Es autor de más de 20 trabajos en publicaciones internacionales y en actas de congresos nacionales, así como editor de 4 libros para la UNESCO. Es coautor del trabajo ganador del Premio Internacional otorgado por la International Water Resources Association en el año 2010 por su contribución a la gestión de las inundaciones extremas en América Latina y el Caribe.

Contacto: magavino@gmail.com

Introducción

Uno de los caminos para incorporar la dimensión ambiental en la planificación del desarrollo se basa en la realización de Evaluaciones de Impacto Ambiental y Social (EIAS) a lo largo de un ciclo de preinversión, apoyando el proceso de toma de decisiones acerca de la elección de las alternativas ambientalmente más sustentables de un proyecto.

Son posteriormente los equipos técnicos gubernamentales y de organismos multilaterales de crédito o de empresas que tienen que decidir sobre la aceptación, corrección o rechazo de un proyecto en base a su factibilidad ambiental, apoyándose para ello en marcos normativos o reglamentarios que establecen la obligatoriedad de llevar a cabo un procedimiento de análisis como parte de los procesos de toma de decisión.

Por tal circunstancia, se hace cada vez más necesaria la elaboración de una nueva generación de Estudios de Impacto Ambiental y Social (EsIAS) que respondan globalmente a los requisitos ambientales reclamados por la sociedad, para lo cual es necesario también fortalecer las capacidades de los decisores, quienes detentan la responsabilidad de evaluar los EsIAS y los proyectos asociados. Esta responsabilidad implica conocer los procedimientos administrativos en los cuales se insertan, el contenido esperado de un EsIAS y una estrategia clara para la incorporación de las medidas finalmente elegidas que brindan la factibilidad ambiental y social a un proyecto de inversión.

Marco conceptual

Contexto de aplicación

La Evaluación de Impacto Ambiental y Social (EIAS) en el actual contexto se entiende como un instrumento preventivo de gestión que anticipa los futuros impactos ambientales y sociales positivos y negativos de las acciones humanas, permitiendo seleccionar las alternativas que, cumpliendo con los objetivos

propuestos, maximicen los beneficios y disminuyan las consecuencias no deseadas. La experiencia de diversos países muestra que su aplicación se efectúa no solamente para grandes proyectos de inversión, tales como presas, caminos o plantas de tratamiento de aguas residuales, sino también al caso de planes y programas de ordenamiento territorial, educativos y de salud, así como también a políticas y alternativas de acción, entre otras. A menudo, la implementación de un plan o política requiere de una gran variedad de proyectos individuales; si la evaluación de impacto ambiental y social estuviese restringida solo a ellos, entonces los efectos acumulativos a nivel regional o nacional podrían ser ignorados. Por lo tanto, también es necesario evaluar los impactos de decisiones de inversión en las etapas tempranas del ciclo del proyecto, como es el caso de políticas, planes, y programas. En este nivel, las evaluaciones ambientales se denominan Evaluación Ambiental Estratégica (SEA) o Regional (REA), que brindan una visión amplia, permitiendo su complementación con evaluaciones más detalladas, a nivel de proyecto o inversión.

La experiencia muestra también que los procesos de EIAS deben considerar los contextos económicos, sociales e institucionales, al margen de las características biofísicas y socioeconómicas. Es evidente que métodos de evaluación detallados, largos, sofisticados y de alto costo tendrán escaso valor operativo. Por lo tanto, la EIAS debe ser flexible y llevada a cabo en sintonía con las realidades de los países, regiones o localidades donde se implementen los proyectos que buscan mejorar la calidad de vida de la sociedad, incorporando la dimensión ambiental en la mejor elección posible de una inversión.

Definiciones

Se define un impacto ambiental como el cambio neto (positivo o negativo) sobre el bienestar y la salud humanos que resulta de los efectos ambientales producidos por las acciones humanas (legislaciones, políticas, programas, proyectos y procedimientos operativos) mientras que la evaluación de impacto ambiental se entiende como aquella actividad orientada a identificar y predecir los impactos ambientales, así como a interpretar y comunicar información acerca de ellos; todo esto con objeto de brindar recomendaciones que orienten la toma de decisiones, aceptando que estas siempre se toman en condiciones de

información incompleta y, por tanto, con un margen de incertidumbre no siempre acotable (Munn, 1975).

Interpretación temporal y espacial de un impacto ambiental

Un impacto ambiental, entendido entonces como un cambio neto (positivo o negativo) de la calidad ambiental, puede manifestarse según dos dimensiones: temporal y espacial. Desde el primer punto de vista, el desafío de su predicción implica para un tiempo t_0 determinado predecir el andamio de una variable ambiental a lo largo del tiempo, como por ejemplo para un tiempo t_1 , cuando se inicia un proyecto de inversión. La predicción implica también evaluar el cambio de la calidad ambiental para un tiempo t_2 en relación con el supuesto estado del ambiente con y sin proyecto. La expresión gráfica para el caso de un cambio neto negativo de la calidad ambiental nos indica que estamos en presencia de un impacto ambiental negativo (Fig. 1).

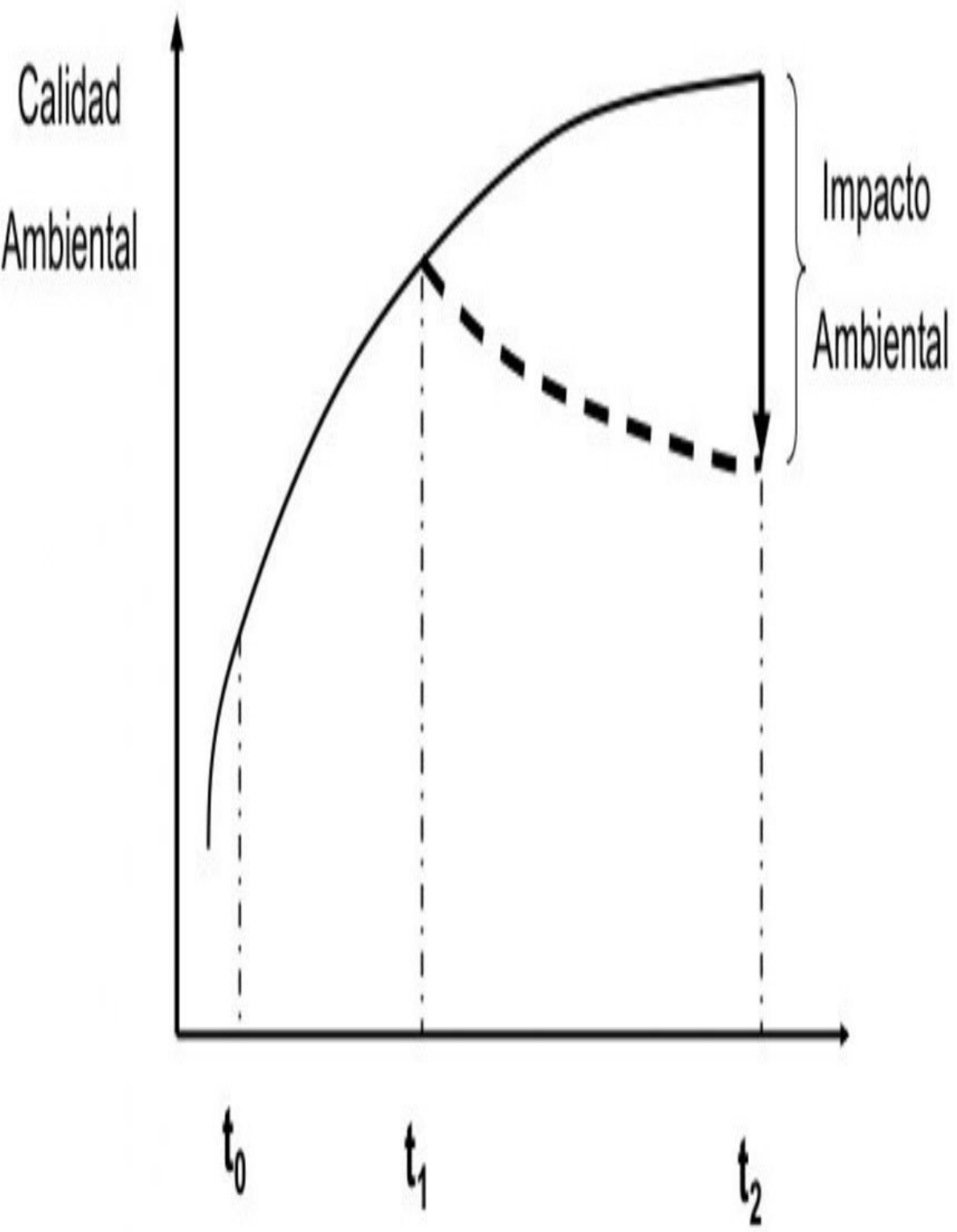


Figura 1. Dimensión temporal del impacto ambiental.

Fuente: elaboración propia.

Por su parte, el cambio de la calidad ambiental tiene también una expresión espacial. El ejemplo del vertido de un contaminante a lo largo del eje de un río nos ilustra este concepto (Fig. 2). La zona de la izquierda, denominada «aguas arriba», muestra que, pese al vertido del contaminante, la calidad del agua no se ve alterada. Pero se genera una «zona degradada» inmediatamente «aguas abajo» que puede evaluarse como resultado del cambio en determinadas variables o indicadores del ambiente fluvial (OD, DBO, sólidos en suspensión, otros).

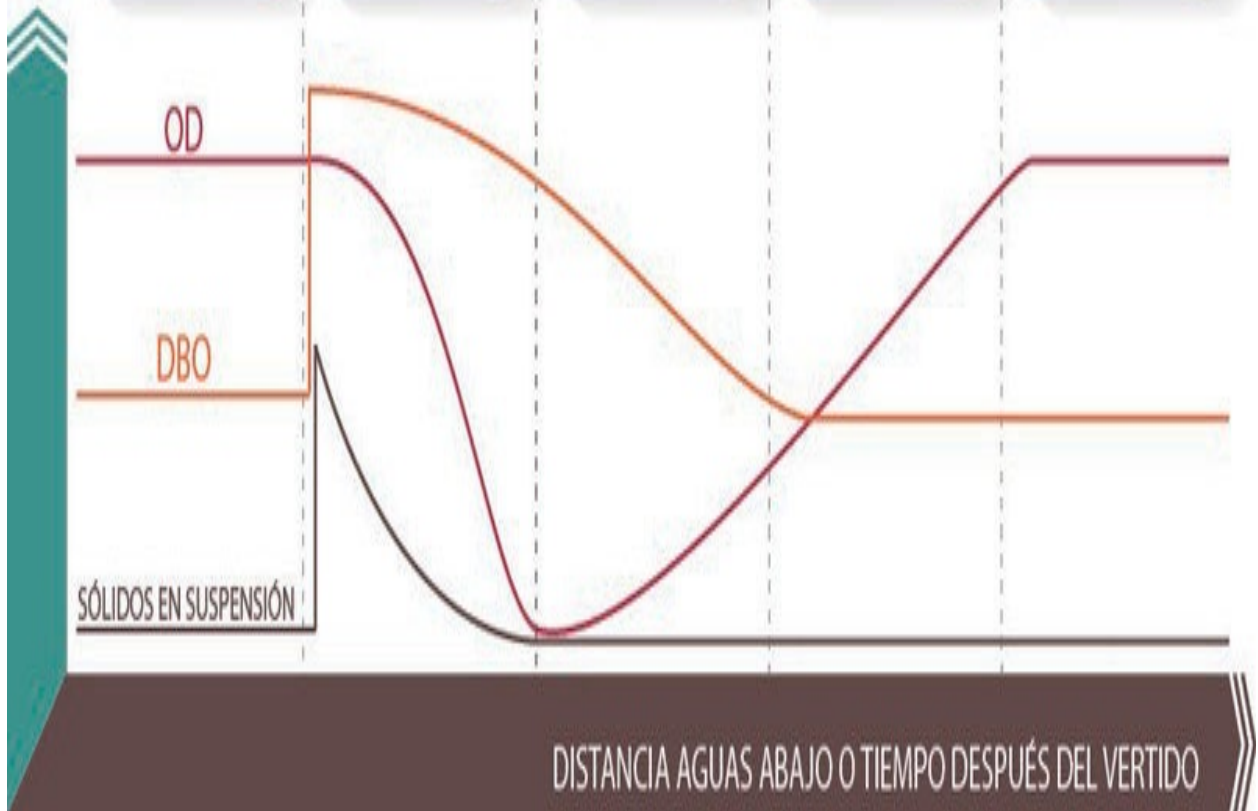


Figura 2. Dimensión espacial del impacto ambiental.

Fuente: adaptado de Gaviño Novillo y Sarandón, 2000.

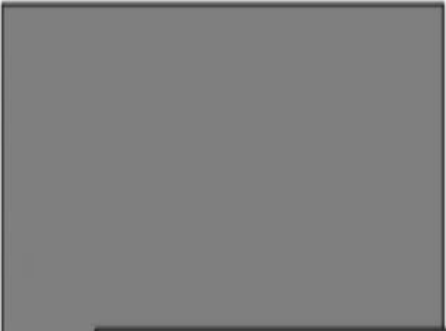
A medida que el sistema tiene una tendencia hacia su recuperación (resiliencia), la «zona degradada» pasa a «zona de descomposición» y, sucesivamente, hacia una «zona de recuperación», y, finalmente, puede darse el caso que hacia aguas abajo presente las mismas características que antes del vertimiento. Por lo tanto, un observador, dependiendo de la zona en que se encuentre, tendrá una percepción distinta del cambio de la calidad ambiental y las mediciones que efectúe mostrarán valores distintos de las variables que la caracterizan. Sin duda, quien se dedicaba a pescar en la «zona degradada» comprobará un cambio negativo de la calidad ambiental y social.

El proceso de evaluación de los impactos ambientales de un proyecto, por tanto, no solo requiere una identificación de todos los impactos relevantes, sino también de sus variaciones temporales y espaciales haciendo predicciones en un tiempo previo, asumiendo hipótesis sobre la propia tendencia natural del sistema ambiental sin ninguna acción generada por la sociedad.

Dimensiones de la Evaluación de Impacto Ambiental y Social

Los planos de acción

La Evaluación de Impacto Ambiental y Social de proyectos de inversión posee tres planos de acción o dimensiones que conviene diferenciar (Fig. 3):



1D Procedimiento de EIAS



2D Estudio de EIAS (EsIA)



3D Valoración de EIAS (VIA)

Figura 3. Dimensiones de la Evaluación de Impacto Ambiental y Social. Planos de acción.

Fuente: elaboración propia.

Procedimiento de EIAS (1D): es un procedimiento jurídico administrativo que tiene por objeto la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto o actividad produciría en caso de ser ejecutado, así como la prevención, corrección y valoración de aquellos, todo ello con el fin de ser aceptado, modificado o rechazado por parte de las distintas administraciones públicas competentes (Conesa, 1993).

Estudio de EIAS (EsIA/2D): es un estudio técnico, de carácter interdisciplinario que resulta en un documento técnico que es incorporado al procedimiento de EIAS con objeto de predecir las consecuencias ambientales de la ejecución de un proyecto sobre el ambiente y establecer medidas (Conesa, 1993).

Valoración de EIAS (VIA/3D): son metodologías orientadas a la identificación, cuantificación y valoración de las interacciones entre las acciones derivadas del proyecto y las características específicas de los factores y procesos ambientales afectados de un sitio, todo ello con objeto de señalar los impactos ambientales compatibles, moderados, severos y críticos que se prevean como consecuencia de la ejecución de una inversión.

Una VIA, por lo tanto, forma parte del capítulo de un EsIAS, el cual se inserta en el procedimiento administrativo EIAS que otorga la factibilidad ambiental de una inversión.

Características del procedimiento (1D)

Secuencia

El procedimiento debe estar sustentado por una ley o reglamento que establezca la secuencia de pasos técnico-administrativos que definan la forma de llevar a cabo el proceso, así como la definición de los roles y responsabilidades institucionales involucradas, la responsabilidad en la coordinación de actividades, los plazos límites para llevarlo a cabo y las formas de participación ciudadana, entre otras. Debe ser considerado como un instrumento que está al servicio de la toma de decisiones con conocimiento amplio e integrado de los impactos o incidencias ambientales de las acciones, sin ser en sí mismo un instrumento de decisión; sino que brinda ciertas respuestas para que esta última sea tomada por la autoridad competente y los responsables en cada caso.

Con este propósito la secuencia incluye las siguientes etapas para lograr un visión ambiental y social de las consecuencias de una acción determinada. Entre ellas se destacan:

desarrollar un nivel de conocimiento técnico amplio e integrado que permita predecir con la mayor certidumbre posible los impactos e incidencias ambientales de acciones humanas;

identificar anticipadamente los efectos ambientales y sociales negativos y positivos, y diseñar en forma oportuna las acciones que minimicen sus consecuencias, maximizando las oportunidades que surjan de las consecuencias positivas;

permitir a la autoridad ambiental o social tomar decisiones de aprobación, rechazo o rectificación del contenido de un proyecto de inversión, con pleno conocimiento de los efectos negativos y positivos que implican las acciones que forman parte de dicho proyecto, así como las consecuencias residuales;

permitir a la autoridad también ejercer el debido control sobre la dimensión ambiental y social de las acciones, a fin de garantizar que ellas no perjudiquen el bienestar y salud de la población;

lograr la participación coordinada de los distintos actores involucrados.

Este último punto incluye el establecimiento de nexos entre las diferentes

instancias públicas con competencia ambiental, y la coordinación simultánea de éstas con los proponentes de las acciones, la ciudadanía y la autoridad superior.

Ventajas y desventajas del proceso

El proceso presenta un conjunto de ventajas que lo convierten en un instrumento apropiado para lograr una adecuada protección ambiental. Al ser incluido en la toma de decisiones acerca de una acción o proyecto determinado, se incorporan variables que de otra manera no serían consideradas. Tradicionalmente, las decisiones se han realizado sobre la base de los costos inmediatos, la rentabilidad económica y las necesidades a corto plazo, entre otros; sin embargo, se reconoce en la actualidad que estas deben considerar las relaciones de interdependencia sociedad-naturaleza, el uso racional de los recursos y, en definitiva, la sustentabilidad de las acciones humanas en un contexto de armonía social. Pero cuando se planifican grandes inversiones, también suelen surgir conflictos debido al limitado análisis de alternativas previo sobre múltiples aspectos (como por ejemplo el uso del suelo o el territorio) o la dificultad de predecir las consecuencias potenciales de una inversión con alto grado de certidumbre.

Un proceso de evaluación de impacto ambiental y social, por tanto, debe permitir un diálogo amplio, basado en información lo más completa posible, en contacto con los diversos grupos sociales afectados, dado que ellos son quienes mejor conocen el entorno en el cual se espera que se inserte una inversión, dotando a la gestión de un proyecto de una mayor transparencia para facilitar la toma de decisiones.

Requerimientos para la aplicación

A pesar de las diferentes formas de implementar un proceso de EIAS, para lograr que se incorpore como una herramienta efectiva de apoyo a la toma de decisiones, es necesario satisfacer al menos los siguientes aspectos:

la EIAS debe ser documentada y fundamentada en todas sus etapas, de tal manera que sea seria, confiable, relevante y de acceso fácil a las partes involucradas;

debe realizarse sobre la base de la globalidad de la actividad propuesta, por lo tanto, debe ser única y no puede ser llevada a cabo por aspectos, partes o territorios. Esto permite considerar efectos sinérgicos que pueden aparecer por la interacción entre las partes, que podrían quedar enmascarados si son considerados en forma independiente;

el proceso debe estar preestablecido, especificando claramente su secuencia, los requisitos específicos de evaluación, las bases de la revisión de los documentos e informes correspondientes, así como la existencia de estándares y salvaguardias de calidad ambiental que permitan contar con referencias claras. Permite, además, que cada una de las partes involucradas conozca sus derechos y obligaciones favoreciendo un diálogo fluido;

la etapa de revisión debe prever la participación activa y directa bajo criterios y formas preestablecidas de los diferentes actores protagónicos (proponentes, autoridades públicas, expertos y ciudadanía). Al mismo tiempo el proceso debe tutelar claramente las diferencias e incompatibilidades entre las funciones que juegan los distintos actores;

El proceso debe ser público, transparente e informado de tal manera que exista total conocimiento por parte de los interesados;

El proceso debe permitir un seguimiento de la acción evaluada con el propósito de revisar el cumplimiento de las decisiones comprometidas a través del proceso EIAS.

El procedimiento, según surge de las lecciones aprendidas en los últimos 50 años, debe seguir al menos las siguientes etapas:

aviso de proyecto;

selección de proyectos (screening) que deben ser sometidos a un procedimiento

de EIAS en base a criterios preestablecidos por las normas;

determinación de los alcances y contenido mínimo necesario de un Informe de Evaluación de Impacto Ambiental y Social (scoping);

pautas para la elaboración del EsIAS y forma de presentación de la documentación;

pautas para la revisión y evaluación de los informes presentados, identificando quiénes deben pronunciarse,

contar con plazos para revisar el informe EsIAS;

definición de la modalidad de participación de la ciudadanía en el proceso; y

definición de la instancia administrativa que otorga la licencia o factibilidad ambiental; y,

lineamientos para verificar la implementación y el cumplimiento de los planes de gestión ambiental y prevención de riesgos propuestos, así como los planes de monitoreo incluidos en los EsSIA.

Criterios para iniciar un proceso de Evaluación de Impacto Ambiental y Social (EIAS)

No existe una característica, o conjunto de ellas, única de una actividad o proyecto de inversión que determine la necesidad de iniciar un proceso de EIAS. No solo depende de las características propias de la actividad o proyecto, sino también de las condiciones ambientales del lugar en que este se implemente. Las consideraciones más importantes para determinar la necesidad de un informe (screening) se relacionan no solo con las normas de calidad y la legislación existente, sino que deben considerarse aspectos subjetivos o difíciles de normar, tales como el paisaje y las costumbres locales. Generalmente, estas consideraciones se relacionan al tipo de variables afectadas y/o la magnitud de los impactos ambientales generados por el proyecto. Algunos de los criterios que pueden utilizarse cuando se trata de decidir la necesidad de iniciar un proceso de EIAS son:

magnitud de la actividad según superficie involucrada, tamaño de la obra, volumen de producción, número de trabajadores, etc.;

modificaciones importantes de las características del ambiente, tanto en extensión como en intensidad, especialmente si afectan su capacidad de recuperación o reversibilidad después del impacto;

localización próxima a áreas protegidas o a recursos naturales que tengan categoría de patrimonio ambiental o población humana susceptible de ser afectada de manera negativa;

utilización de recursos no renovables críticos;

cantidad y calidad de efluentes, emisiones y residuos que genere el proyecto y que estén próximas a alcanzar los máximos límites permitidos;

probabilidad de riesgo para la salud de la población humana;

reubicación permanente o transitoria, u otras alteraciones de poblaciones humanas;

introducción de cambios en las condiciones sociales, económicas y culturales;

existencia de atributos que hagan deseable evitar la modificación de valores históricos y culturales.

La experiencia demuestra que no todos los proyectos requieren ser sometidos a un procedimiento de EIAS. Esta herramienta se debe usar solamente cuando se prevea que el ambiente se verá modificado o no exista certeza previa de las variables que serán afectadas, ni de la magnitud de los cambios que se producirán.

El Estudio de EIAS (EsIAS/2D)

Es una dimensión central en el proceso de (EIAS) mediante el cual un grupo de expertos de diferentes disciplinas identifican los efectos ambientales que una acción humana produce en el ambiente, los cuantifica y propone las medidas correctivas, mitigadoras, compensatorias u otras necesarias para evitar o disminuir los impactos ambientales negativos y optimizar los aspectos positivos. El pronunciamiento final sobre el EIAS se traduce en una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) que dicta o informa sobre la calidad del análisis y sobre la aceptabilidad de los impactos residuales de una actividad sobre su entorno, incluyendo las modificaciones necesarias para mitigar, corregir o compensar los daños no deseados.

Un Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental y Social (EsIAS), por su parte, sigue una secuencia de actividades específicas que son indicadas ampliamente por distintas instituciones y expertos a nivel internacional (Banco Mundial, 1991; Conesa Fernández Vitoria, 1997; Gómez Orea, 1999; Morris & Therivel, 1995; Munn, 1975; Wathern, 1990; Weitzenfeld, 1990; Canter, 1997; Instituto de Investigaciones Ecológicas, 1994). Dicha secuencia define un flujo metodológico de actividades (Fig. 4 y ANEXO A).

La estrategia se basa en el análisis del marco legal para definir el contexto de referencia del proceso, a partir del cual se analiza el proyecto desde una perspectiva ambiental para identificar las acciones que puedan interferir con el ambiente, y el análisis del ambiente con relación al proyecto, incluyendo el subsistema natural (físicoquímico y biológico), el subsistema construido, y el socioeconómico y cultural a fin de detectar los factores ambientales susceptibles de cambio.

Una vez seleccionados, se identifican las relaciones causa-efecto entre acciones del proyecto y factores ambientales identificando los efectos ambientales más críticos, a partir de lo cual se pueden listar aquellos más significativos que son analizados y valorados aplicando un conjunto de indicadores de impacto (criterios tales como signo, duración, extensión, reversibilidad, fase de ocurrencia, otros).

Análisis del marco legal: su objetivo es identificar la normativa de referencia, la autoridad de aplicación y el procedimiento específico para evaluar el proyecto en cuestión.

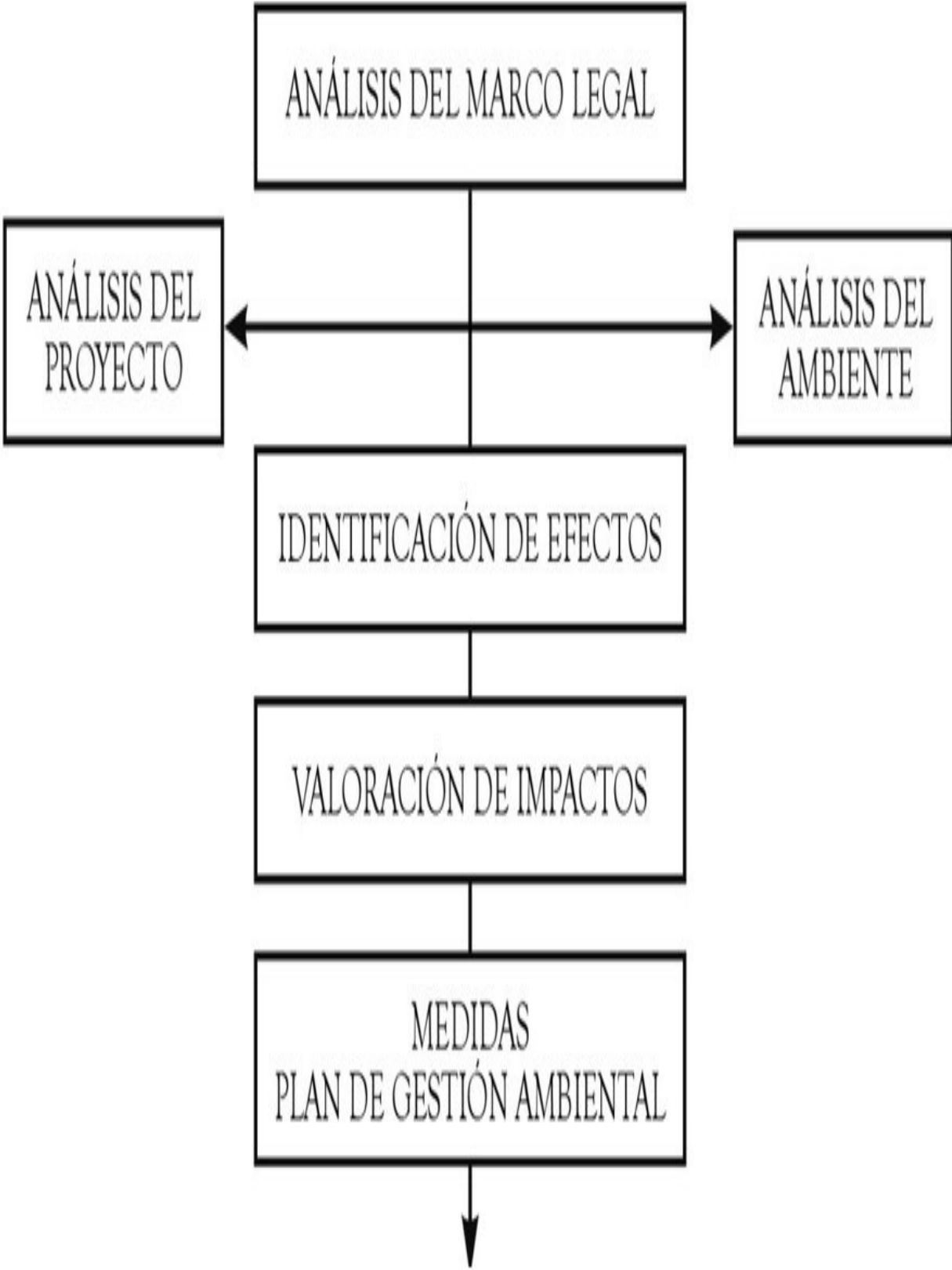


Figura 4. Flujo metodológico de un EsIAS

Fuente: elaboración propia.

Análisis del proyecto: tiene como objeto proporcionar la información técnica que permita proceder a la identificación de las acciones que podrían generar impactos ambientales a lo largo de la vida útil de un proyecto, desde la instancia de su post-diseño hasta el de su desmantelamiento. Este análisis se efectúa considerando el proyecto desde su interacción recíproca con el ambiente en el que se insertará. Incluye:

Descripción general

- Ubicación geográfica, área de influencia y proyección territorial
- Demandas para satisfacer
- Justificación y beneficios
- Alternativas consideradas
- Magnitud económica
- Marco regulatorio

Descripción detallada

Síntesis de acciones

Análisis del ambiente: su objetivo es recolectar y sintetizar toda la información disponible sobre el ambiente en el que se insertará el proyecto, tanto del subsistema natural (medio físico y biológico) como del socio-económico-cultural (infraestructura, social, economía), así como sus interacciones ecológicas o

ambientales claves, en las escalas espaciales y temporales correspondientes a cada factor ambiental (Tabla 1).

Tabla 1. Factores y procesos ambientales.

FACTOR AMBIENTAL	VARIABLES Y PROCESOS
	I. SISTEMA NATURAL
Clima	Temperatura, precipitación, humedad, vientos, cla
Aire	Material particulado (PPM, μm), contaminantes ((
Ruido y vibraciones	Nivel de presión sonora (dB, Hz, RMS), período (
Geología Geomorfología	Morfología, litología, estratigrafía, erosión, estabi
Recursos hídricos	Caudal, red de drenaje, isohietas, cuerpos de agua
Suelos	Textura, estructura, aptitud, salinización, contenid
Vegetación	Especie, distribución, diversidad, composición flo
Fauna	Especie, comunidad, abundancia, importancia eco
Paisaje	Fragilidad, estructura ecológica, calidad, visibilidad
	II. SISTEMA ANTRÓPICO
Población	Densidad, distribución, localización, estructura et
Cultura	Valores, creencias, ritos, signos, patrimonio, estru
Economía sector primario	Agricultura, ganadería, minería, pesca, forestación
Economía sector secundario	Industria (manufacturera, química, mecánica), cor
Economía sector terciario	Servicios (tipo), transporte, comercio, administrac

Infraestructura	Caminos, vías férreas, vías navegables, electroduc
Ordenamiento territorial	Plan de ordenamiento, zonificación, densidad urb
Institucional	Organización (administrativa, política), jerarquía,

Fuente: Gaviño Novillo y Sarandón, 2000.

Identificación de efectos: constituye la esencia de la evaluación de impacto ambiental y social, pues se identifican los efectos del proyecto sobre el ambiente y del ambiente sobre el proyecto, empleando alguna de las siguientes metodologías.

Matrices de interacción

- Matriz de tipo Leopold
- Matrices hacia fuera (looking outward matrix)

Talleres

Tal vez una de las metodologías más usadas es la de matrices de interacción, propuesta por Leopold (1972). Su estructura es del siguiente tipo (Fig. 5):

Proceso:

- Se inspeccionan las columnas de la matriz original para seleccionar aquellas acciones sobre las cuales hay certidumbre de su manifestación.
- Para la matriz modificada y con el conocimiento de las características del proyecto se inspeccionan todas las columnas interrogando acerca de la manera como esa acción del proyecto afecta las características del ambiente.
- Recíprocamente se inspeccionan todas las filas, interrogando acerca de la influencia que tendrá esa característica del ambiente sobre el proyecto.
- Se incluye una cruz en las interacciones.

Figura 5. Estrategia usada para la identificación de efectos con la matriz de Leopold.

Fuente: Gaviño Novillo & Sarandón, 2000.

Las matrices hacia fuera cuentan con columnas en las cuales se incluyen temas representados por los especialistas del proyecto y en las filas especialistas temas ambientales (Fig. 6).

Proceso:

- Los especialistas en el proyecto manifestarán lo que ellos desean que les informen los expertos en caracterización del ambiente, y dicha solicitud se colocará en cada celda de la matriz que corresponda.
- Para llenar la otra mitad, los expertos en ambiente informan a los especialistas de proyecto sobre el área de su especialidad.
- Una vez que se ha completado la matriz, se dispone de una información cruzada de especialistas del proyecto - especialistas en ambiente, que sienta las bases para identificar efectos del proyecto sobre el medio y del medio sobre el proyecto.

Figura 6. Estrategia usada para la identificación de efectos con la matriz hacia afuera.

Fuente: Gaviño Novillo y Sarandón, 2000.

La realización de talleres de discusión entre especialistas permite preidentificar posibles consecuencias ambientales. De la discusión es posible elaborar un banco de efectos sin distinción si son primarios o secundarios, si se dan en uno o más procesos unitarios o si se repiten con otro nombre. Posteriormente, en un análisis más detallado es posible identificar:

Efectos primarios: aquellos que ocurren durante la ejecución de la acción unitaria.

Efectos secundarios: aquellos que ocurren una vez que se lleva a cabo la acción unitaria.

La síntesis se completa con un análisis de encadenamiento de efectos. Los

efectos físicos primarios que no generan por sí mismos efectos sobre los otros medios pueden considerarse terminales o finales; sin embargo, la mayoría de ellos son inductores de efectos sobre el medio biológico y socioeconómico. Se aprecia la existencia de efectos secundarios físicos, biológicos sociales y económicos, predominando los dos primeros. Los efectos terminales o finales de la cadena se presentan sobre cualquiera de los medios, pero resultan teóricamente más variados y abundantes los de naturaleza socioeconómica. Por vía de excepción también se eliminan aquellos que a priori pueden tener poca relevancia.

Una vez completada la identificación de los efectos, es necesario efectuar una síntesis, selección e integración de ellos de manera de reducir su número a los estrictamente necesarios, dado que muchos son esencialmente semejantes. Este grupo de efectos de síntesis serán objeto de una evaluación en tanto impactos ambientales.

Valoración de impactos: Corresponde a la instancia en la cual se procede a efectuar un juicio de valor sobre los cambios netos (positivos y negativos) ocasionados por los efectos seleccionados previamente sobre la calidad del ambiente o de alguno de sus componentes mediante diversos indicadores (magnitud, extensión y reversibilidad entre otros). En el siguiente punto se describen los métodos disponibles).

Medidas y Plan de Gestión Ambiental: Completada la valoración de los impactos ambientales, la siguiente instancia tiene como meta definir acciones y medidas para evitar, atenuar, controlar y/o compensar la afectación a la calidad ambiental, la salud, y particularmente el bienestar de la población involucrada en el caso de impactos ambientales negativos; mientras que en el caso de los impactos positivos las medidas están centradas en el realce o extensión de los beneficios del proyecto objeto de evaluación. Las medidas se organizan como parte de un Plan de Gestión Ambiental que orienta su ejecución en simultáneo con programas de monitoreo que analizan que los impactos medidos en el ambiente sean compatibles con aquellos previstos. Se acompaña de un programa de contingencias en el caso de acciones emergentes.

La Valoración de Impactos Ambientales (VIA/3D)

Introducción

La Valoración del Impacto Ambiental y Social (VIA) es sumamente variable, dependiendo del tipo de ambiente, el tipo de proyecto, el grado de desarrollo dentro del ciclo de preinversión, la disponibilidad de información y las opciones de toma de decisión posibles. A pesar de ello, existe un desarrollo metodológico relativamente generalizado que es adaptable para cada caso concreto.

De toda la gama de posibles metodologías, se presenta una selección de las más usadas y reconocidas: listas de chequeo, matrices, superposición de planos, índices, y métodos multicriterio. Hay que advertir que prácticamente en ningún caso se aplica una sola metodología, puesto que se pueden usar de manera complementaria y adaptada a las condiciones particulares de cada caso.

La predicción y valoración de los impactos involucra la proyección futura del escenario ambiental sin y con la acción la acción propuesta, en ambos casos se deben calcular los impactos y las consecuencias. Se requiere, por tanto, identificar métodos que cuantifiquen la magnitud de los impactos.

La selección del método de cuantificación depende de los datos disponibles o que puedan colectarse fácilmente. En general, se pueden hacer los siguientes comentarios:

Los métodos matriciales de uso muy corriente permiten comparaciones entre eventos aparentemente incomparables.

Los métodos de superposición de mapas son adecuados cuando el problema es elegir la localización ambiental más apropiada de un proyecto.

Los índices se centran en componentes específicos de calidad ambiental, elegidos por su relevancia para las alternativas del proyecto bajo consideración.

Los enfoques de modelaje se refieren a la estructuración de sistemas que permiten evaluar el comportamiento global frente al cambio de determinadas variables específicas.

De acuerdo con Munn, cada método cuenta con diversas ventajas, las cuales pueden resumirse en:

Identificación: es la capacidad que tiene un método para identificar efectos ambientales.

Predicción: las predicciones se basan sobre modelos conceptuales del funcionamiento del sistema. Cuando el problema está bien formulado y no es complejo, se pueden usar métodos científicos que brindan predicciones útiles particularmente en las disciplinas biogeofísicas. Por ejemplo, predicciones de la concentración de contaminantes atmosféricos en el aire. Cuando se trata de predecir el comportamiento de variables cuantitativas los métodos son difíciles de validar. En la mayoría de los casos se limitan a informar sobre situaciones de degradación, cambio o mejoramiento de la calidad ambiental.

Interpretación: se refiere a la capacidad para determinar la importancia de cada impacto.

Comunicación: se refiere a la capacidad de transmitir los resultados de la evaluación al público, a los decisores, a los productores, etc. Es virtualmente cierto que algunas personas o grupos económicos promoverán un proyecto, pero también es cierto que otras personas o grupos sociales se opondrán.

Vigilancia y control: la vigilancia y control debe incluir exámenes periódicos de equipos y regulaciones de seguridad, requiriendo recomendaciones para programas de seguimiento. Los procedimientos de vigilancia y control en la mayoría de los casos se derivan de las predicciones de efectos e impactos que se hayan efectuado. Por ej.: un modelo de contaminación del aire suministrará una guía para la localización de una estación de monitoreo.

Considerando que los impactos ambientales implican un juicio de valor sobre un efecto ambiental, deben definirse los criterios que permitan dicha tarea de valoración. Por ejemplo mediante el análisis de ciertas características, el empleo de variables o indicadores de impacto. Estas variables deben someterse a un filtro que consiste en analizar su capacidad para evaluar el cambio neto positivo o negativo que ocurrirá como consecuencia de la ejecución del proyecto. Su capacidad predictiva debe satisfacer los criterios de evaluación de: intensidad, extensión, duración, riesgo, irreversibilidad.

Metodologías de valoración de impactos ambientales (VIA)

Listas de chequeo o verificación

Este método consiste en aplicar una serie de listas exhaustivas de los efectos ambientales e indicadores de impacto, con la finalidad de estimular al analista a reflexionar de una manera amplia sobre las posibles consecuencias de ciertas acciones alternativas. En otras palabras, no existe en la práctica ningún nivel de cuantificación o de evaluación ponderada de la importancia de los diferentes efectos, sino más bien da una idea del posible espectro de los impactos potenciales. Junto con la gran simplicidad y factibilidad de construcción, existen debilidades inevitables que pueden llevar a un analista a ignorar factores que por una razón u otra no aparecen en su lista de chequeo.

Su uso permite identificar y caracterizar impactos ambientales y sociales en los procesos de EIAS. Una lista de verificación exige al evaluador la consideración de un grupo de actividades normalizadas o efectos para cada acción propuesta, brindando de esta manera uniformidad al proceso de evaluación. Las listas de verificación pueden usarse para determinar si es necesario realizar una EsIAS detallada para un proyecto en particular o si puede dictaminarse que no existen impactos significativos.

Matrices

El método de las matrices es similar al anterior, solo que emplea una lista de alternativas de acciones humanas (columnas) junto con otra lista de factores y procesos ambientales (filas) que conforman una matriz que se utiliza para identificar (hasta un cierto límite) posibles relaciones de causa y efecto. Si bien existen variaciones de los métodos de matrices que permiten incorporar la relación causa-condición-efecto, a través de la identificación de efectos acumulativos o indirectos, la capacidad de este método de lograr un cierto grado de proyección hacia el futuro es sumamente limitado. Por otra parte, es muy frecuente que en la incorporación de diferentes acciones y características en la matriz tengan diferente grado o nivel de resolución: algunas son muy específicas y otras muy generales. Por último, entre las varias limitaciones de este método se indica el cierto grado de discrecionalidad en la identificación de las posibles interacciones una vez que la matriz ha sido completada. Desde luego que alguna de estas desventajas se ven compensadas por ventajas como la facilidad de su construcción, la gran difusión del método, la promoción de la comunicación entre disciplinas y la poca exigencia que tiene sobre la cantidad de información necesaria.

Matriz de Leopold y colaboradores

Consiste en una matriz de 100 columnas que representan ejemplos de acciones causantes de efectos potenciales y 88 filas que representan componentes y factores ambientales (Leopold et al., 1971). Como primer paso se eligen las columnas que corresponden a la naturaleza de la acción propuesta. Luego, para cada columna se examinan las celdas correspondientes a efectos ambientales. Se incluyen dos calificaciones en cada celda (en una escala de 1 a 10) separadas por una barra (/); la primera calificación representa la magnitud de un posible impacto, mientras que la segunda calificación representa la importancia del posible impacto. Los efectos beneficiosos se indican con un signo de más (+). De acuerdo con Munn:

La Magnitud: según un número de 1 a 10, donde 10 corresponde a la alteración máxima provocada en el factor ambiental considerado y 1 a la mínima.

La Importancia: brinda el peso relativo que el factor ambiental considerado tiene

dentro del proyecto, o la posibilidad de que se presenten alteraciones.

Para evaluar un proyecto siguiendo la matriz de Leopold, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Evaluar la magnitud global de la obra propuesta, esto implica «definir el área por evaluar».
2. Escoger las acciones que son propias del proyecto.
3. Escoger los factores ambientales que se estima van a ser afectados.
4. Reconstruir la matriz con las filas y columnas seleccionadas.
5. Evaluar la magnitud e importancia en todas las celdas.

Se adjunta un ejemplo de una matriz de impactos ambientales del caso real de una explotación forestal en el ámbito de la Patagonia andina que incluye una selección de actividades del proyecto y variables ambientales a ser consideradas a nivel de prefactibilidad (Tabla 2).

Tabla 2. Matriz de Leopold aplicada a un proyecto de forestación industrial en la Patagonia andina.

Fuente: Adaptado de Gayoso e Iroume, 1993.

Matriz de la Comisión Internacional de Grandes Presas

De acuerdo con CIFCA (1977) la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD) desarrolló una matriz en línea de Leopold modificada para adaptarla al caso concreto de obras hidráulicas. Se estructuró un conjunto de filas que recogen los distintos objetivos para los que puede construirse una presa y un conjunto de columnas en los que figuran los distintos factores del ambiente: tierra, agua, atmósfera, flora y fauna, subdivididas a su vez en componentes o aspectos parciales de esos sectores.

En cada celda se inscriben con iniciales o números los distintos grados de afección que el objetivo produce sobre el componente. Los grados de afección se agrupan en los siguientes conceptos.

Impactos: Beneficios o Perjudicial (B,D)

Certidumbre: Ciertos, Probables, Desconocidos (C,P,M)

Grado: Menor, Medio, Mayor (1,2,3)

Duración: Temporal, Permanente (T,P)

Tiempo: Inmediato, Mediano Plazo, Largo Plazo (i, m, l)

Acción: Proyectada: Sí, No (Y, N)

Superposición de mapas

a. Superposición visual

Es una técnica que siempre ha sido útil para identificar áreas de alta sensibilidad ambiental. El área de estudio se divide en unidades geográficas específicas y dentro de cada unidad el analista recaba información sobre factores ambientales e intereses sociales. La técnica conlleva cartografía separada de varias características ambientales críticas, por ej.: humedales, laderas, suelos, llanuras, afloramientos rocosos, hábitats de fauna silvestre, zonificaciones, comunidades vegetales y recursos culturales, en la misma escala del plan de localización del proyecto. Las características ambientales se dibujan en filmas transparentes de diferentes colores.

Se ha establecido en diez el número máximo de mapas que se pueden considerar por medio de superposiciones que permitan evaluar visualmente, según la mejor combinación que pueda identificarse, la aptitud para diferentes usos de la tierra, la compatibilidad de las acciones del proyecto y la factibilidad de los proyectos de ingeniería. Los diferentes mapas ambientales, además, pueden superponerse con la traza de un proyecto (líneas de alta tensión, ferrocarriles, canales, caminos, oleoductos) para mostrar las áreas de mayor sensibilidad ambiental.

b. Superposición mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Las características ambientales son volcadas en mapas temáticos que se digitalizan y se archivan en la base de datos del SIG para combinarse y producir presentaciones generadas por computadoras de una o más características ambientales en un área geográfica específica como combinación de los mapas individuales. Si la cartografía del SIG se lleva a cabo sistemáticamente, la información adquirida sobre el proyecto específico puede combinarse y la base de datos del SIG se hace más detallada según pasa el tiempo.

La identificación espacial de los impactos ambientales es muy completa, aunque la valoración de la magnitud es dependiente de otras fuentes de información. La comunicación es simple, ya que ubica con claridad los impactos; es adecuada para su vigilancia y control, aunque no identifica los impactos secundarios ni indirectos. Un ejemplo al respecto corresponde a la definición de la traza de un

canal para un proyecto de riego en un sector donde puede verse la interferencia con aspectos sensibles como la vegetación arbustiva (Fig. 7). Si bien la topografía y la optimización del proyecto y el volumen del suelo a remover muestran un nivel de optimización, la traza afecta vegetación altamente sensible que es patrimonio natural.

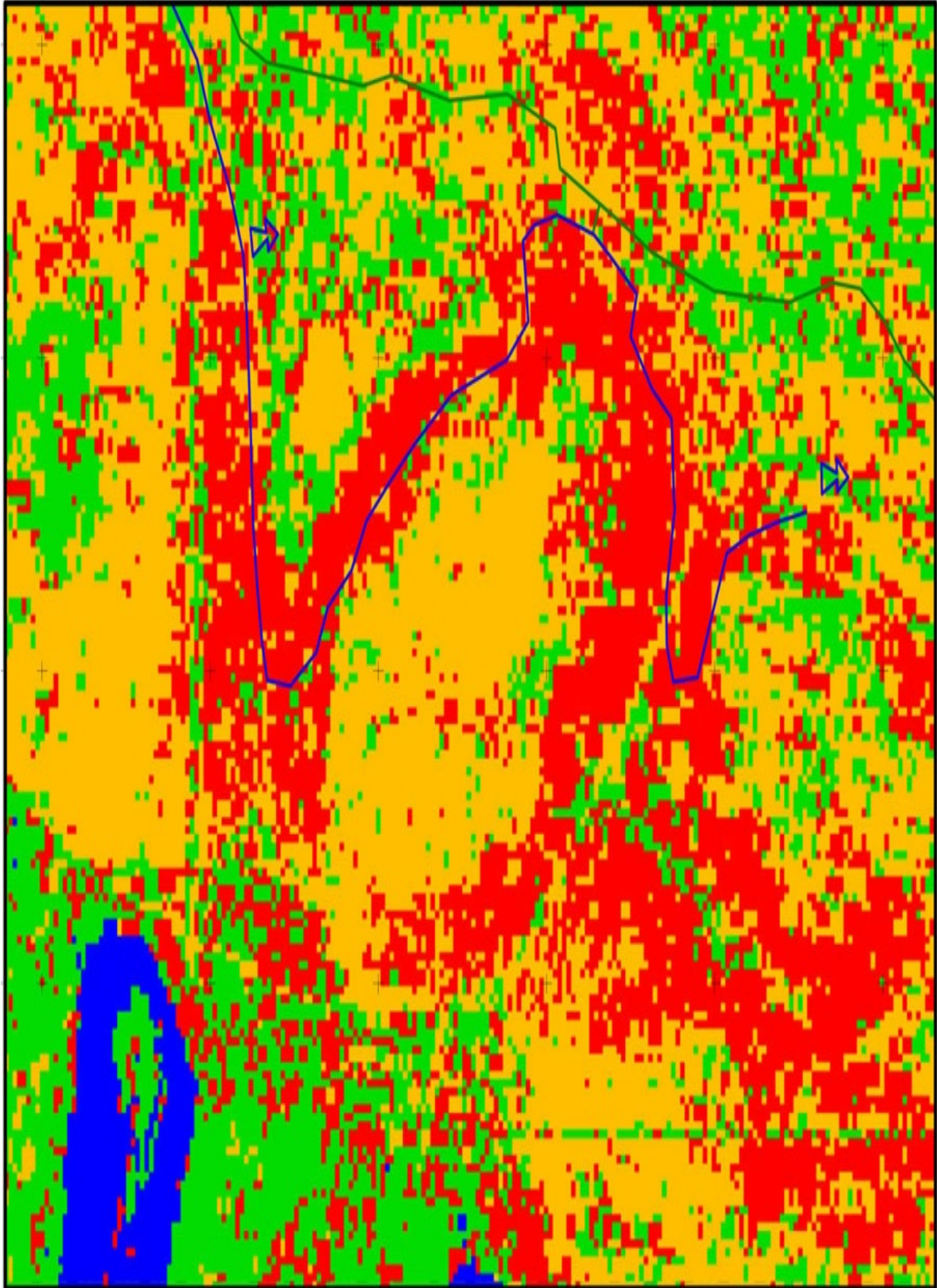


Figura 7. Proyecto de canal de riego que afecta vegetación sensible como resultado de la superposición de la traza del canal y la clasificación de la vegetación.

Fuente: Gaviño Novillo, 2008.

Índices

Es un método que selecciona características específicas o integradas de factores ambientales o recursos con objeto de representar parámetros de amplitud de medios o recursos por medio de índices que son referidos a información numérica o catalogada. Se han desarrollado como una medida de la vulnerabilidad del ambiente y los recursos frente a los impactos, habiendo probado su utilidad en la comparación de localizaciones para una actividad propuesta. Sobre estas bases, pueden ser formuladas las medidas para minimizar los impactos ambientales e incluir controles.

a. Metodología Batelle: es una metodología cuali-cuantitativa desarrollada por Dueck en el Laboratorio Batelle Columbus que identifica 4 grandes categorías de impactos ambientales:

Ecología

Contaminación ambiental

Aspectos estéticos

Aspectos de intereses humanos

Distribuye una cantidad total de la calidad relativa del ambiente en 100 unidades

de calidad ambiental (en cada categoría ambiental). Cada atributo de calidad tiene un índice de calidad ambiental que es producto de la calidad entre el valor numérico del atributo y la calidad del ambiente. Con los datos numéricos obtenidos para cada atributo y curvas preestablecidas se calculan los índices que se multiplican por el peso de las unidades ambientales del parámetro.

b. Métodos de evaluación de hábitat: este método indica la calidad existente de varios hábitats en base a una normalización y derivación de un grupo de métodos de evaluación de hábitats que asignan ciertos valores (que podrían ser binarios, incrementales o continuos) a ciertas condiciones ambientales.

c. Índices ecológicos: la generación de índices derivados de datos detallados puede facilitar comparaciones entre los ambientes existentes y, en ciertos casos, puede usarse para comparar las condiciones antes y después de un proyecto. Un índice ecológico de uso común en la supervisión y evaluación ambiental es el índice de diversidad Shannon-Wiener que se usa principalmente para describir la diversidad taxonómica de las comunidades ecológicas.

d. Criterios relevantes integrados: considera que cada efecto identificado se debe describir según los siguientes criterios:

Carácter: referencia la consideración positiva o negativa respecto al estado previo de la ejecución de cada actividad del proyecto.

(In) Magnitud: grado de intensidad del efecto producido, cuantificación del impacto.

(Ex) Influencia espacial o extensión: es la superficie afectada por la acción.

(Du) Duración: describe si la perturbación se mantiene por un corto o largo plazo.

(Ir) Irreversibilidad: es la que toma en cuenta la posibilidad, dificultad o imposibilidad de retornar a la situación original.

(R) Riesgo: es la que toma en cuenta la posibilidad de que ocurra el impacto durante la vida útil del proyecto.

La relación entre los índices es la siguiente:

$$Mg = (In \times 0,50) + (Ex \times 0,30) + (Du \times 0,20)$$

$$VIA = (Mg \times 0,60) + (Ir \times 0,25) + (R \times 0,15)$$

Una vez evaluados, los impactos pueden ser jerarquizados según su criticidad, seleccionando aquellos con mayor valor VIA para aplicación de medidas o para la selección de parámetros y procedimientos de monitoreo ambiental.

Tabla 3. Correspondencia entre valor VIA y la criticidad.

VIA	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C	BAJA		MEDIA			ALTA		MUY ALTA	

Una vez evaluado o cuantificado el impacto se analizará la viabilidad de un proyecto basándose en el conocimiento del medio y la potencialidad en ocasionar desequilibrios al ambiente. En ese caso, de ser necesario se recomendará algún cambio (ubicación, tecnología, dimensiones, características) o medida que lo haga factible.

Modelos

Los modelos, tanto de carácter analítico como los de simulación matemática, cubren gamas sumamente variadas, desde los muy simples, de carácter cualitativo, hasta los sumamente complejos y detallados, generalmente procesados en computadoras. Entre los enfoques de modelaje se citan: modelación matemática (determinística o estocástica) o descriptivos/regresivos (estadísticas multivariadas).

a. Métodos matemáticos: las principales relaciones de causa y efecto de una acción propuesta se describen en términos de funciones matemáticas y se combinan para producir un modelo matemático capaz de predecir condiciones ambientales futuras del funcionamiento de un proyecto.

b. Métodos estadísticos multivariados: están basados en la cuantificación de atributos claves que se definen como criterios de decisión para el proyecto para luego proceder a un análisis multicriterio. Se han desarrollado numerosos métodos para abordar este tipo de problemas, entre los más comunes están el de ponderación simple y la técnica ELECTRE (en sus distintas modalidades).

Medidas de prevención, mitigación, control y compensación de impactos ambientales

El objetivo básico de una Evaluación de Impacto Ambiental y Social es la prevención, corrección, mitigación o compensación de los posibles impactos que podrían ocurrir a causa de un proyecto; por medio de la identificación, estudio y recomendación de medidas.

Frecuentemente el primer paso consiste en efectuar una preselección o banco de medidas durante la ejecución de un taller, donde participan numerosos especialistas con diferencias disciplinarias y lenguaje técnico. Resulta un sinnúmero de proposiciones, algunas poco prácticas o poco económicas; y, en consecuencia, es necesario reagrupar y redefinir el universo de medidas identificadas.

En las evaluaciones de impacto ambiental cada medida se describe siguiendo en lo posible la guía de contenido que se da a continuación:

- a) Catalogación de la medida según su carácter preventivo, mitigante, correctivo o compensatorio. Es importante para decidir la oportunidad de su aplicación, pues una medida preventiva tiene prelación sobre una mitigante. Por otra parte, es frecuente que las medidas de alto costo se recomienden como correctivas, esto evidentemente deberá estar ligado a bajas probabilidades de ocurrencia.
- b) Catalogación de la medida como alternativa, complementaria o única. El primer caso señala que una medida puede ser sustituida por otra manteniendo su efectividad, por lo cual se seleccionan aquellas que sean más aplicables en cada caso o tengan menor costo. La identificación de una medida única le da un carácter obligatorio para prevenir, mitigar o corregir un impacto.
- c) Definición de la duración de la medida. Se define si es permanente o temporal tanto en lo que se refiere a su ejecución como a su efectividad.
- d) Definición de la oportunidad de aplicación, sea en la fase de proyecto, construcción u operación. Algunas medidas se aplican en diferentes fases y otras, aunque se refieran a una sola fase, exigen una descripción detallada de las etapas.
- e) Definición de la medida según su carácter local o general. Algunas medidas pueden ser aplicadas a una parte o a la totalidad de un proyecto (tramos), otras tienen ubicaciones muy específicas (puntuales), y otras, por sus dimensiones

pueden ser de carácter local, aunque beneficien eventualmente a una gran área.

f) Asignación del ente o de los entes responsables para su cumplimiento. Evidentemente, debe especificarse quien es encargado de implementar y costear la implementación de la medida.

g) Descripción de la medida, lo más completa posible, incluyendo sus características pudiéndose agregar los siguientes aspectos:

- Dibujos y esquemas de la medida con señalamiento de dimensiones.
- Indicación de los lugares donde debe ser aplicada, unidades, paisajes u otras formas de representación de las condiciones físico-naturales o socioeconómicas que la describan.
- Cálculo o estimaciones de las dimensiones promedio, cuando se trata de infraestructuras. Es bueno señalar que para ciertos estudios ambientales la escala de trabajo no permite un adecuado predimensionamiento de obras. De aquí se deriva la importancia que dentro de los alcances de la ingeniería de detalle se incluya la ingeniería ambiental. Frecuentemente esto tiende a olvidarse, causando no solo problemas ecológicos, sino también el retorno de estos sobre el proyecto, originando pérdidas económicas o sobrecostos en la operación.
- Cálculo o estimaciones de costo, según nivel de profundidad del estudio.
- Especificaciones necesarias sobre cómo ejecutar una medida. En algunos casos se hacen citas o copias de la normativa existente o se incluyen descripciones detalladas.
- Señalar los fundamentos que sustentan la medida, es decir la viabilidad desde los puntos de vista: técnico, legal, económico o sociopolítico.
- Señalar expresamente, cuando ello corresponda, la conveniencia de la implementación de una medida, aunque no mitigue, controle o prevenga el efecto que se analiza, por lo cual la medida resulta pertinente en un lugar o situación determinada.
- Señalamiento expreso, cuando ello aplique, se plantea una medida para una situación particular o específica.

Todos estos elementos pueden ser volcados en Fichas para cada medida a modo de resumen (Tabla 4).

Tabla 4. Esquema general de una ficha de una medida.

PROYECTO:	CARÁCTER: Preventiva Mitigación Corrección Compensación	CODIGO
NOMBRE DE LA MEDIDA		
ACCION	FACTOR AMBIENTAL	
NATURALEZA Alternativa Complementaria Unica	FACTIBILIDAD Técnica Legal Económica Social	
DESCRIPCIÓN:		
IMPACTOS QUE MITIGA:		
SEGUIMIENTO Y CONTROL Momento de control: Responsable:	UBICACIÓN ESPACIAL:	
ESPECIFICACIÓN DE LA MEDIDA: (esquema)		
OBSERVACIONES:		
RECOMENDACIONES		

Plan de Gestión Ambiental

La etapa final del Estudio de Impacto Ambiental y Social (EsIAS) tiene por objeto organizar la estrategia de gestión ambiental del proyecto a fin de asegurar la adecuada implementación de las medidas, el monitoreo de las variables ambientales que caracterizan la calidad del ambiente y la respuesta frente a contingencias. El EsIAS predice consecuencias ambientales, pero el seguimiento o monitoreo del estado del sistema ambiental antes, durante y al finalizar una acción o conjunto de ellas permite asegurar el cumplimiento o mejora de la calidad ambiental en los hechos.

El Plan de Gestión Ambiental (PGA) suele ser una exigencia formal en los procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental y Social (EIAS) y, en consecuencia, uno de los capítulos del Informe o EsIAS. Tiene por objeto:

Garantizar la puesta en práctica de las recomendaciones del EsIAS.

Evaluar la efectividad de las recomendaciones.

Detectar las situaciones no previstas.

El PGA suele ser un elemento decisivo para la aprobación del EsIAS y la consecuente autorización para la ejecución del proyecto, pasando a formar parte del proyecto mismo (Fig. 8).



Proyecto sin sujeción
a una EIAS



Proyecto sujeto a una
EIAS

Figura 8. Integración solidaria del proyecto con las medidas y el PGA como resultado del EsIAS.

Fuente: elaboración propia.

Más aún, la inspección del proyecto por parte de las autoridades ambientales, ya sea durante la etapa de obra o de operación, se basa en el cumplimiento de las especificaciones incluidas en el proyecto y el PGA de manera indisoluble. Tal es así que los pliegos establecen Especificaciones Técnicas Ambientales (ETAs) que son vinculantes en el momento de la certificación de trabajos en una obra.

Este PGA suele incluir, aunque con distintas denominaciones, al menos los siguientes programas:

Programa de seguimiento y control (PSC).

Programa de monitoreo ambiental (PMA)

Programa de contingencias ambientales (PCA)

Eventualmente pueden ser necesarios otros programas como de fortalecimiento institucional, comunicación pública y la educación ambiental. Esto dependerá de la naturaleza del proyecto, especialmente de su alcance.

Programa de seguimiento y control (PSC): su objetivo es asegurar la ejecución de las medidas y la prevención, mitigación, corrección o compensación de los impactos ambientales previstos o detectados durante la implementación del proyecto. Debe ser planificado (incluye objetivos, tareas, resultados esperados y acciones frente a ciertos resultados); organizado (quién y cómo lo aplica) y específico (definiendo detalles de sus actividades sobre la base de las medidas de

mitigación elaboradas: qué controlar, quién lo hace, dónde y cuándo). Se deberá indicar, además, la fuente de financiación para su aplicación.

Programa de monitoreo ambiental (PMA): tiene por objeto detectar la ocurrencia del impacto ambiental de una determinada acción y estimar su magnitud en los hechos. Esto ayuda a disminuir la incertidumbre sobre los proyectos y colaborar con la toma de decisión. Incluye muestreos de información ecológica o ambiental, ordenada espacial y temporalmente, seguidos de un análisis e interpretación durante la toma de decisiones. Un buen PMA debe tener objetivos claros, basarse en un diseño muestral adecuado, usar procedimientos estadísticos estandarizados y ser realista en tiempo, costo y limitaciones técnicas para su implementación. Si son a largo plazo requieren por lo general una estructura institucional organizada, recursos humanos y económicos que aseguren la toma, análisis, interpretación y eventual publicación de resultados. Debe ser planificado, organizado y específico (qué medir, cómo, dónde y cuándo).

Programa de contingencias ambientales (PCA): especifica el comportamiento frente a eventos extraordinarios que alteren el cronograma de actividades. Debe incluir: identificación de eventos, probabilidad de ocurrencia y plan de acción (qué hacer, responsables, urgencias, etc.)

Programa de fortalecimiento institucional (PFI): debe especificar las tareas de capacitación, reorganización o preparación de las instituciones responsables de la aplicación o control del PGA (o en algunos de los programas). En proyectos importantes pueden crearse unidades o subunidades de gestión ambiental del proyecto.

Programa de comunicación y educación (PCE): especifica la modalidad y los instrumentos para comunicar al público los objetivos del proyecto y los resultados del EsIAS, especialmente la información referida a la mitigación de los impactos ambientales.

Conclusiones

En el marco de la Evaluación Ambiental y Social como herramienta de gestión, el rol del perito ambiental abarca múltiples dimensiones a lo largo de la aplicación de la herramienta: el procedimiento (EIAS), el estudio (EsIAS) o las metodologías de valoración (VIA). Este rol a su vez puede darse desde diversos frentes de la actividad profesional, sea tanto como un perito oficial o como un perito de parte.

Desde el rol del perito ambiental a escala del procedimiento EIAS, el rol puede centrarse en la tarea de auditoría de cumplimiento de los marcos normativos que rigen los diversos pasos establecidos por las leyes y reglamentos. Tiempos cumplidos, actores convocados, calidad del proceso, continuidad de las acciones y precisión en los resultados obtenidos, los cuales son parte de los campos de trabajo. En cuanto a la dimensión del EsIAS, el peritaje puede concentrarse en el cumplimiento de todos y cada uno de los elementos que forman parte del informe, el adecuado equilibrio entre las partes, la amplitud de los temas que permiten adoptar posteriormente decisiones. Es central, en estos casos, por ejemplo, determinar la calidad del análisis del ambiente o línea de base ambiental, la toma de los datos, calidad de las muestras, análisis de los resultados y verificación de los errores entre otros. Ya en la dimensión de la valoración VIA, es claro el rol técnico del perito al analizar la verosimilitud de los resultados de la valoración de los impactos, sin sobre o subdimensionar la verdadera dimensión de los cambios en la calidad ambiental a lo largo del tiempo y del espacio.

Análogamente, el rol del perito de parte puede desempeñar tareas en procesos como determinar las responsabilidades frente a contingencias ambientales que puedan derivar en procesos judiciales.

En este campo también, más allá de los procesos administrativos en los cuales actúa el perito, hay instancias en las cuales el campo de trabajo se extiende al ámbito judicial, desempeñando un rol en la determinación de las consecuencias ambientales de un proyecto.

Como surge de los anteriores ejemplos, estas herramientas se complementan con otras dimensiones de la formación del perito que son abordadas en el marco del curso, para el cual este documento contribuye como un punto de partida para que el futuro perito ambiental pueda posteriormente bucear en la bibliografía específica de este documento o de otros documentos, y sirva para orientar la lectura específica de temas que sean objeto de la intervención del perito ambiental.

Referencias bibliográficas

Banco Mundial. (1991). Libro de consulta de evaluación ambiental. Vol. I y II. Departamento de Medio Ambiente, Trabajo Técnico N°. 139. Washington.

Brundtland, O. (1988). Nuestro futuro común. Alianza Editorial.

Canter, L. (1996). Environmental impact assessment. Second Edition. New York: Irwin McGraw Hill.

CEPAL/ILPES/PNUMA. (1986). La dimensión ambiental en la planificación del desarrollo. Tomo 1. Buenos Aires: Grupo Editor Latinoamericano.

Conesa Fernández Vitora, V. (1997). Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental. 3ª. Edición, España: Ed. Mundi-Prensa.

Gaviño Novillo, J. M.; Sarandón, R. (1997). Apuntes del Curso de Evaluación de estudios de Impacto Ambiental. Estudio E3. Inédito.

Gaviño Novillo, J. M.; Sarandón, R. (2000). Manual de Evaluación Impacto Ambiental. AIDIS-EDUCTRADE.

Gaviño Novillo, J. M. (Edit). (2008). Aprovechamiento integral multipropósito Salto Andersen - Bajo de los Baguales, Informe Final, Provincia de La Pampa, Consultora de la Universidad Nacional de La Pampa, Convenio UNLPam-CFI.

Gayoso, J., Iroume, A. (1993). Evaluación de impacto ambiental de un proyecto forestal, Valdivia, Chile, Inédito. En: Apuntes del II Curso Latinoamericano de

Impacto Ambiental, FLACAM, La Plata, 1994.

Morris, P. and R. Therivel (Ed.). (1995). *Methods of Environmental Impact Assessment*. UCL Press Ltd., London.

Munn, R. E. (Ed.). (1975). *Environmental Impact Assessment: Principles and Procedures*. SCOPE N°. 5. UNESCO.

Wathern, P. (Ed.). (1990). *Environmental Impact Assessment. Theory and Practice*. Routledge, London, England.

Weitzenfeld, H. (Ed.). (1996). *Manual básico sobre evaluación del impacto en el ambiente y la salud de proyectos de desarrollo*. 2da. edición, Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Organización Panamericana de la Salud.

ANEXO: Contenido de un Estudio de Impacto Ambiental y Social (EsIAS)

El contenido del EsIAS debe ajustarse a la normativa ambiental vigente y debe ser conciso y orientado a los principales problemas. El texto debe concentrarse en los resultados, conclusiones y recomendaciones elaboradas, anexando toda aquella información recopilada, trabajos de campo, estudios especiales, etc. que permita la interpretación del texto del EsIAS. Deberá incluirse un listado con las referencias bibliográficas, documentos consultados, expertos entrevistados, reuniones institucionales y con los grupos locales y ONG.

El contenido incluye:

Resumen Ejecutivo: de no más de 20 páginas, debe incluir los objetivos del proyecto, una breve descripción del área de influencia, los impactos ambientales identificados y sus respectivas medidas de mitigación, así como un esquema del Plan de Gestión Ambiental (PGA).

Introducción: se describen los objetivos y alcances del EsIAS, incluyendo una referencia a la normativa, al proyecto y al ambiente en que se desarrolla el estudio de impacto ambiental y social.

Marco político, legal y administrativo: deberá desarrollarse el marco normativo nacional, provincial o municipal en el cual se realiza el EsIAS (leyes y resoluciones, autoridad de aplicación, etc.), e indicar su grado de cumplimiento. Se deberá incluir aquí toda normativa que afecte o condicione la realización del proyecto, por ejemplo, si existiera alguna ordenanza municipal que regule el uso del suelo o el ordenamiento territorial en el área de afectación directa del proyecto. Igualmente deberán señalarse las autorizaciones de las administraciones respectivas que deban intervenir en el proyecto según su naturaleza.

Descripción del proyecto: deberá incluir una síntesis del proyecto en su contexto geográfico, social y económico, incluyendo la identificación de sus componentes y ubicación relativa, ya sean permanentes o temporarios (i.e., caminos de acceso, obradores, sitios de acopio, conexiones a redes de agua, gas, etc.), durante las fases de preparación, construcción, operación y cierre o desmantelamiento. Es importante indicar los objetivos y motivaciones del proyecto, los beneficiarios directos e indirectos, la magnitud, la demanda de recursos, la generación de residuos, efluentes o ruido y si existen otros proyectos en el área de influencia (más amplia que el área de afectación directa). Deberán incluirse mapas o croquis de localización geográfica de todas las alternativas disponibles. Deberán identificarse otros proyectos de importancia en la región o área de influencia.

Análisis del ambiente: deberá incluir un análisis sintético de las características del medio físico, biótico y socioeconómico en el área de influencia y de afectación directa del proyecto. La profundidad del análisis deberá relacionarse con los impactos ambientales potenciales del proyecto en cuestión. Deberá elaborarse una síntesis diagnóstica que incluya la identificación de áreas ambientales homogéneas, y la identificación y mapeo de los sitios de importancia para la conservación ecológica, las áreas de fragilidad y los sitios de patrimonio natural y cultural (histórico, arqueológico, arquitectónico, etc.). Del mismo modo, se identificarán y valorarán los peligros naturales en la región o área de influencia del proyecto. Se incluirá una descripción de las actividades actuales en el área de influencia, del estado de conservación y de la tendencia natural o espontánea del estado del ambiente a mediano plazo (5 a 15 años) (sin el proyecto).

Identificación de efectos y valoración de impactos ambientales: se identificarán los cambios ocasionados por las distintas acciones del proyecto en cada una de sus fases (i.e., construcción, operación) y sus consecuencias ambientales (efectos o impactos ambientales) para el medio físico, biótico o socioeconómico. Se identificarán y eventualmente mapearán los impactos ambientales positivos y negativos, y se evaluarán según su magnitud, extensión y reversibilidad. Se identificarán y elaborarán las medidas tendientes a evitar, controlar o disminuir aquellos impactos ambientales negativos de importancia. Se identificarán aquellos impactos ambientales remanentes (que no pueden ser mitigados) y recomendaciones de gestión o compensación. Se identificarán los vacíos de información, las dudas o

imprecisiones relacionadas con las predicciones referidas a aquellos impactos de importancia.

Análisis de alternativas: en el caso de prefactibilidad se analizarán y compararán las alternativas de proyecto evaluando conceptualmente el estado y la calidad del ambiente sin proyecto (situación espontánea o natural) y con proyecto. Del mismo modo, se evaluarán eventuales alternativas de localización, de diseño, de procesos constructivos, etc. en términos de sus potenciales impactos ambientales, sus costos económicos y sus consecuencias sociales. Eventualmente se utilizarán métodos cuantitativos multicriterio para comparación de alternativas según distintos indicadores.

Plan de Gestión Ambiental: para la alternativa seleccionada se elaborará un Plan que organice las tareas tendientes a asegurar la ejecución de las medidas de mitigación, el seguimiento de la calidad ambiental y la respuesta frente a contingencias. El PGA contendrá indicaciones relativas a la gestión o gerenciamiento ambiental del proyecto durante la construcción, funcionamiento o cierre del este. El PGA deberá incluir los siguientes programas:

- **Programa de Monitoreo Ambiental (PMA):** indica las variables ambientales de significancia para ser monitoreadas durante las distintas fases del proyecto, con relación a los impactos y medidas de mitigación, así como especificaciones generales referidas a la toma de datos, análisis e interpretación de la información generada durante este.
- **Programa de Seguimiento y Control (PSC):** organiza las medidas de mitigación en cada fase del proyecto con relación a los impactos ambientales más significativos indicando qué, dónde, cuándo, cómo y quién es el responsable de la ejecución de modo tal de permitir el seguimiento y control de su ejecución.
- **Programa de Contingencias Ambientales (PCA):** identifica las contingencias o accidentes potenciales (i.e., incendios, crecidas extraordinarias, etc.), sus efectos ambientales y una estrategia para evitarlos y controlarlos. A tal fin se elaborará un programa que incluya la asignación

de funciones y responsabilidades, las actividades previstas y el equipamiento necesario para ejecutarlo.

Anexos

Lista de redactores del EsIAS: deberá incluirse el listado completo de los profesionales responsables de la elaboración del EsIAS, indicando las áreas de competencia y sus habilitaciones profesionales respectivas.

Referencias: deberán incluirse las citas bibliográficas de libros y publicaciones consultadas o utilizadas en el EsIAS, del mismo modo deberán listarse los materiales cartográficos, fotografías aéreas, imágenes satelitales, programas de computación, bibliotecas consultadas, centros de investigación o de referencia, sitios de Internet, investigadores o expertos consultados, personajes referentes locales, etc.

Estudios técnicos accesorios: el EsIAS debe sintetizar e interpretar la información en el contexto del procedimiento de evaluación ambiental, por lo que no es conveniente incluir datos básicos o estudios técnicos muy especializados. En caso de haber realizado estudios de cierta complejidad técnica (modelos, cálculos, simulaciones, análisis) así como datos obtenidos en trabajos de campo (datos climáticos, análisis de agua o suelo, listados de especies de la flora y fauna, estadísticas demográficas, etc.), estos deberán ser incluidos en este Anexo.

Documento Síntesis: se deberá presentar por separado, junto al informe de EsIAS, una síntesis de no más de 20 páginas escrito en lenguaje no técnico que incluya los objetivos del proyecto, una breve descripción del área de influencia, los impactos ambientales identificados y sus respectivas medidas de mitigación, así como un esquema del PGA y la lista de redactores. Este documento tiene por objeto dar una difusión amplia al EsIAS y ser utilizado eventualmente en las consultas públicas.

LÍNEAS DE BASE BIOLÓGICAS

Marco conceptual e indicadores básicos para su realización como una herramienta de protocolo en procesos de evaluación ambiental

■

Nicolás García Romero

Licenciado en Biología (UNLP), máster en Ecohidrología (UNLP). Actividad actual: director ejecutivo de Fundación Eco-Desarrollo, docente en Facultad de Ciencia Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. Responsable de la Dirección de Sustentabilidad, Cambio Climático y Ambiente del Ministerio de Agroindustria de la provincia de Buenos Aires, 2016. Responsable de la Dirección Provincial de Bioeconomía del Ministerio de Agroindustria de la provincia de Buenos Aires, 2017. Director provincial de Planificación Hídrica. Monitoreo y Alerta. Autoridad del Agua de la prov. Bs As. (ADA).

Contacto: ngr@ambienteytterritorio.com

Introducción

Al momento de abordar un incidente ambiental, un perito actúa dentro del esquema forense, releva información in situ y documentada de un evento que puede ocasionar derivaciones de índole civil y penal sobre un hecho que afecte al «ambiente», sea este natural, antrópico o la comunión entre ambos. También pueden coexistir estas situaciones con afectaciones a la salud humana o perjuicio a los bienes o activos, más allá de un menoscabo a los recursos naturales.

Todo peritaje se basa en datos y evaluación de «daños». Para poder cuantificar y cualificar dichos daños es fundamental poseer información certera, trazable y lo

más actualizada posible del bien o recursos naturales que han sido objeto del daño.

En ese contexto, la «línea de base» o relevamiento efectuado en las instancias iniciales de los estudios de factibilidad, ambientales o evaluaciones de riesgo, cobra una definitiva relevancia, a los fines de poder contrastar los efectos o consecuencias del evento o incidente ambiental a ser peritado, con la situación ex ante, antes del inicio del proyecto.

La posibilidad de efectuar este contraste y medir o cotejar los efectos constatados en el ambiente, respecto de la situación antes de desarrollar la actividad o proyecto, constituye la base fundamental de los estudios de impacto ambiental (EIAs), con la particularidad distintiva que los EIAs trabajan con criterio potencial de afectación Proyecto-Ambiente, y, por lo tanto, permiten diseñar medidas de gestión de los potenciales impactos y su seguimiento para su corrección ante desvíos. La utilización de las líneas de base como punto de partida es también la forma de diseñar los sistemas de gestión y de medición de desempeño de una actividad a lo largo del tiempo.

El caso de una acción directa, como es el de un daño ambiental, no posee la característica prospectiva de potencialidad, trabaja sobre hechos consumados y debe determinar afectaciones actuales y futuras, alcance territorial, daños económicos y sociales, responsabilidades y medidas de intervención y compensación en tiempo real.

Las líneas de base involucran tres dimensiones: física, biológica y social. Cada una de ellas posee definiciones de tratamiento que les son propias y distintivas.

En el caso particular de este capítulo, se pone el foco sobre la biocenosis, la biodiversidad y las relaciones entre los organismos, las relaciones entre ecosistemas y entre todos ellos con el medio físico.

Marco teórico

La línea base biológica comprende la descripción detallada de los atributos o

características de los organismos, del biotopo y las relaciones resultantes en un área cuya extensión dependerá de los alcances que fijen las necesidades de evaluación.

Es una herramienta descriptiva que permite definir las relaciones entre los componentes de los distintos ecosistemas, su vulnerabilidad y la identificación de los posibles indicadores que permitan monitorear el estado de conservación de los ecosistemas susceptibles de ser afectados, generando la información indispensable para evaluar la interacción que resultará de la acción antrópica sobre el sistema natural al momento del inicio de esta.

Conceptos integradores iniciales

Biodiversidad

Según el Convenio Internacional sobre la Diversidad Biológica, aprobado en Nairobi el 22 de mayo de 1992, el término biodiversidad significa:

... variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres, marinos y de otros ecosistemas acuáticos, así como los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre especies y de los ecosistemas, lo que corresponde a los 3 niveles jerárquicos fundamentales de la organización biológica.

Para comprender la naturaleza de la diversidad biológica es preciso tomar en cuenta las nociones de complejidad de las relaciones que se producen entre seres vivos y en los diferentes niveles de organización o jerarquías, ya sea a nivel de variabilidad genética dentro de una misma especie, a nivel de variabilidad de

especies animales y vegetales dentro de un sistema, y a nivel ecosistémico en términos de la variabilidad y diversidad de relaciones entre las especies de todo tipo a nivel de conjunto.

Según se ve en la Figura 1, el nivel de análisis depende del objetivo que se busque, ya que el sistema posee una amplitud que lo permite.

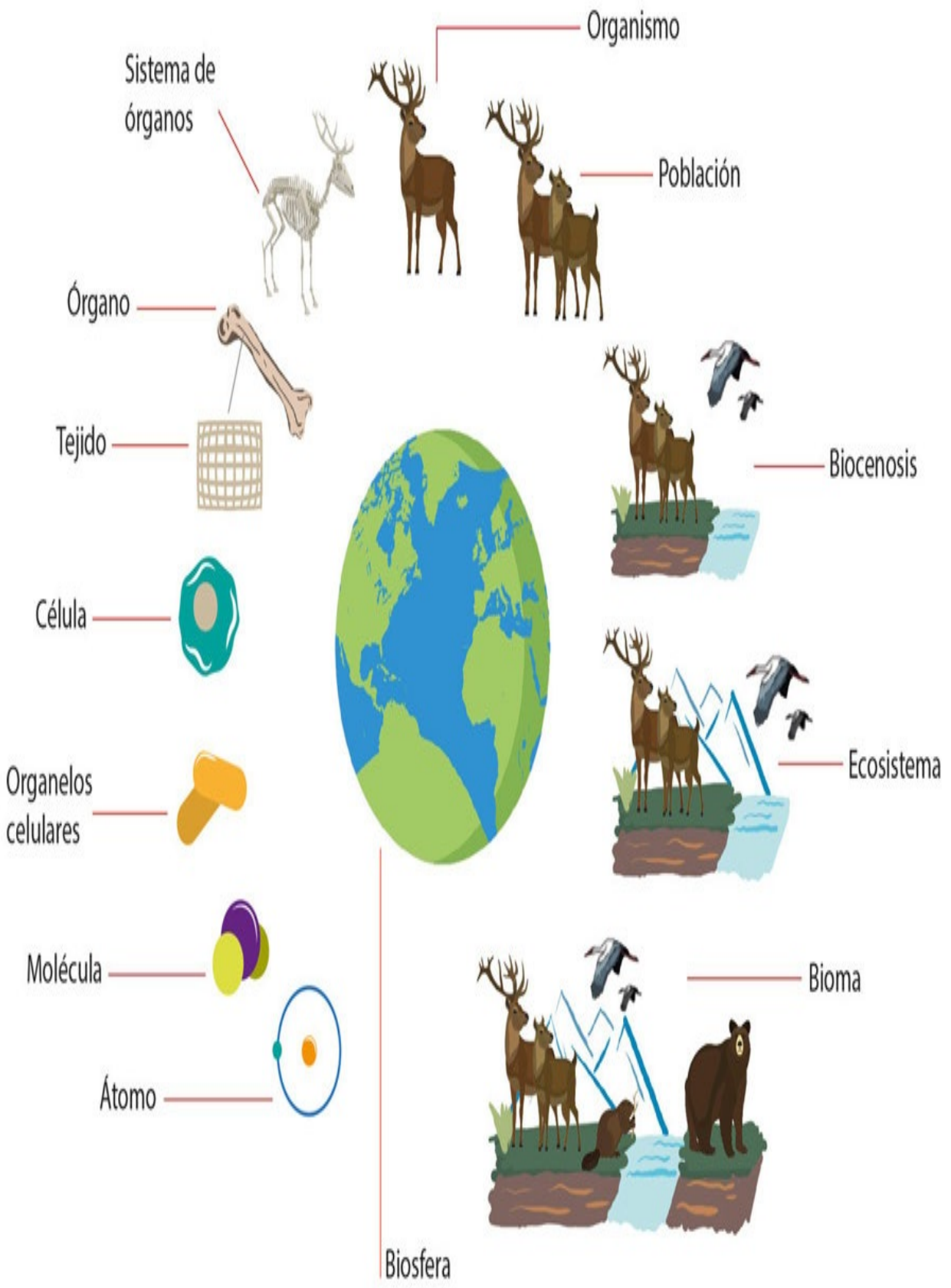


Figura 1

En algunos casos, se puede plantear la diversidad de ecosistemas según la escala de análisis, pudiendo ser, por ejemplo, una mirada a nivel de paisaje o de ecorregión. En otros casos, se podría plantear la diversidad específica en una zona como un inventario de todas las especies dentro de un marco geográfico sin atender las relaciones entre ellas.

Por lo que la definición del alcance del trabajo por abordar debe ser cuidadosamente definido a niveles iniciales de la planificación de las tareas.

Ecosistema

El ecosistema se define como un nivel de organización de la naturaleza donde interactúan los factores abióticos (clima, suelo, agua) con los organismos vivos, cuyas relaciones están fijadas por tasas y flujos. Como sistema complejo que es, cualquier bioma o ecorregión, cualquier variación en uno de sus componentes repercutirá en todos los demás componentes, con una interrelación estrecha y bidireccional entre sí. Por eso, son tan importantes las relaciones que se establecen, así como a su vez comprender sus dinámicas y mutuas interdependencias. Los ecosistemas se estudian analizando las relaciones alimentarias, los ciclos de la materia y los flujos de energía.

En la Figura 2, se ejemplifica un agro ecosistema, o sea un ecosistema intervenido por la acción humana donde las relaciones se acotan en función del nivel de intendencia de las variables de interés.

Cualquier modificación de una variable afectará el flujo de masa y energía hacia la siguiente, en un efecto dominó sobre el conjunto.

Que tales modificaciones se vean reflejadas de manera tangible y que impliquen cambios sustantivos en la estabilidad del sistema original dependerá de dos

importantes conceptos.

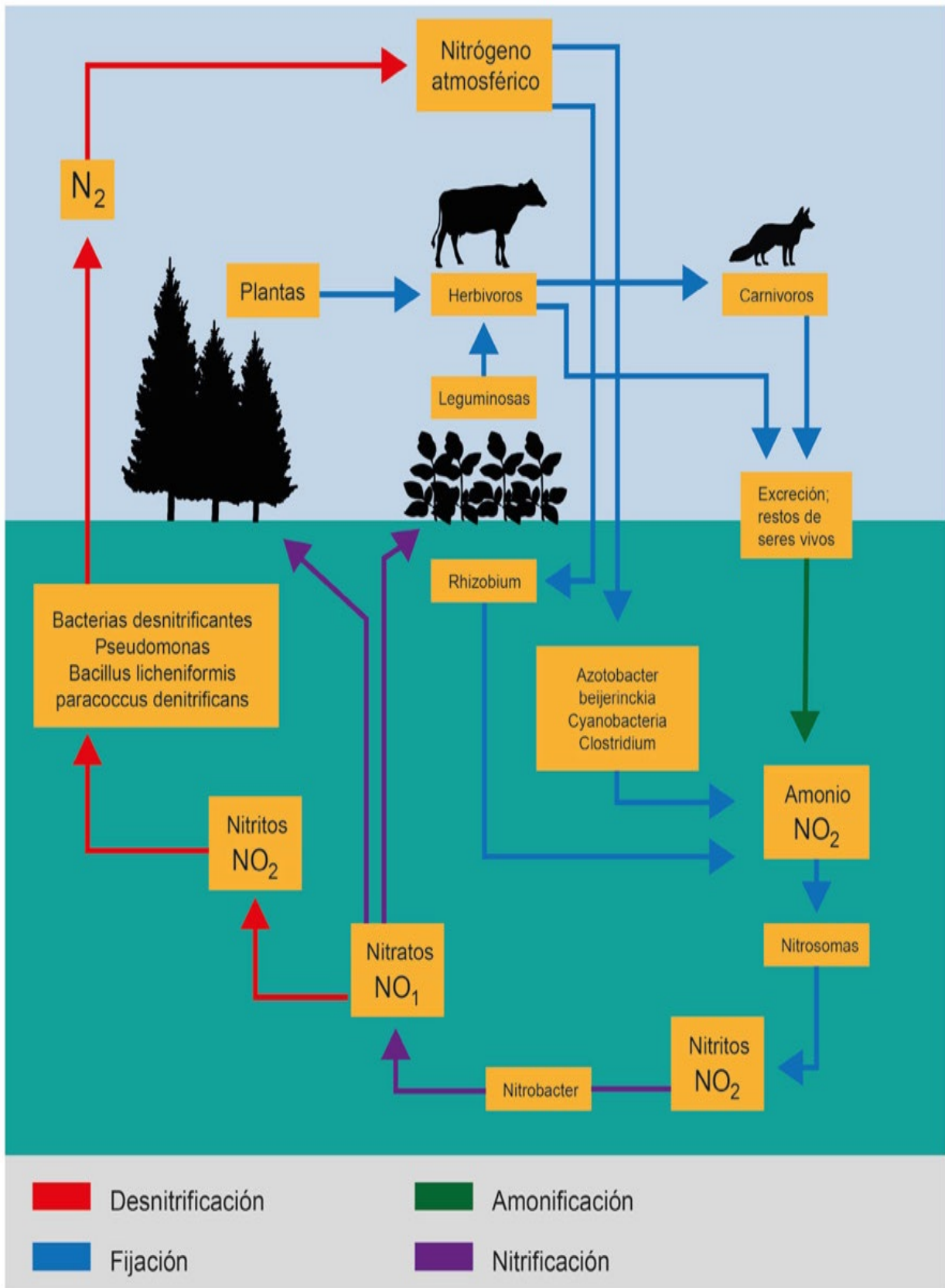


Figura 2

Elasticidad: es la capacidad de un ecosistema de «resistir» un disturbio, perturbación o impacto ambiental, manteniendo su funcionamiento y estructura relativamente iguales al momento antes de los disturbios.

Resiliencia ecológica: un concepto tomado de la ingeniería y psicología, que define la capacidad de un sistema de retornar a las condiciones previas a la perturbación.

Una manera de simplificar el significado de ambos términos es representar la elasticidad con una cuerda y la resiliencia con un resorte.

La cuerda absorbe el esfuerzo, resiste, pero luego de cesar el efecto, el sistema no será el mismo ya que se habrá deformado en el ínterin. También, si por algún motivo el esfuerzo es excesivo, la cuerda se rompe y los dos tramos resultantes tendrán condiciones completamente diferentes a las originales.

El resorte, al ser forzado, cambia su longitud y forma, pero si el estímulo cesa, tiene la «memoria» para retomar el estado de reposo inicial. De igual forma, si el esfuerzo es excesivo, se deformará el resorte y posiblemente pierda parte de esa memoria para retomar por sí mismo al estado inicial, pero nunca perderá la unidad y su vínculo con el origen.

Biogeografía de islas / Fragmentación de hábitats

Cualquier porción de tierra o zona embebida en una matriz de dimensiones mayores puede cumplir con la condición de insularidad, cuando se «fragmenta» o disgrega la unidad de un determinado ecosistema.

La fragmentación es un cambio en la estructura y configuración de los hábitats que transforma el hábitat inicialmente dominante y relativamente continuo, en un conjunto de parches empequeñecidos, denominados fragmentos, que quedan embebidos en un nuevo hábitat, mayoritario y cualitativamente muy distinto al original, denominado matriz.

Los paisajes fragmentados pueden ser resultado de procesos naturales, como respuesta diferencial de las especies a los gradientes ambientales, a las perturbaciones regionales (huracanes, volcanes, incendios) y los consecuentes procesos de sucesión, que generan mosaicos de hábitats con distintas comunidades ecológicas.

Sin embargo, la fragmentación paisajística se incrementa notablemente como resultado de la transformación de los hábitats derivada del uso humano de los recursos naturales, como por ejemplo, la deforestación con motivo del avance de fronteras agropecuarias para expansión de terrenos agrícolas y ganaderos, obras puntuales como es el caso de una autopista, un gasoducto o una vía navegable, y otra de mayor impacto, quizás difuso, sea el calentamiento global.

La fragmentación es el resultado de tres procesos de alteración paisajística: 1) la pérdida progresiva de superficie de hábitat original; 2) la subdivisión creciente del hábitat remanente; y 3) el incremento de la relación perímetro/superficie en dicho hábitat (Figura 3).

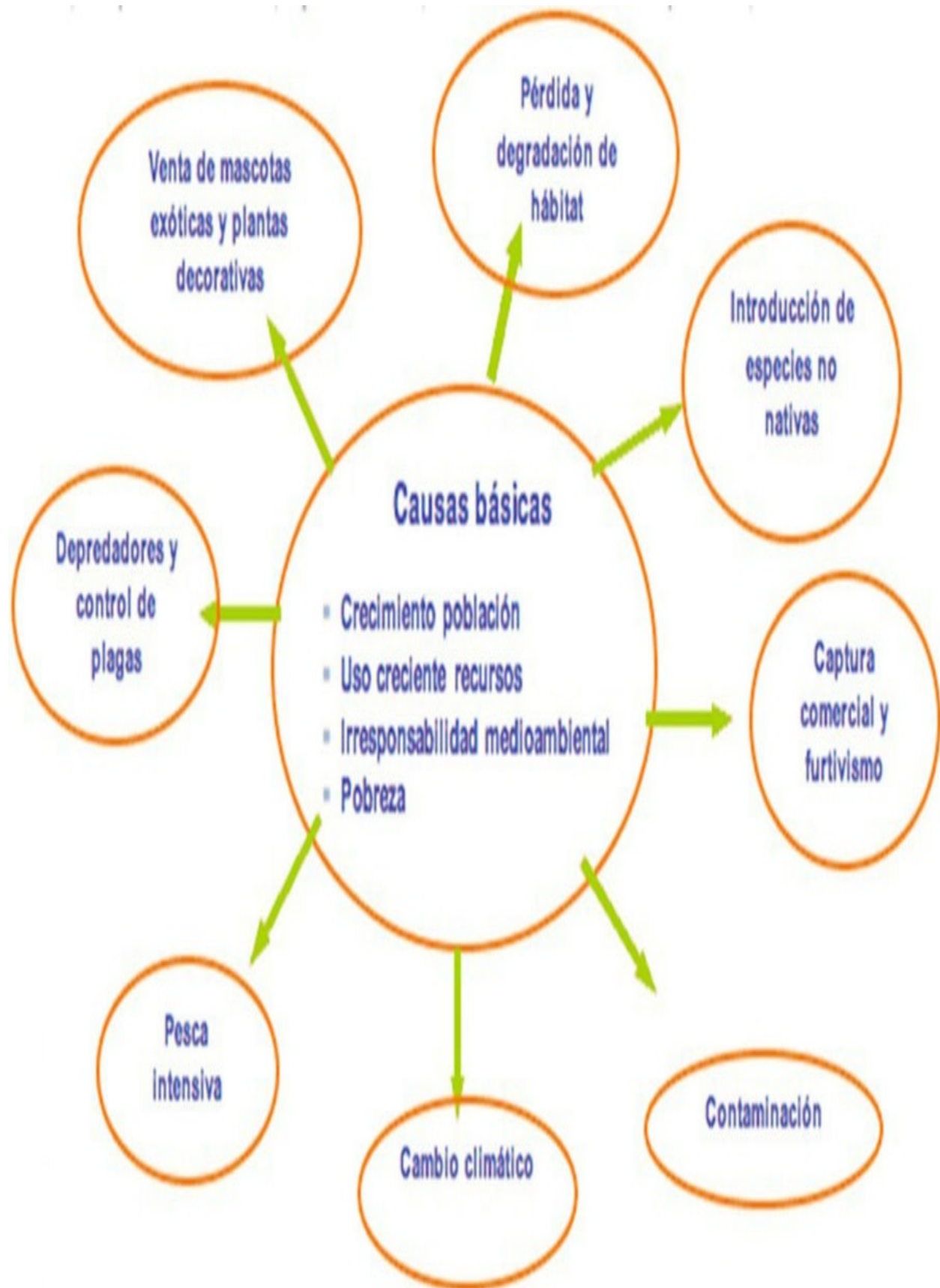


Figura 3

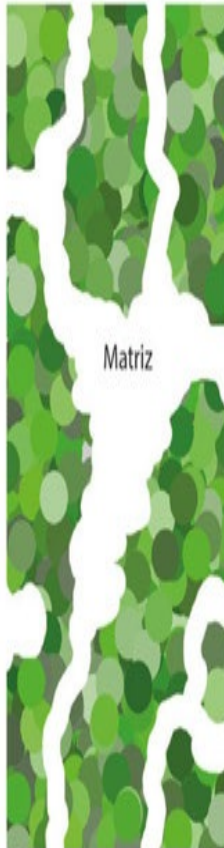
Estos procesos suelen ir de la mano y estar íntimamente relacionados entre sí, sobre todo cuando la fragmentación no es aleatoria, como ocurre en las situaciones de degradación antrópica, por ejemplo, el proceso de deforestación para apertura de tierras de cultivo suele concentrarse en la periferia de los fragmentos forestales ya existentes, empujándolos o incluso haciendo desaparecer a los más pequeños.

Los distintos procesos de cambio paisajístico influyen de forma diferente en los organismos del hábitat original. La fragmentación podría incrementar el riesgo de extinción local de especies animales y vegetales a través de tres mecanismos: las reducciones directas en los tamaños de las poblaciones, provocadas por la pérdida neta del hábitat; las reducciones indirectas en dichos tamaños, debidas a la dificultad de dispersión entre subpoblaciones impuesta por el incremento del aislamiento entre fragmentos y la disminución en la eficacia biológica de las especies de los fragmentos, al verse cada vez más sometidas, por el incremento de la relación perímetro/superficie, a las condiciones ambientales nocivas que impone la matriz circundante.

Hábitat original



Hábitat fragmentado



Pérdida de hábitat

Pérdida de individuos

Subdivisión de aislamiento

Limitación a la dispersión

Perímetro / Superficie

Efectos de borde

Cambios en paisaje

Efecto biológicos

Figura 4

En la Figura 4, se representa el cambio temporal en la composición y configuración del paisaje atribuible a la fragmentación de hábitats, desde un hábitat original hacia un hábitat fragmentado (por ejemplo, un sistema forestal progresivamente deforestado para la expansión de terrenos ganaderos).

En la Figura 5, se puede ver claramente en una imagen satelital cómo se desarrolla el proceso en un área de la provincia de Salta, donde la deforestación con fines agrícolas aísla sectores de monte, limitando los corredores biológicos y así, muy probablemente, afectando la sustentabilidad del bosque nativo.

Lo dicho debe tenerse siempre en cuenta al momento de dimensionar el área que será objeto de estudio en una línea de base biológica, ya que más allá del sector específico del proyecto, los efectos pueden ser de mayor desarrollo territorial por sí mismos o estar inmersos en un proceso de fragmentación que lo antecede.

Hallar buenos indicadores de proceso de fragmentación y evaluación de corredores biológicos se presenta como indispensable en áreas de moderada a alta sensibilidad ambiental.

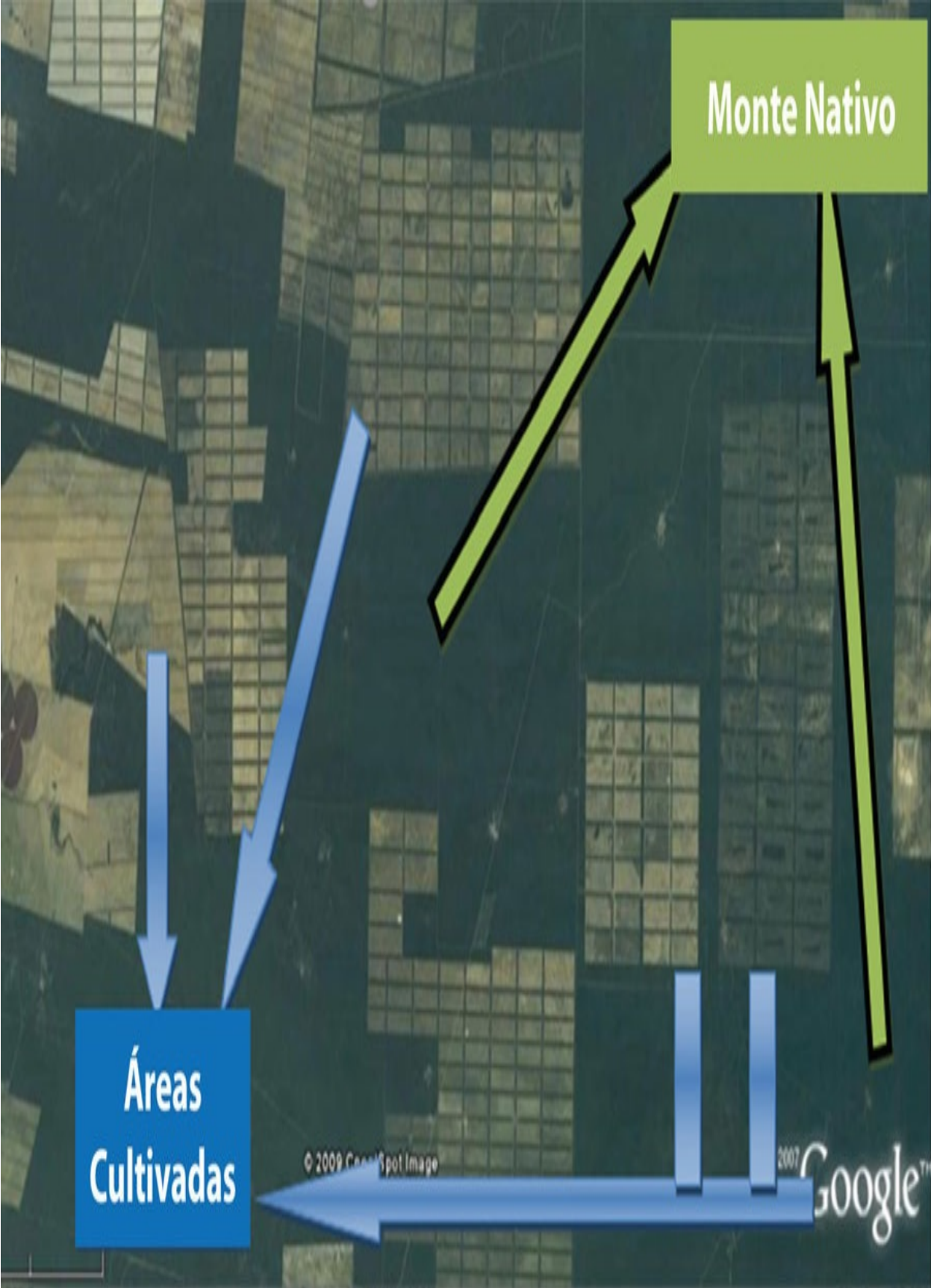


Figura 5

Abordando la metodología de elaboración de una línea de base biológica

Al momento de requerirse un estudio de línea de base, se debe iniciar un proceso lógico de focalización para lo cual debemos recurrir a factores de agrupamiento de características siguiendo el orden de organización biológica antes tratado.

Conocida la ubicación geográfica del área objeto de un estudio, se comienza hallando la ecorregión donde se desarrolla.

Ecorregión

La biodiversidad y los ecosistemas se integran en estructuras territoriales mayores denominadas ecorregiones. Estas poseen un conjunto de características homogéneas en un área extensa de tierra o agua que contiene un conjunto geográficamente distintivo de comunidades naturales que comparten la gran mayoría de sus especies y dinámicas ecológicas, condiciones medioambientales similares e interactúan ecológicamente de manera determinante para su subsistencia a largo plazo.

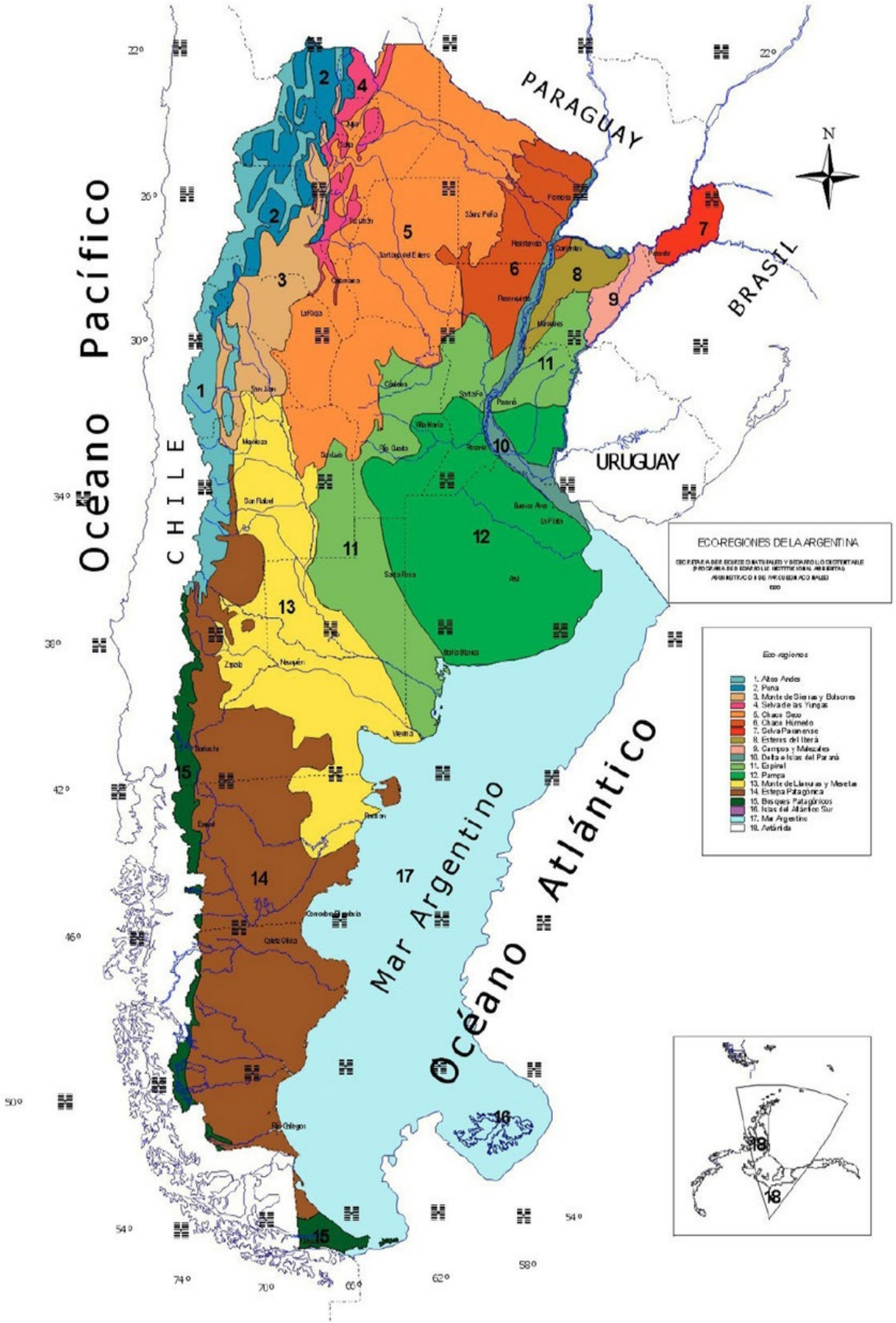


Figura 6

Las ecorregiones que se desarrollan en la Argentina (Figuras 6 y 7) poseen extensiones territoriales muy diferentes y, de igual manera, su sensibilidad ambiental varía sustantivamente.

La extensión territorial y sensibilidad, junto con el nivel de protección legal de ambientes representativos, posee gran importancia al momento de una evaluación ambiental, por las implicancias potenciales que podría tener un proyecto, acción, o la combinación de ambos sobre el territorio y la biota. Es aquí donde entra en consideración la aplicación de la teoría de fragmentación de hábitats y sus implicancias.

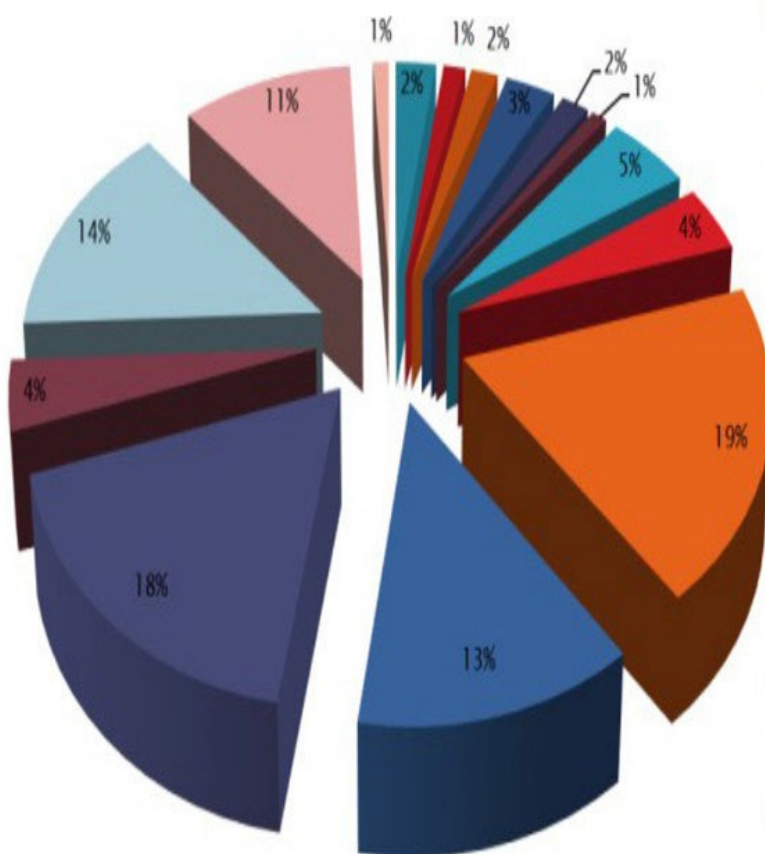
La ecorregión pampeana como ejemplo

Las ecorregiones presentan un agrupamiento de características que delimitan geográficamente con base en la teoría de conjuntos, biodiversidades incluidas en ecosistemas y ellos en un marco físico específico (clima - geomorfología - edafología etc.).

A manera de ejemplo, la ecorregión pampeana incluye a la provincia de Buenos Aires —excepto su extremo sur—, noreste de La Pampa y sur de Córdoba, Santa Fe y Entre Ríos. Se caracteriza por tener un régimen de lluvias con una distribución durante el año entre 600 mm. - 1100 mm, y una variación de temperatura entre 2 grados y 32 grados y una media anual entre 15 y 18 grados centígrados.

Ecorregiones Argentinas

Superficie Total (%)



Ecorregión	Sup. Total (Ha)	Área Prot. (Ha)	%
Bosques Patagónicos	7.000.000	2.498.600	35,69
Esteros del Iberá	3.793.000	1.233.200	32,51
Selva de Yungas	4.661.000	1.480.900	31,77
Puna	8.640.000	2.244.500	25,98
Delta e Islas del Paraná	4.825.000	1.011.300	20,96
Selva Paranaense	2.686.000	478.200	17,8
Altos Andes	14.300.000	2.360.500	16,51
Monte Serrano	11.710.000	1.008.200	8,61
Estepa Patagónica	53.446.000	2.735.800	5,12
Monte Llano	35.331.000	1.299.300	3,68
Chaco Seco	49.298.000	1.809.200	3,67
Chaco Húmedo	11.850.000	286.400	2,42
Pampa	39.133.000	411.900	1,05
Espinal	29.740.000	78.000	0,26
Campos y Malezales	2.768.000	300	0,01
Totales	279.181.000	18.936.300	6,78

Fuente: Datos SIFAP.

Sistema de Información de Biodiversidad (SIB) de la APN

Figura 7

Los sedimentos superficiales son predominantemente continentales y de procesamiento eólico; la red hidrográfica tiene, por lo general, poco desarrollo y la formación vegetal característica es el pastizal templado, cuyas comunidades dominantes son los flechillares, cortaderas y, en los márgenes de los ríos, montes de tala y especies afines.

Componentes integrantes de la línea de base

Una primera aproximación a través de los atributos de la ecorregión permite iniciar el análisis progresivamente más preciso sobre el área en cuestión, y así desarrollar la línea de base con criterio ajustado a la realidad ambiental.

Realización de inventarios florísticos, faunísticos y de ambientes

En este caso, se realiza, mediante la aplicación de metodología específica, la identificación, caracterización, ubicación espacio-temporal y conteo de especies presentes en determinado ámbito natural o ecosistema representativo, con el fin de validar o ampliar los datos bibliográficos que se hallen como antecedentes. Es una herramienta clave para conformar una línea de base, ya que de este estudio derivan las asociaciones intra e interespecíficas y ellas con el ambiente, definiendo ecosistemas, especies clave (indicadores), vulnerabilidades y especies en peligro.

En la Figura 8 se observa un ejemplo gráfico de un estudio donde se expresa el porcentaje de especies por familias registradas.

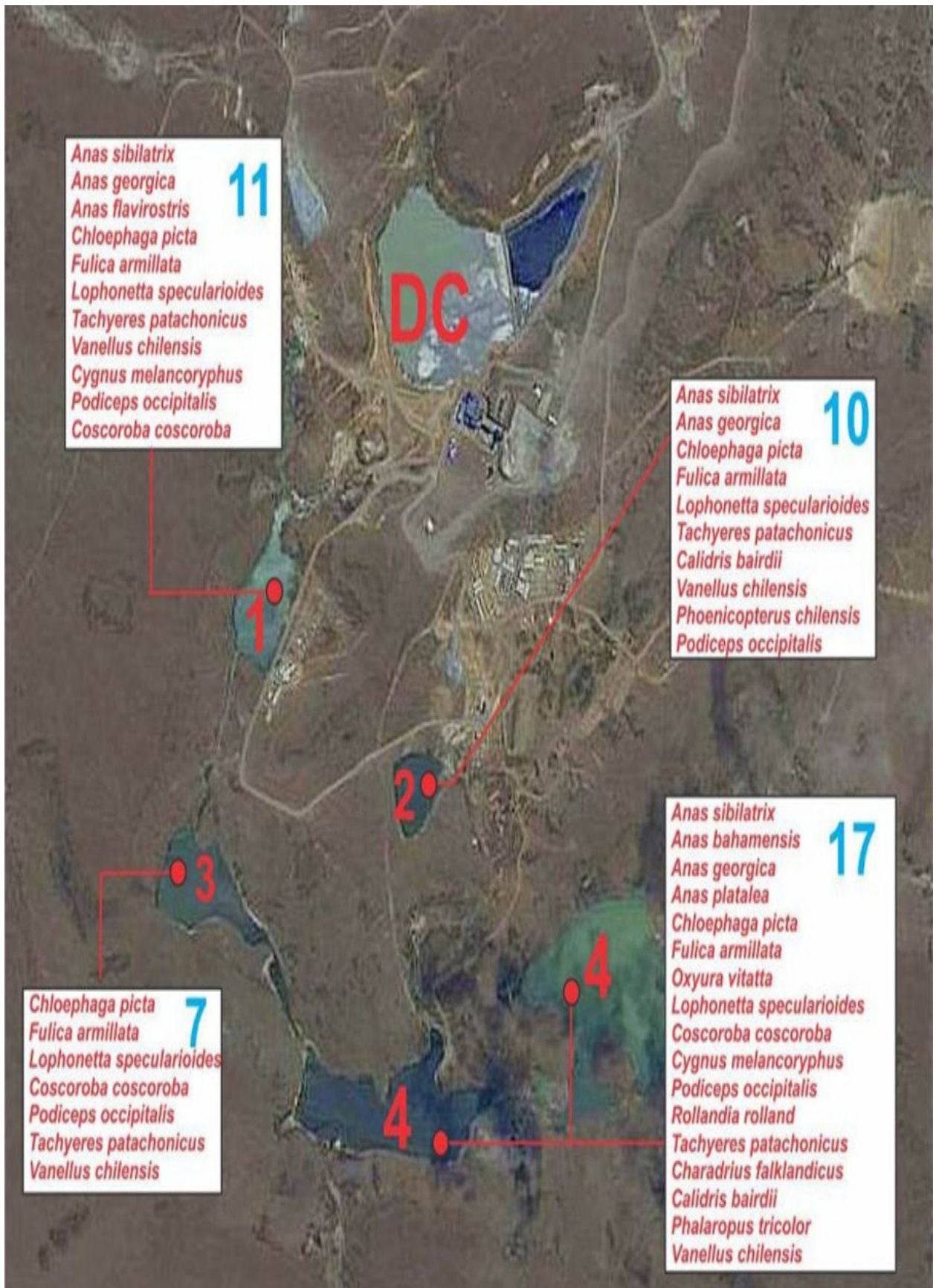
En la Figura 9 se muestra un ejemplo de esquema gráfico de cuerpo de agua dentro de un área de estudio y su riqueza de aves acuáticas.

Así surgen datos como unidades ambientales según criterios de agrupamiento de características biológicas y geomorfológicas, lo que permite la extrapolación de muestreos puntuales a grandes áreas territoriales (Figura 10).

Cada unidad ambiental posee atributos de flora y fauna que la caracteriza, que surgen de los censos y estudios de relaciones interespecíficas, las que se reflejan en los agrupamientos que las definen como unidades ecosistémicas (Figuras 11 y 12).



Figura 8



- 11**
- Anas sibilatrix*
 - Anas georgica*
 - Anas flavirostris*
 - Chloephaga picta*
 - Fulica armillata*
 - Lophonetta specularioides*
 - Tachyeres patachonicus*
 - Vanellus chilensis*
 - Cygnus melancoryphus*
 - Podiceps occipitalis*
 - Coscoroba coscoroba*

- 10**
- Anas sibilatrix*
 - Anas georgica*
 - Chloephaga picta*
 - Fulica armillata*
 - Lophonetta specularioides*
 - Tachyeres patachonicus*
 - Calidris bairdii*
 - Vanellus chilensis*
 - Phoenicopterus chilensis*
 - Podiceps occipitalis*

- 7**
- Chloephaga picta*
 - Fulica armillata*
 - Lophonetta specularioides*
 - Coscoroba coscoroba*
 - Podiceps occipitalis*
 - Tachyeres patachonicus*
 - Vanellus chilensis*

- 17**
- Anas sibilatrix*
 - Anas bahamensis*
 - Anas georgica*
 - Anas platalea*
 - Chloephaga picta*
 - Fulica armillata*
 - Oxyura vitatta*
 - Lophonetta specularioides*
 - Coscoroba coscoroba*
 - Cygnus melancoryphus*
 - Podiceps occipitalis*
 - Rollandia rolland*
 - Tachyeres patachonicus*
 - Charadrius falklandicus*
 - Calidris bairdii*
 - Phalaropus tricolor*
 - Vanellus chilensis*

Figura 9

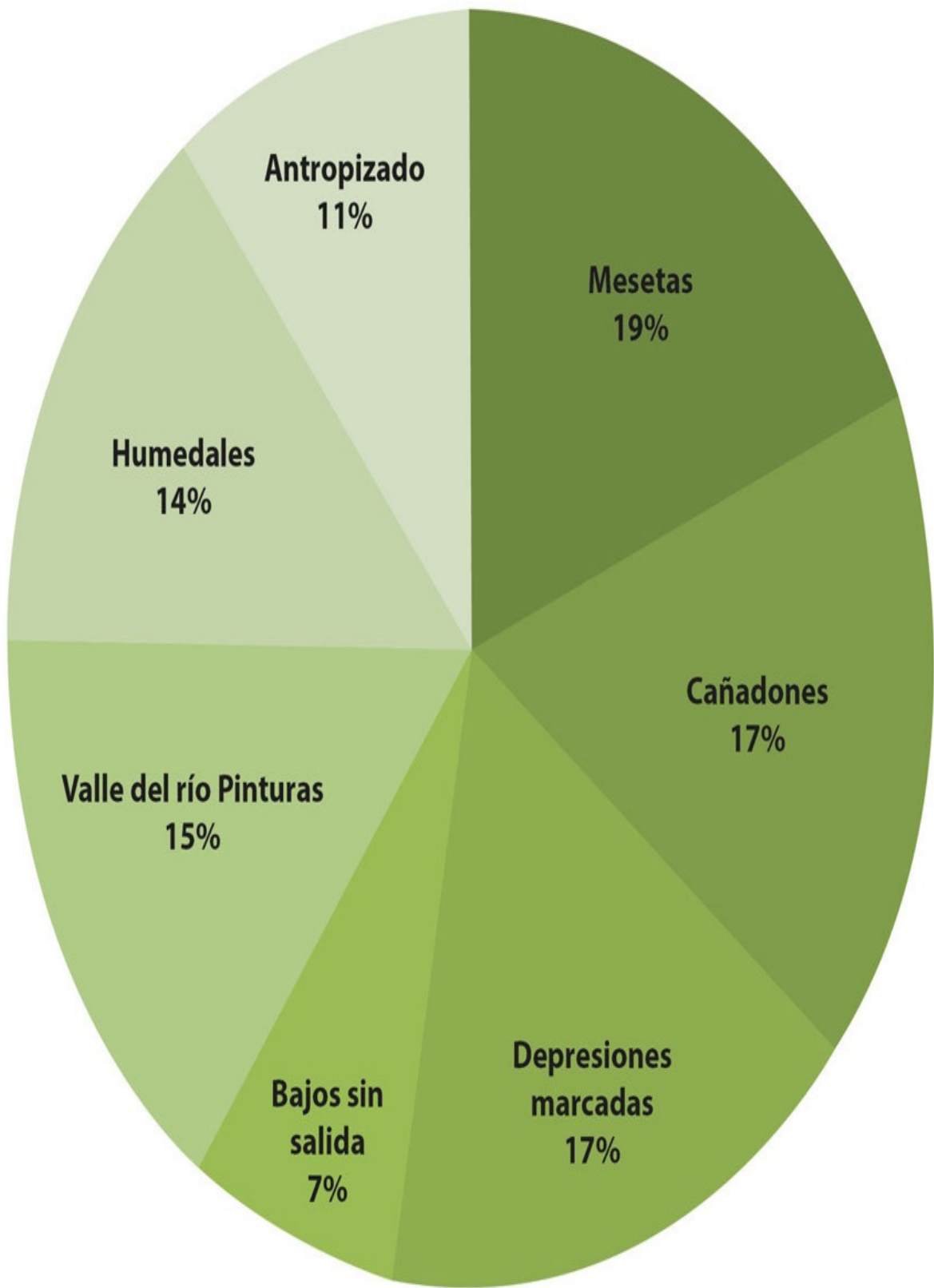


Figura 10

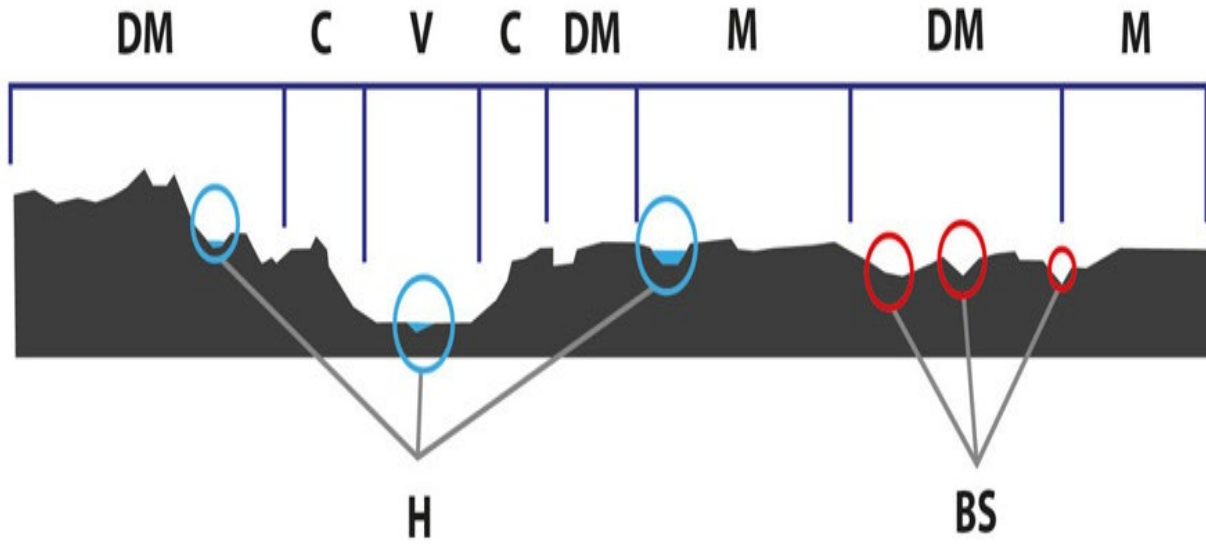
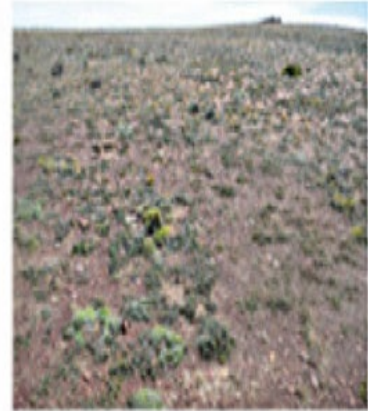
Depresiones marcadas



Bajos sin salida



Mesetas



Humedales



Cañadones



Valle del río Pinturas

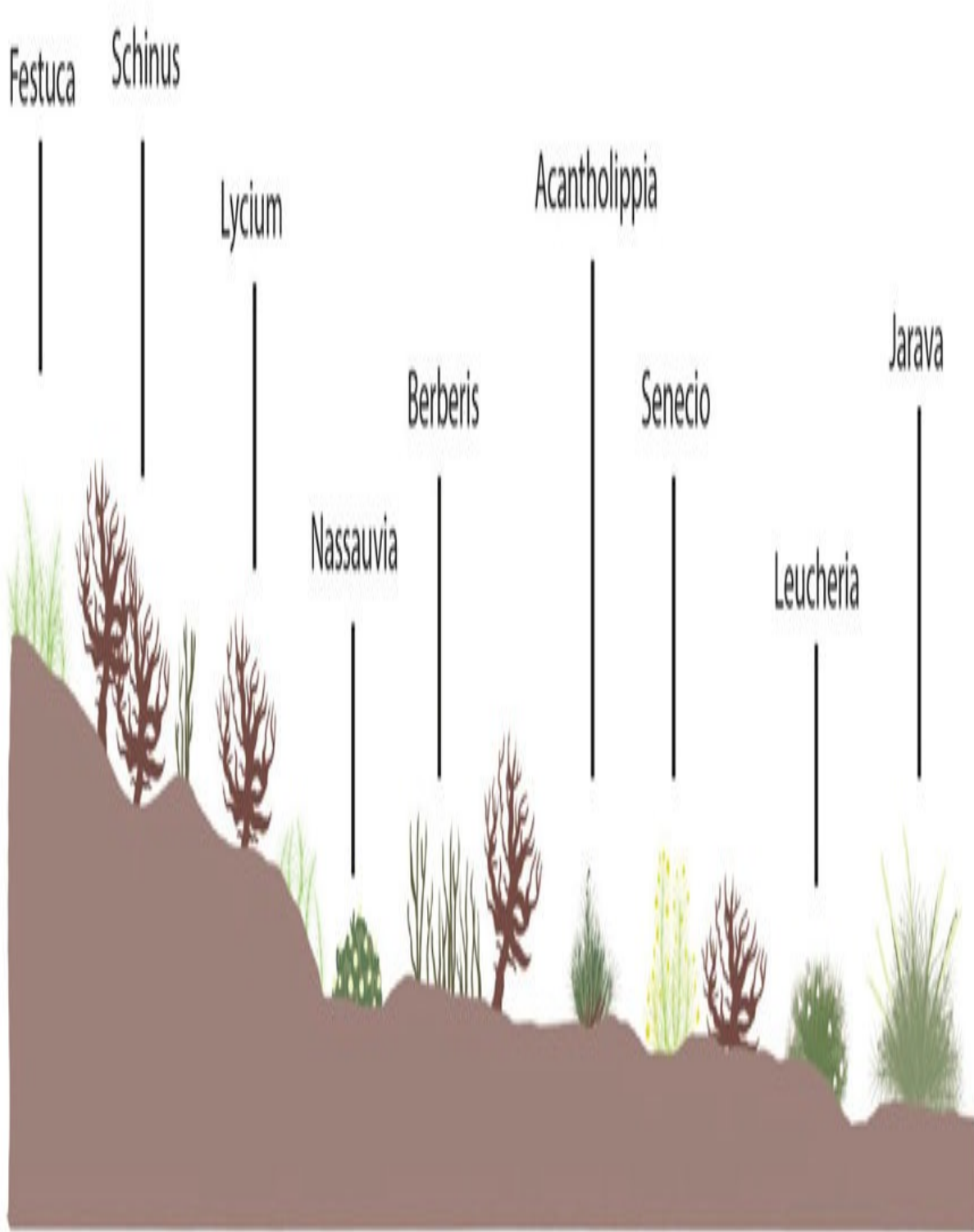


Figura 11. Diagrama estructural del ambiente de depresiones marcadas.

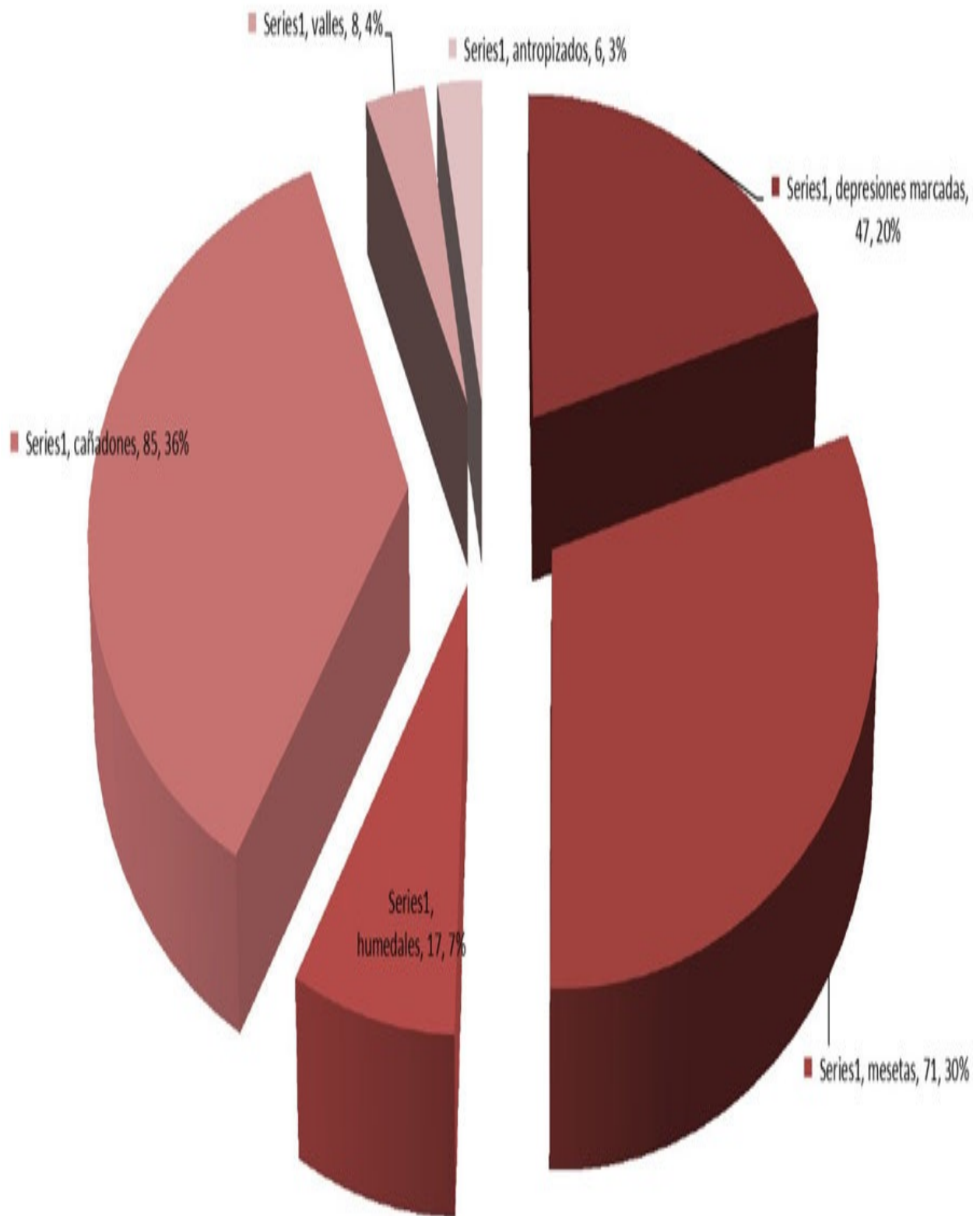


Figura 12. Riqueza de mamíferos por ambiente.

Uso de la información

Los datos obtenidos pueden ser utilizados como parte de estudios de impactos ambientales, caracterizaciones genéricas, componentes de auditorías ambientales, o como parte del proceso de algún hecho judicializable.

Las líneas de base son la foto que definirá el ambiente al momento de la tarea y, a la vez, será la que definirá las diferencias, si las hubiera, entre datos previos o afectaciones ocasionadas por alguna actividad humana.

En todos los casos, la metodología aplicada será definitiva a la hora de validar y jerarquizar la información. Por lo que siempre debe ser sistemática, trazable y en el marco de la ciencia que la norma.

Planificación territorial

Una de las herramientas de mayor valor en la atenuación de impactos negativos sobre los ambientes es, sin dudas, la planificación o el ordenamiento del territorio. Es una forma de ordenar y regular el uso del espacio físico con el fin de preservar o limitar actividades potencialmente degradantes en aquellas áreas con mayor fragilidad ambiental o sensibilidad en función de la riqueza y diversidad de especies presentes. Esta estrategia puede fundarse en legislación específica, instrumentos económicos o incentivos por desempeño.

En función de los datos relevados de la bibliografía y en campo, se los contrasta con los riesgos o la potencial vulnerabilidad de algunas de las especies presentes, de algún ambiente en particular o del ecosistema en su conjunto.

Se procura listar e identificar las amenazas que se pueden presentar en determinado ecosistema, junto a las relaciones de causa y efecto que pueden existir entre los factores de riesgo y sus posibles consecuencias.

Seguidamente, se construye un esquema gráfico o plano de sensibilidad ambiental, donde se busca diagramar o ilustrar las relaciones o áreas donde existe mayor o menor sensibilidad de ciertas especies o ecosistemas a factores de riesgo o amenazas a causa de actividades humanas.

En el gráfico de la Figura 13, se ilustra con la cartografía correspondiente y en función de la sensibilidad de los ambientes involucrados, los esquemas de planificación territorial posibles con el fin de preservar aquellas áreas con mayor valor o diversidad biológica.

Como resultado final, el ordenamiento ambiental buscará el desarrollo sustentable del territorio con base en los factores limitantes que enmarcan un desarrollo armónico, mediante la propuesta de coordinación entre los usuarios, los tomadores de decisión y las comunidades del área. Por lo que debe ser una herramienta efectiva para la concertación de intereses de los distintos sectores de la sociedad entre sí, y de estos con la administración pública.

Ambientes



Master Plan

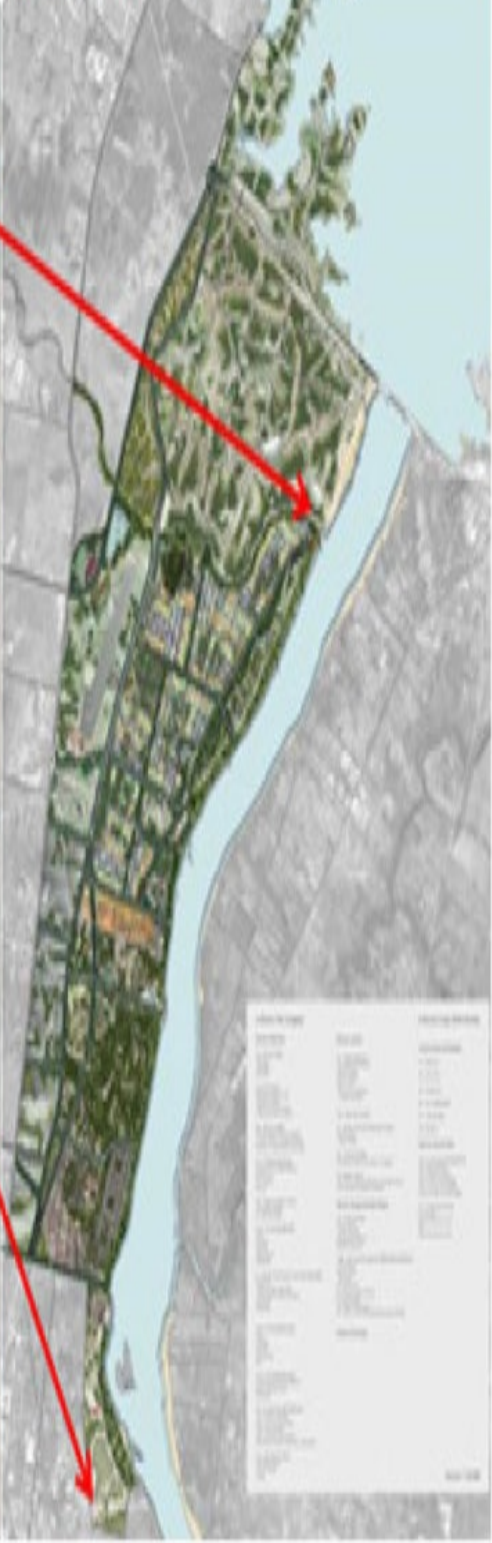


Figura 13

Referencias bibliográficas

Andelman, M. y García Fernández, J. (2000). Una agenda para conservar el patrimonio natural de la Argentina. Resumen ejecutivo de la propuesta de la Estrategia Nacional de Biodiversidad. C&M-FUCEMA-Grupo Nacional de Biodiversidad de la UICN, Buenos Aires, Argentina.

Bertonatti, C. y Corcuera, J. (2000). Situación ambiental argentina 2000. Buenos Aires: Fundación Vida Silvestre Argentina.

Burkart, R.; Bárbaro, N.; Sánchez, R. O. y Gómez, D. A. (1999). Ecorregiones de la Argentina. Buenos Aires: Administración de Parques Nacionales.

Burkart, R.; Ruiz, L.; Daniele, C.; Maranta, A. y Ardura, F. (1994). El sistema nacional de áreas naturales protegidas de la República Argentina: diagnóstico de su patrimonio natural y su desarrollo institucional. Buenos Aires: Administración de Parques Nacionales.

Cabrera, A. (1994). Enciclopedia Argentina de Agricultura y Ganadería, fascículo 1 Regiones Biogeográficas Argentinas. Buenos Aires: Editorial Acme.

Cabrera, A. (1951). «Territorios fitogeográficos de la República Argentina». Boletín Sociedad de la Sociedad Argentina de Botánica 4: 21-65.

Convenio sobre la Diversidad Biológica 1994 – República Argentina.
<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/25000-29999/29276/norma.htm>

Conde, L.; Vaquerizas, J. M.; Ferrer, C. C.; Cruz, X. y Orozco, M. et al. (2005). Pupas View: a visual tool for selecting suitable SNPs, with putative pathological effect in genes, for genotyping purposes. Nucleic Acids Res 33: W501- W505.

Davies, J. y Claridge, G. F. (Eds.) (1993). Wetland Benefits: The potential for wetlands to support and maintain development. AWB publication 87, IWRB Publication 27, WA publication 11

Galliari, C. A. y Goin, F. J. (1993). Conservación de la biodiversidad en la Argentina: el caso de los mamíferos. Pp. 367-400. En: Elementos de Política Ambiental (Goin, F. y R. Goñi, eds.). Honorable Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires.

Haila, Y. (2002). A conceptual genealogy of fragmentation research: from island biogeography to landscape ecology. *Ecological Applications*. 12:321-334.

León, R. J. C.; Bran, D.; Collantes, M.; Paruelo, J. M. y Soriano, A. (1998). Grandes unidades de vegetación de la Patagonia extra andina. *Ecología Austral*. 8:125-144, Asociación Argentina de Ecología.

Lindenmayer, D. B. y Fischer, J. (2006). Landscape change and habitat fragmentation. Island Press, Washington, D.C, EEUU.

Lindenmayer, D. B. y Fisher, J. (2007). Tackling the habitat fragmentation panchreston. *Trends in Ecology and Evolution*. 22:127-132.

Rapoport, E.; Monjeau, J. A.; Drausal, B.; Ghernabdi y Arrechea, V. (2001). Flora y vegetación de una localidad del sur de Mendoza, Argentina. Resultados de un estudio de impacto ambiental por actividades mineras. *Multequina* 10: 51-66.

CONTAMINACIÓN DE AGUAS

▪

Omar Augusto Fioravanti

Licenciado en Química. FCEN.UBA.

Gerente técnico en Laboratorio Central AySA. Gerente en Centro de Investigación AySA. Docente postgrado en Universidad Tres de Febrero, UTN Pacheco, UTN Delta.

Contacto: oafioravanti@gmail.com

Introducción

La naturaleza diversa de sustancias potencialmente contaminantes puede provocar cierta confusión. Es importante darse cuenta de que no todos los contaminantes son manufacturados o sintéticos, que bajo ciertas circunstancias muchas sustancias pueden contribuir a la contaminación y que cualquier sustancia biológicamente activa tiene el potencial para dar lugar a un efecto de contaminación.

La Ley de Protección del Medio Ambiente del Reino Unido (EPA) de 1990 establece legalmente «Contaminación del medio ambiente» como la contaminación del medio ambiente debida a la liberación (en cualquier medio ambiental) de cualquier sustancia que sea capaz de causar daño al hombre u a otros organismos vivos.

Las concentraciones por encima de las cuales los contaminantes del agua afectan negativamente a un uso particular del agua pueden diferir ampliamente. Los requisitos de calidad del agua, expresados como criterios y objetivos de calidad

del agua, son específicos del uso o están dirigidos a la protección del uso del agua más sensible entre una serie de usos existentes o planificados dentro de una cuenca.

Muchos criterios de calidad del agua establecen un nivel máximo para la concentración de una sustancia en un medio particular (es decir, agua, sedimento o biota) que no será nocivo cuando el medio específico se utilice continuamente para un único propósito específico.

Para algunas otras variables de calidad del agua, como el oxígeno disuelto, los criterios de calidad del agua se establecen en la concentración mínima aceptable para garantizar el mantenimiento de las funciones biológicas.

La mayoría de los procesos industriales plantean requisitos menos exigentes sobre la calidad de agua dulce y, por lo tanto, los criterios se desarrollan generalmente para el agua cruda en relación con su uso como fuente de agua para el suministro de agua potable, la agricultura y la recreación, o como un hábitat para las comunidades biológicas.

Los criterios también pueden desarrollarse en relación con el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos en general.

La protección y el mantenimiento de estos usos del agua generalmente imponen diferentes requisitos sobre la calidad del agua y, por lo tanto, los criterios de calidad del agua asociados a menudo son diferentes para cada uso.

El agua en la naturaleza y sus usos

Tabla 1. Usos de aguas en el mundo.

Año	Población Mundial	Consumo Total [km ³ /año]	Agricultura		Industria		Agua Potable	
			[km ³ /año]	%	[km ³ /año]	%	[km ³ /año]	%
1.900	1650	400	350	87,5	30	7,5	20	5
1.950	2520	1100	820	74,5	220	20	60	5,5
1.975	4100	3000	2200	73	650	22	150	5
2.000	6070	5000	3400	68	1250	25	350	7

Fuente: Hydrogeological Principles of Groundwater Protections- UNESCO.

Origen de los contaminantes de las aguas

Por su procedencia, los productos químicos que pueden contaminar las aguas se dividen en cinco grandes grupos:

de origen natural: las rocas, los suelos y los efectos de las características geológicas y climáticas; cuerpos de agua eutróficos (también influenciados por las aguas residuales, insumos y la escorrentía agrícola).

fuentes industriales y asentamientos humanos: minería (industrias extractivas), fabricación e industrias de procesamiento, aguas residuales (incluyendo un número de contaminantes de interés emergentes). Los residuos sólidos urbanos, fugas de escorrentía, de combustible.

actividades agrícolas: abonos, fertilizantes, prácticas intensivas de animales, uso de pesticidas y herbicidas.

tratamiento del agua o los materiales en contacto con el agua de consumo: coagulantes, los subproductos de la desinfección (SPD), ejemplo: Trihalometanos (THM), materiales de tubería (ej.: plomo).

pesticidas utilizados de uso doméstico: los larvicidas utilizados en el control de insectos como vectores de enfermedades.

Tabla 2. Productos químicos potencialmente presentes en aguas residuales o producidos durante el tratamiento.

Tipo de producto	Tipo de producto
Tipo de producto	Tipo de producto
Metales pesados	Cadmio, cobre, cromo, plomo
Químicos inorgánicos	Fluoruro, nitrato, nitrito, amon
Compuestos orgánicos volátiles	Productos petroquímicos, solv
Pesticidas	Productos domésticos, pestici
Farmacéuticos	Antiinflamatorios, antibiótico
Hormonas esteroides (estrógenos y andrógenos)	Estradiol, Estrona, Testosteron
Productos de cuidado personal	Fragancias, cosméticos, antitr
Antisépticos	Triclosan, Triclocarban
Per y polifluoroalquil productos	Ácido perfluorooctánico, Sulf
Dioxinas y Bifenilos poli clorados	Octaclorodi benzo-p-dioxina,
Toxinas de Cianobacterias	Microcistina, Anatoxinas, Sax
Subproductos de la desinfección	Trihalometanos, ácidos halo a

Fuente: NRMMC-EPHC-NHMRC (2008), NRC (2012), USEPA (2012), TWDB (2015), WHO (2017^a).

Agua en la Tierra / Ciclo natural del agua

El agua es el elemento mineral más abundante en la superficie del globo. Constituye la hidrósfera. Su volumen estimado es de 1370 millones de Km³, y se pondera entre ½ millón a 1 millón de Km³ el volumen de agua dulce repartida entre ríos, lagos y aguas subterráneas; los hielos de los casquetes polares representan un volumen de 25 millones de Km³, también de agua dulce. Constantemente hay 500.000 Km³ de agua en la atmósfera en forma de vapor y nubes.

La evaporación anual está estimada en 500.000 Km³ y la precipitación sobre los continentes en 120.000 Km³ por año.

En la naturaleza, el ciclo global del agua comienza por la evaporación del agua, que, bajo la influencia de la energía solar, es transformada en vapor de agua. La evaporación tiene lugar a partir de superficies de agua (océanos, mares, lagos, ríos) y la transpiración de los vegetales, en un momento posterior; este vapor se condensa (pasa de estado vapor a estado líquido), bajo la forma de nubes, que se transforman en precipitaciones, como nieve o lluvia.

En este punto puede ocurrir:

Una parte de las precipitaciones escurren a través de redes hidrográficas; es el caso de la fuente o recurso superficial.

Otra parte se infiltra en el subsuelo y contribuye a la alimentación de las aguas subterráneas.

Una última parte se evapora y se reintegra al ciclo.

Ecuación de la continuidad:

Aplicable a un espacio cualquiera en un tiempo cualquiera

Régimen permanente Ingresos = Egresos $I - E = 0$

$$P - E_{vtr} - E_f - I = 0$$

Régimen no permanente Ingresos = Egresos $\pm \Delta S$ $I - E = \pm \Delta S$

$$P - E_{vtr} - E_f - I = \pm \Delta S$$

P: Cantidad de lluvia

E_{vtr} : Evotranspiración

I: Infiltración en el terreno

E_f : Egreso por fuentes superficiales

ΔS : Alteración de flujo por acciones antrópicas

La utilización global del agua, incluyendo usos domésticos, industriales y agrícolas, representa (como promedio) 250 m³ por habitante por año, con disparidades enormes: 100 m³ para los países en vía de desarrollo a 1500 m³ en los EEUU (Tabla 3).

Tabla 3. Utilización del agua.

	Área (km ² x 10 ³)	Volumen (km ³ x 10 ³)	% de agua total	% de agua dulce
Océanos	361300	1338000	96,5	
Hielo polar y no polar	16000	24023,5	1,7	68,6
Hielo no polar y nieve	300	340,6	0,025	1,0
Agua subterránea				
Dulce	134800	10530	0,76	30,1
Salada	134800	12870	0,93	
Lagos				
Dulces	1200	91	0,007	0,26
Salinos	800	85,4	0,006	
Agua del suelo	82000	16,5	0,0012	0,05
Pantanos	2700	11,47	0,0008	0,03
Ríos	148800	2,12	0,0002	0,006
Agua biológica	510000	1,12	0,0001	0,003
Atmósfera	510000	12,9	0,001	0,04
Agua total	510000	1385984	100	
Agua dulce	148800	35029	2,5	100

Fuente: Porcentaje de agua dulce. UNESCO, 1978. World Water Balance and Water Resources of the Earth.

Física del agua

Estructura molecular

El agua es un compuesto formado por dos elementos: oxígeno e hidrógeno, que en la naturaleza se presenta en los tres estados de agregación: líquido (mares, océanos, ríos, aguas subterráneas), sólido (hielo) en los casquetes polares y vapor.

La estructura del agua depende de su estado físico. En el estado gaseoso corresponde exactamente a la fórmula H₂O y a un modelo angular.

Pero los estados condensados (agua y hielo) son más complicados y explican sus propiedades. En estado sólido, la composición elemental consiste en una molécula de agua central y cuatro periféricas, en forma de tetraedro. En estado líquido, se da una asociación de muchas moléculas por ligaduras particulares denominada «puente hidrógeno»; cada átomo de hidrógeno de una molécula de agua está ligada a un átomo de oxígeno de una molécula vecina.

Densidad – Relación Masa / Volumen

La densidad varía con la presión y la temperatura.

Tabla 4. Densidad del agua.

--	--	--	--

°C	Densidad Kg/l	°C	Densidad Kg/l
0	0.99987	20	0.99828
4	1.00000	25	0.99707
10	0.99973	30	0.99567
15	0.99913	100	0.95838

Propiedades térmicas

Capacidad calorífica: es la cantidad de energía requerida para elevar en un 1C°, a temperatura de un gramo de agua, su valor es de 4,18kJ/Kg°C a 0°C.

Los calores latentes de transformación son para la fusión 330kJ/Kg (o 79 kcal/Kg) y para la vaporización 2250kJ/kg (o 539 kcal/kg).

La importancia de sus valores en capacidad calorífica hace que las aguas superficiales, que cambian sus temperaturas lentamente, permitan la moderación climática.

Viscosidad

Es la propiedad que tiene un fluido de oponer una resistencia a diversos movimientos internos o globales. Es la base de las pérdidas de carga, por lo tanto, juega un papel importante en el tratamiento de aguas.

Disminuye a medida que aumenta la temperatura (Tabla 5).

Tabla 5. Viscosidad del agua.

Temperatura °C	Viscosidad mPa.s	Temperatura °C	Viscosidad mPa.s
0	1.797	20	1.007
5	1.523	25	0.895
10	1.301	30	0.800
15	1.138	35	0.723

En regla general, la viscosidad aumenta con el grado de salinidad.

Tensión superficial

Es definida como una fuerza de tracción que se ejerce en la superficie de un líquido tendiente siempre a reducir lo más posible la amplitud de esa superficie.

Es tal que provoca un ascenso capilar de 15 cm a 18 ° C en un tubo de 0,1 mm de diámetro.

La tensión superficial disminuye con el aumento de temperatura y aumenta con el grado de sales disueltas.

Presión osmótica

Es un fenómeno que se establece entre dos fases líquidas de concentraciones salinas distintas, separadas por una membrana semipermeable (solo permite el paso de moléculas de agua). La fuerza impulsora es el gradiente de concentraciones salinas.

Constante dieléctrica

La constante dieléctrica del agua, en el orden de 80, es una de las más elevadas que se conocen; debido a esta característica, el agua posee un poder ionizante muy importante.

La estructura y la polaridad de la molécula de agua hacen que esta sea un disolvente capaz de reducir las fuerzas de atracción que existen entre partículas de cargas opuestas.

La constante dieléctrica es una medida de esa reducción:

Fuerza entre dos cargas en el vacío

Coeficiente Dielectrico =



Fuerza entre dos cargas en el medio

La capacidad del agua pura para reducir las fuerzas entre las partículas cargadas es un factor primordial como solvente de muchos compuestos iónicos.

Conductividad eléctrica del agua: el agua es ligeramente conductora. La conductividad del agua más pura obtenida es de 4,2 micros siemens por metro.

Propiedades ópticas

La transparencia del agua depende de la longitud de onda de la luz que la atraviesa. El ultravioleta la atraviesa casi completamente, mientras que el infrarrojo apenas la penetra. En el espectro visible, el agua absorbe fuertemente el rojo y el naranja y transmite el azul.

Estructura de la materia y molécula de agua

Átomo: partícula más pequeña que puede existir como elemento, conservando sus propiedades (H, Na). Hay alrededor de 118 elementos catalogados en la tabla periódica.

Molécula: es la partícula más pequeña que puede existir como sustancia compuesta (por más de un átomo). (H₂O: agua, NaCl: sal de mesa, C₂OH₆: etanol).

Un compuesto se forma cuando dos o más átomos se enlazan químicamente; el compuesto resultante de este enlace es química y físicamente único y diferente de sus átomos originarios.

Enlaces químicos: existen tres tipos de enlaces, los iónicos, los covalentes y los covalentes polares.

Como primera aproximación, se puede decir que los compuestos más solubles en

agua serán los que tiene uniones iónicas, luego los covalentes polares. Los que poseen uniones covalentes serán prácticamente insolubles en agua.

- Enlaces iónicos

En las uniones químicas, los átomos tienen la tendencia de poseer 8 electrones en su última órbita. En los enlaces iónicos, los electrones de valencia se transfieren de un átomo a otro, del más electropositivo al más electronegativo.

Durante este proceso de perder o ganar electrones, los átomos forman iones, partículas cargadas de carga opuesta que se atraen entre ellos a través de fuerzas electrostáticas, que son la base de su estructura tridimensional. Los compuestos con enlaces iónicos forman sólidos cristalinos con altas temperaturas de fusión.

Los compuestos iónicos se disuelven fácilmente en el agua y otros solventes polares, en solución, contribuyen fundamentalmente a la conductividad de esta.

- Enlaces covalentes

Ocurre cuando los átomos comparten pares de electrones; la electronegatividad debe ser parecida. Cada uno de los elementos comparte el o los pares electrónicos para alcanzar los 8 electrones en su última órbita. Es el enlace típico entre dos átomos iguales de los no metales (Nitrógeno, oxígeno, etc.).

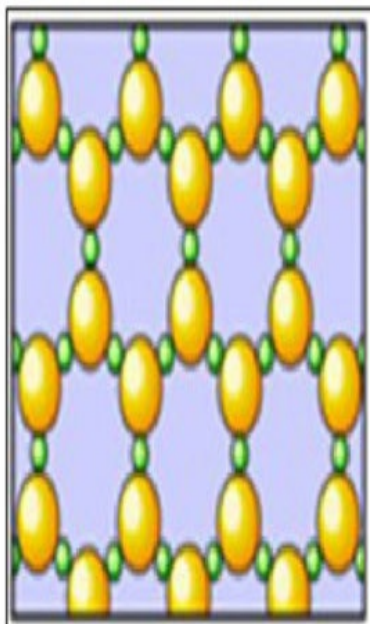
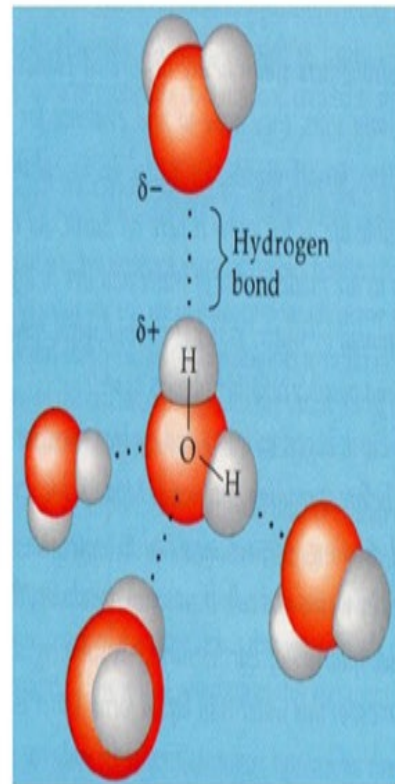
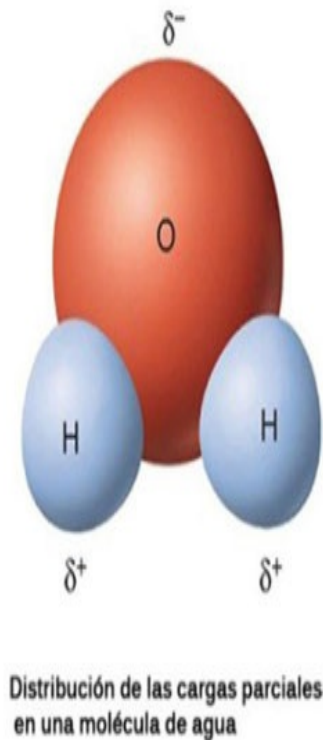
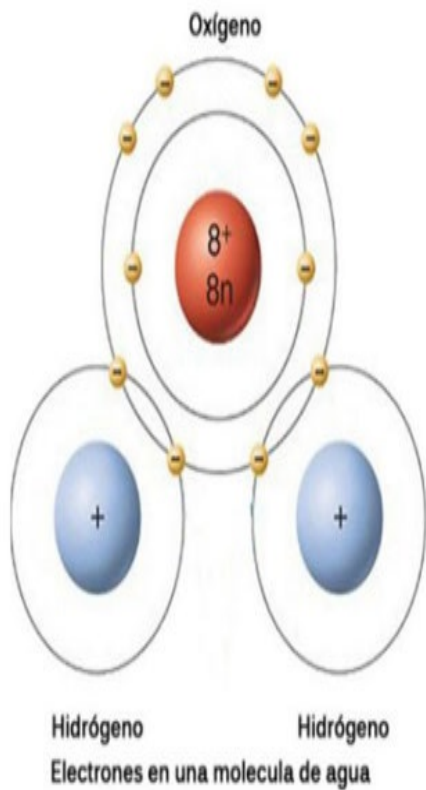
La estructura de la mayoría de los polímeros naturales y sintéticos tiene enlaces covalentes. En las moléculas con enlaces covalentes, al estar los electrones compartidos, no se forman cargas iónicas; por lo tanto, no hay fuerzas intermoleculares fuertes, como en las moléculas con enlaces iónicos. Muchos compuestos con enlaces covalentes son gases o líquidos a temperatura ambiente, y, en general, son muy poco solubles en agua (ej., hidrocarburos).

- Enlaces polares

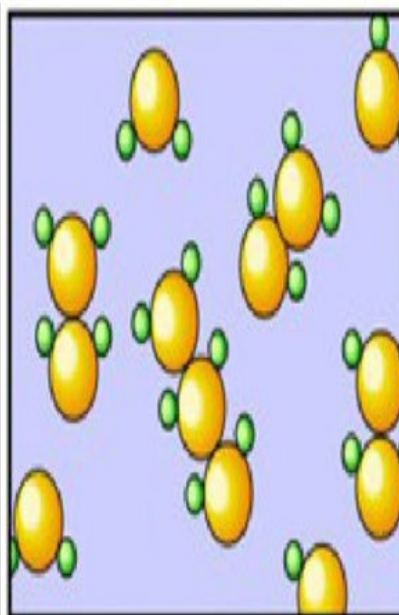
Un enlace polar se produce cuando el o los pares de electrones compartidos en un enlace covalente son desigualmente compartidos por los dos átomos, pasan mayor tiempo alrededor de uno de los átomos, el que tiene mayor electronegatividad. Por ejemplo, en el enlace O-H del agua, el par de electrones compartido está más desplazado hacia el átomo de oxígeno.

Molécula de agua

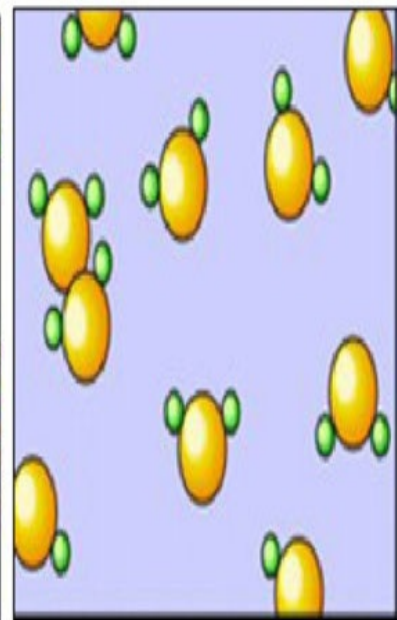
Es un buen ejemplo de enlaces covalentes polares. Cada unión O-H forma un dipolo y toda la molécula resulta en un dipolo. De esta forma, por la distribución de cargas positivas y negativas, cada molécula de agua es atraída y atrae a sus vecinas, a través de fuerzas electrostáticas, denominadas Puente Hidrógeno (Figura 1). Esta particularidad es la base de las propiedades del agua, como: estado líquido a temperatura ambiente, constante dieléctrica, densidad, tensión superficial, temperaturas de fusión y evaporación, poder solubilizante de sustancias iónicas y polares, y poca capacidad de solubilizar compuestos con enlaces covalentes, hidrocarburos, grasas, aceites, etc.



Estructura molecular ordenada del agua sólida



Estructura molecular semiordenada del agua líquida



Estructura molecular aleatoria del vapor de agua

Figura 1: estructura de las moléculas de agua en diferentes estados del agua

Fuente: <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/8a.html>

Formas de expresar la concentración de una sustancia en agua

Las formas que se expresan a continuación son válidas para sustancias disueltas en agua, ya sea totalmente ionizada o en forma polarizada, teniendo en cuenta, además, que la mayoría de las aguas con las que nos encontramos son soluciones medianamente diluidas.

- Masa por litro

Lo más corriente es expresar la concentración de un compuesto en mg/l, miligramos de ese compuesto en un litro de agua. Para compuestos que aparecen en muy baja concentración (muchos metales pesados y la mayoría de los compuestos orgánicos), se usa una unidad menor al miligramo, el $\mu\text{g/l}$, microgramo por litro. ($1 \text{ mg} = 1.000 \mu\text{g}$).

Muchas veces esta forma se denomina ppm, partes por millón, que rigurosamente son los miligramos de un compuesto contenido en un Kg de solución; tratándose de soluciones diluidas, numéricamente es muy parecido al anterior.

- MOL - Partículas por litro

Un MOL es un número fijo de cualquier tipo de partículas: átomos, moléculas, iones.

Número de Avogadro: $6,02 \times 10^{23}$. Un Mol es este número.

Un Mol es la cantidad de materia que contiene un Número de Avogadro de partículas.

El peso o masa de un MOL de partículas es el peso atómico o peso molecular expresado en gramos.

MOLARIDAD = MOLES de Solute en un litro de solución

Moles de soluto = masa de soluto/ peso molecular o atómico.

Las concentraciones de los solutos en la constante de equilibrio siempre se expresan en moles, ya que son el número de partículas de reactivos y productos, que definen la velocidad o cinética de una reacción.

- NORMALIDAD = Número de Equivalentes / litro de solución

Una concentración NORMAL de una sustancia es la que contiene determinado peso equivalente por litro de solución.

El peso equivalente se basa en:

Carga del ión

Número de protones u oxhidrilos intercambiados en una reacción ácido-base.

Número de electrones transferidos en reacciones de óxido reducción.

- Suspensiones. Emulsiones

A partir de que el tamaño de las partículas se hace visibles al microscopio óptico, constituyen las suspensiones (sólidos) y las emulsiones (líquidos).

Son sistemas de dos fases, sistemas heterogéneos. Las partículas dispersas tienen un tamaño entre 1 a 500 nm.

Estas partículas en suspensión son responsables de la turbiedad del agua.

Formación de las aguas naturales

Cuando un líquido como el agua se pone contacto con un sólido (rocas, arenas, sales), con el sólido pueden ocurrir dos cosas:

Se disuelve, es decir que el sólido se disgrega formando partículas de tamaño muy pequeño, que se entremezclan con las del líquido formando una Fase Homogénea. O sea, no es posible determinar porciones que contengan un componente u otro, las propiedades de la mezcla dejan de ser las del sólido o las del líquido, correspondiendo a las de la mezcla, que pasa a llamarse solución.

Permanece suspendido, independientemente del tamaño de la muestra que se analice, siempre se pueden encontrar porciones diferentes: una fase sólida y una líquida, cada una de las cuales tiene propiedades distintas. La mezcla se llama suspensión (turbiedad). Si pasamos a través de un filtro de tamaño de poro muy pequeño (por ejemplo, 0,45 micrones = 0,00045mm), la solución permanecerá como tal luego del pasaje, mientras que la suspensión se separará en el sólido y en el líquido.

En realidad, las soluciones están formadas por partículas con cargas eléctricas negativas y positivas, que son las sales disueltas, y que le confieren a la solución la capacidad de conducir la corriente eléctrica, conductividad (cargas en movimiento).

Agua superficial

Siguiendo el ciclo del agua, debido a su circulación sobre suelos y sobre la superficie de la tierra, se carga de materias en suspensión y en solución, entonces, el agua superficial es una matriz originariamente limpia y pura, el líquido agua, que se modifica, enriquece y poluciona con sustancias disueltas y partículas en suspensión.

A su paso a través de la cuenca hidrográfica, el agua se va cargando de sustancias disueltas y material en suspensión de distintos orígenes: (Tabla 6):

un origen natural de tipo mineral, por desgaste de rocas y suelos: sales disueltas, arcillas, limos.

un origen natural de tipo gaseoso, por su intercambio con la atmósfera (anhídrido carbónico, oxígeno, nitrógeno).

un origen natural, desechos de animales y vegetales, organismos vivos, plancton, bacterias, virus.

un origen antropogénico, sales de metales pesados (uso industrial), detergentes, hidrocarburos, plaguicidas, solventes orgánicos, bacterias y virus patógenos.

Tabla 6. Sustancias en suspensión en el agua.

Efecto	Contacto	Origen	Sustancia	Determinaciones
Lluvia	Agua + gases disueltos	Natural	Oxígeno + anhídrido carbónico	Oxígeno disuelto, alcalinidad
Contacto con suelos	Agua + gases disueltos + Sustancias disueltas + Sustancias en suspensión	Sales Disueltas Inorgánicas	Iones mayoritarios. pH, alcalinidad	Iones mayoritarios; Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, Cloruros, Sulfatos, Nitratos, Fluoruro, Fosfato, Silicatos, Hierro, Aluminio, Manganeso
		Sustancias orgánicas disueltas	Ácidos húmicos y fúlvicos	COLOR/ UV 254
	Partículas en suspensión	Material particulado	Limo, arcillas, arena	Turbiedad
Contacto con suelos y otros	Organismos vivos	Biológico	Fito y zoo plancton. Bacterias virus	Plancton Bacteriología
Aporte de la actividad humana / industrial	Compuestos inorgánicos	Industrial cloacal	Metales pesados y tóxicos	As, Cr, Hg, Cd, Pb cianuros, fenoles, detergentes nitrito, amonio
	Compuestos orgánicos	Industrial	Solventes	Hidrocarburos SOC/VOC
		Uso agrícola	Orgánicos semivolátiles y fijos	Plaguicidas / Herbicidas
	Organismos vivos	Cloacal	Biológico	Bacterias patógenas Virus, parásitos
Tratamiento	Materia orgánica +cloro	Subproductos	Subproductos de la cloración	Trihalometanos, cloro fenoles, otros

SOC- Sustancias orgánicas sintéticas

VOC Sustancias orgánicas volátiles

Entonces, sintetizando, las aguas superficiales son originariamente una matriz bastante pura del líquido agua, pero modificada por sustancias disueltas (minerales y orgánicas) y partículas en suspensión (minerales, orgánicas y organismos vivos).

Los compuestos orgánicos disueltos provienen, por un lado, de la descomposición de plantas y animales, del metabolismo de ciertos organismos; estos primeros, de origen natural (ácidos húmicos y fúlvicos) son los responsables del color que toma el agua superficial, que también se puede medir por la oxidabilidad, el COD (carbono orgánico disuelto) o la medición de UV 254; otros compuestos orgánicos disueltos tienen, en general, un origen que depende de la actividad humana (antropogénico) y/o industrial; hidrocarburos, plaguicidas, herbicidas, hidrocarburos poli cíclicos aromáticos, solventes orgánicos (SOC/VOC), fenoles, detergentes.

Los compuestos inorgánicos disueltos naturales provienen, por un lado, del desgaste y disolución de rocas y minerales en el escurrimiento de la cuenca, también por disolución de gases atmosféricos, como el CO₂ y el O₂, y son los que conforman básicamente las características químicas del agua, como conductividad, alcalinidad, pH, dureza, iones mayoritarios. Otros compuestos inorgánicos provienen de la actividad del hombre y pueden ser más riesgosos para la salud, como sales u óxidos de metales pesados (cromo, plomo, mercurio, etc.), cianuros. Entre las partículas en suspensión, también vamos a encontrar de origen natural y por actividad humana.

La mayoría tiene un origen natural y mineral, por el lavado de los suelos: limos y arcillas ricos en silicatos de hierro y aluminio, responsables principalmente del parámetro turbiedad.

Otras partículas en suspensión son organismos vivos microscópicos, como bacterias, virus, plancton. Entre estos, y a consecuencia de la actividad humana, aparecen organismos patógenos, especialmente por los volcamientos cloacales

y/o industriales.

Aguas subterráneas

Volviendo al ciclo del agua, habíamos visto que, tras las precipitaciones, una parte (la mayor) se infiltra en el subsuelo y contribuye a la alimentación de las aguas subterráneas.

Por su paso a través del terreno, las aguas subterráneas sufren un proceso de purificación prácticamente natural. La naturaleza geológica del terreno tiene una influencia determinante sobre la composición química de las aguas subterráneas. En todo momento, el agua está en contacto con el suelo, en el cual está estacionada o circulando lentamente, estableciendo un equilibrio entre la composición del terreno y la del agua.

En tanto una napa subterránea es polucionada, es muy difícil recuperar su pureza original; los contaminantes no solo se hallan en al agua intersticial, sino también fijados y absorbidos en los minerales del subsuelo.

Algunas diferencias: zona, agua del Río de la Plata y Acuífero Puelche se observan en la Tabla 7.

Tabla 7. Características del agua superficial y subterránea

Características	Agua Superficial
Temperatura	Variable según las estaciones 14 a 28C
Turbiedad	Variable y elevada 30 a 150 NTU
Color	Elevado 30 a 100 UC
Mineralización (Conductividad)	Generalmente baja y variable 200/400 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Contaminación	Puntual
Bacteriología	Contaminada

NTU Unidades Nefelométricas de Turbiedad

UC, Unidades de Color

μS / micro Siemens

Remarcamos alguna características generales de las aguas superficiales:

Arco terrestre superficial (Aguas superficiales). Características distintivas:

Visibles. Contenidas en un medio libre.

Alta velocidad de circulación.

Por su posición:

- desprotegida de las acciones antrópicas
- afectadas por la variabilidad pluviométrica

Disponibilidad acotada en el lugar o cerca de donde se produce la demanda.

Evaluación directa.

Menos abundantes que las subterráneas.

Variación composicional y de temperatura.

Las aguas superficiales son las menos protegidas frente a la contaminación. Todos los acuíferos son vulnerables a contaminantes móviles y persistentes. Los acuíferos ya contaminados son de más sencilla descontaminación, cuando la

contaminación se produce se hace perceptible rápidamente.

El tiempo de permanencia es bajo debido a la alta energía del sistema.

Arco terrestre subterráneo (Aguas Subterráneas). Características distintivas:

No visibles. Solo afloran a través de manantiales. Contenidas en un medio poroso o fisurado.

Baja velocidad de circulación.

Por su posición:

- protegidas de las acciones antrópicas
- menos afectadas por la variabilidad pluviométrica

Su almacenamiento no ocupa lugar y está libre de pérdidas. Disponibilidad en el lugar o cerca de donde se produce la demanda.

Evaluación indirecta.

Más abundantes que las superficiales y mayor regularidad composicional y de temperatura.

Características ambientales

Las aguas subterráneas son las más protegidas frente a la contaminación.

Todos los acuíferos son vulnerables a contaminantes móviles y persistentes.

Los acuíferos ya contaminados son de muy difícil o imposible descontaminación, cuando la contaminación se hace perceptible, está hace ya

tiempo instalada.

La contaminación se difunde muy lentamente y abarca amplias extensiones.

El tiempo de permanencia es grande debido a la baja energía del sistema.

Química del agua

El agua como solvente

Disolver una sustancia es destruir su cohesión, debida especialmente a fuerzas electrostáticas, del tipo:

Interatómicas: son fuertes ligaduras químicas; uniones covalentes (covalentes dativas) o iónicas.

Intermoleculares: uniones de cohesión entre moléculas (punte hidrógeno-dipolo permanente)

Fuerzas atractivas débiles: (Van der Waals-dipolo inducido), que aseguran la unión ente moléculas

La atracción hidratante del agua (molécula bipolar) compite y destruye total o parcialmente las diversas uniones electrostáticas entre los átomos o las moléculas de la sustancia por disolver, reemplazándolas con nuevas uniones con las moléculas de agua; se produce una verdadera reacción química (solvatación).

si contienen grupos funcionales polarizables o ionizables (hidroxilos, carbonilos, aminos, etc.) serán solubles en agua, y

si contienen grupos funcionales no polarizables (terminales alcanos) no lo serán.

Estos mecanismos son característicos de la disolución de sustancias sólidas iónicas (sales).

Solubilidad de gases

La solubilidad de los gases en un líquido obedece a la Ley de Henry:

$$P = K_h \cdot X_2$$

P = Presión del gas sobre la solución.

K_h = Constante de Henry (característica para cada gas y solvente).

X_2 = Fracción molar del soluto en la solución.

Tabla 8. Algunas solubilidades a 10°C y 1 bar de presión.

Gas	Solubilidad mg/l
Nitrógeno	23.2
Oxígeno	54.3
Dióxido de C	2318
Sulfhídrico	5112

Metano	32.5
Hidrógeno	1.6

La solubilidad de los gases aumenta con el descenso de la temperatura del cuerpo de agua.

Ionización y pH

Un compuesto mineral disuelto en el agua se disocia más o menos con la aparición de cargas eléctricas negativas (aniones) y positivas (cationes).

La sustancia disuelta es llamada electrolito y la movilidad de las partículas cargadas (aniones y cationes) permite la conducción eléctrica.

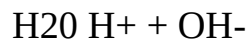
Ciertos ácidos, bases y sales, aún en concentraciones relativamente concentradas, se disocian completamente. Son los llamados electrolitos fuertes:



Otras sustancias, como el ácido acético, se disocian parcialmente y se denominan electrolitos débiles.

pH

El agua misma es un electrolito débil, que se disocia en protones y oxhidrilos:



Por lo tanto, en el agua pura, además de encontrar mayoritariamente moléculas de agua, también encontraremos en muy bajas proporciones iones hidroxilos y protones en forma hidratada (H_3O^+ , Hidronio).

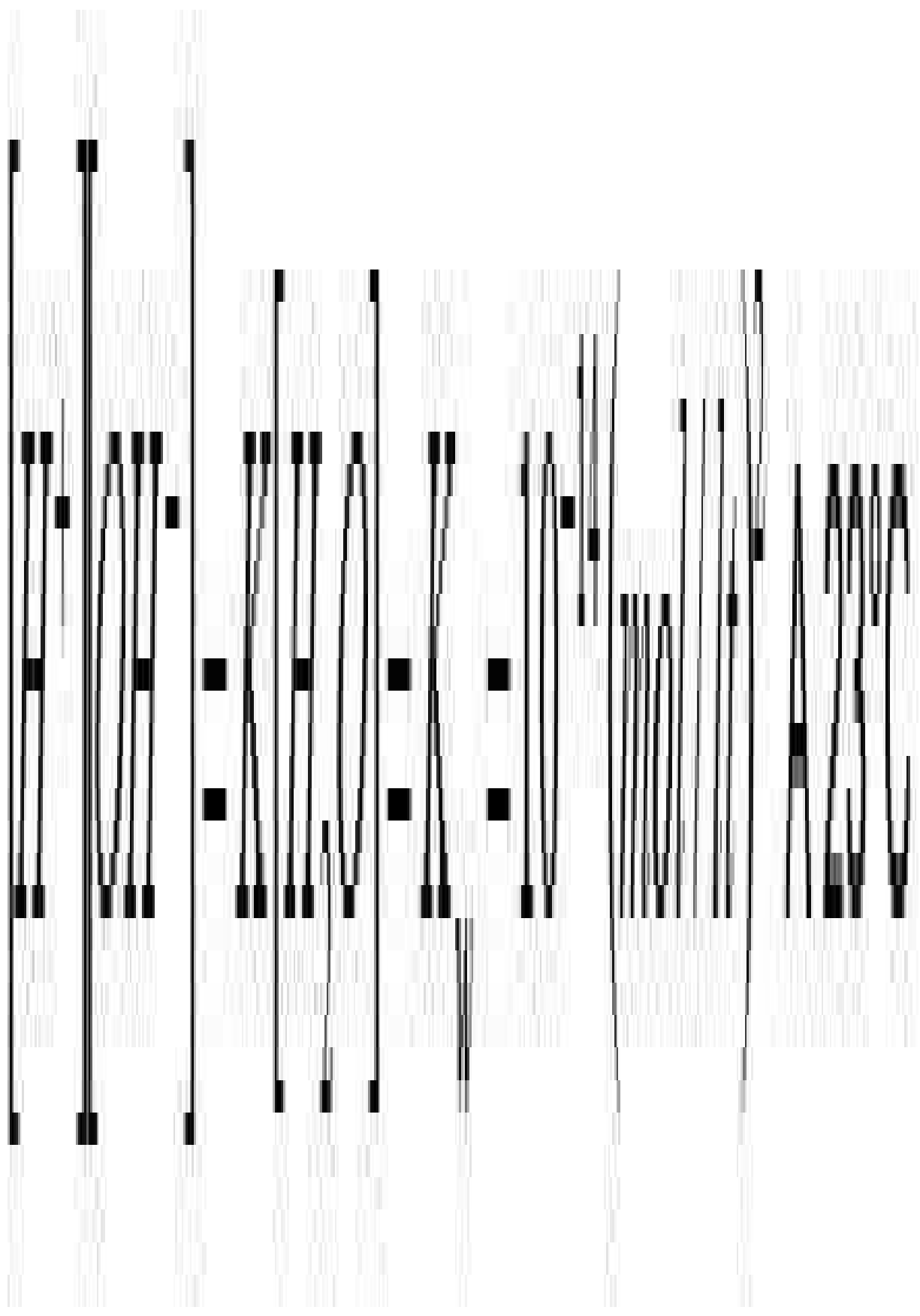
Para toda reacción química, se establece una condición de equilibrio (dependiendo de la temperatura) entre los reactivos y los productos, gobernada por una constante de equilibrio K .

Para el caso de la disociación del agua:

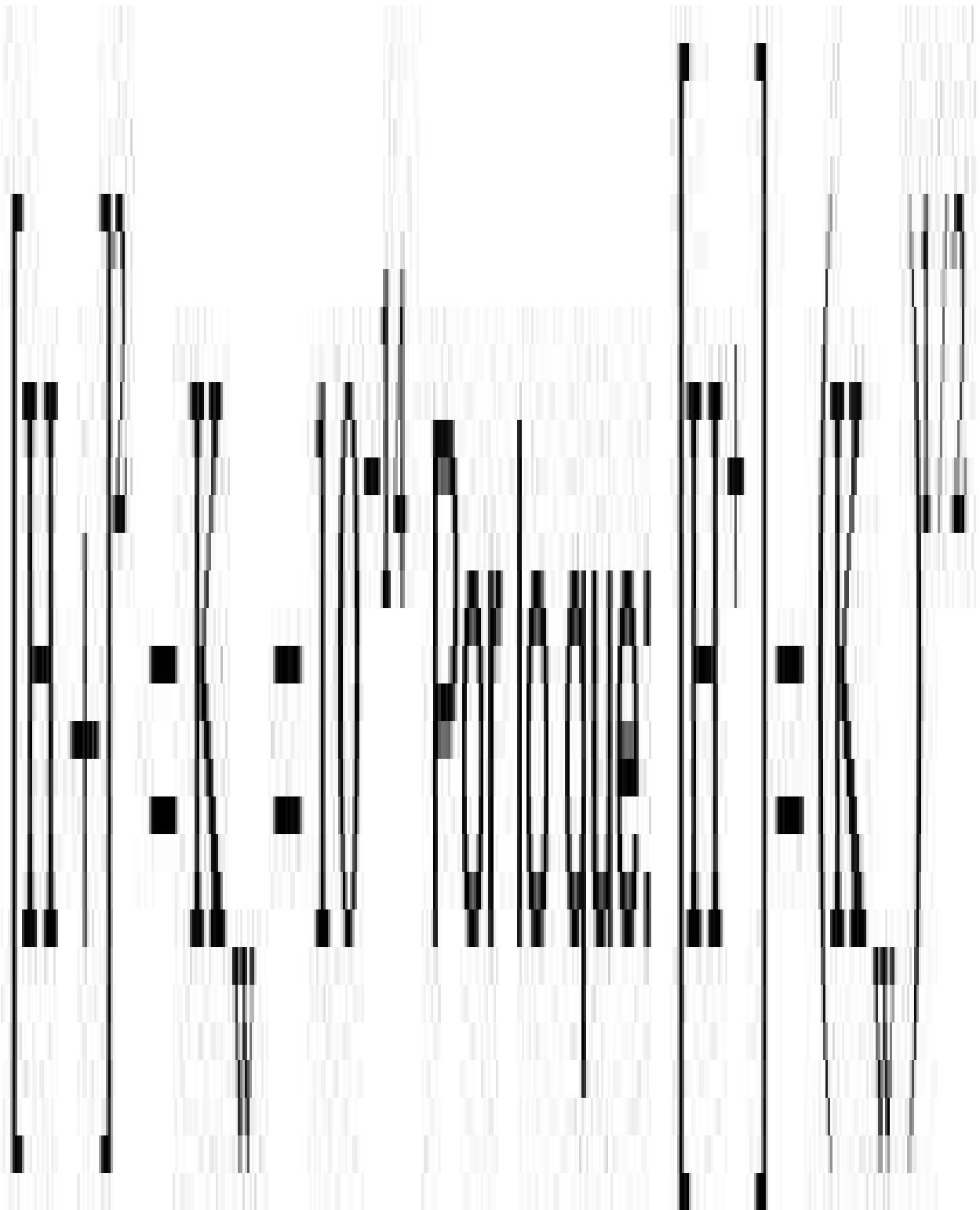
$K = [H^+] [OH^-]$ Constante de disociación del agua.

$[H_2O]$

Como la disociación es muy débil, la concentración de moléculas de agua es prácticamente constante, se puede escribir:



En un agua pura la (H^+) es igual a la (OH^-) , y si reemplazamos en la ecuación anterior, obtenemos:



Se define por convención al pH (potencial hidrógeno) como $-\log [H^+]$.

En un agua neutra y pura $pH = -\log [10^{-14}]^{1/2} = 7$

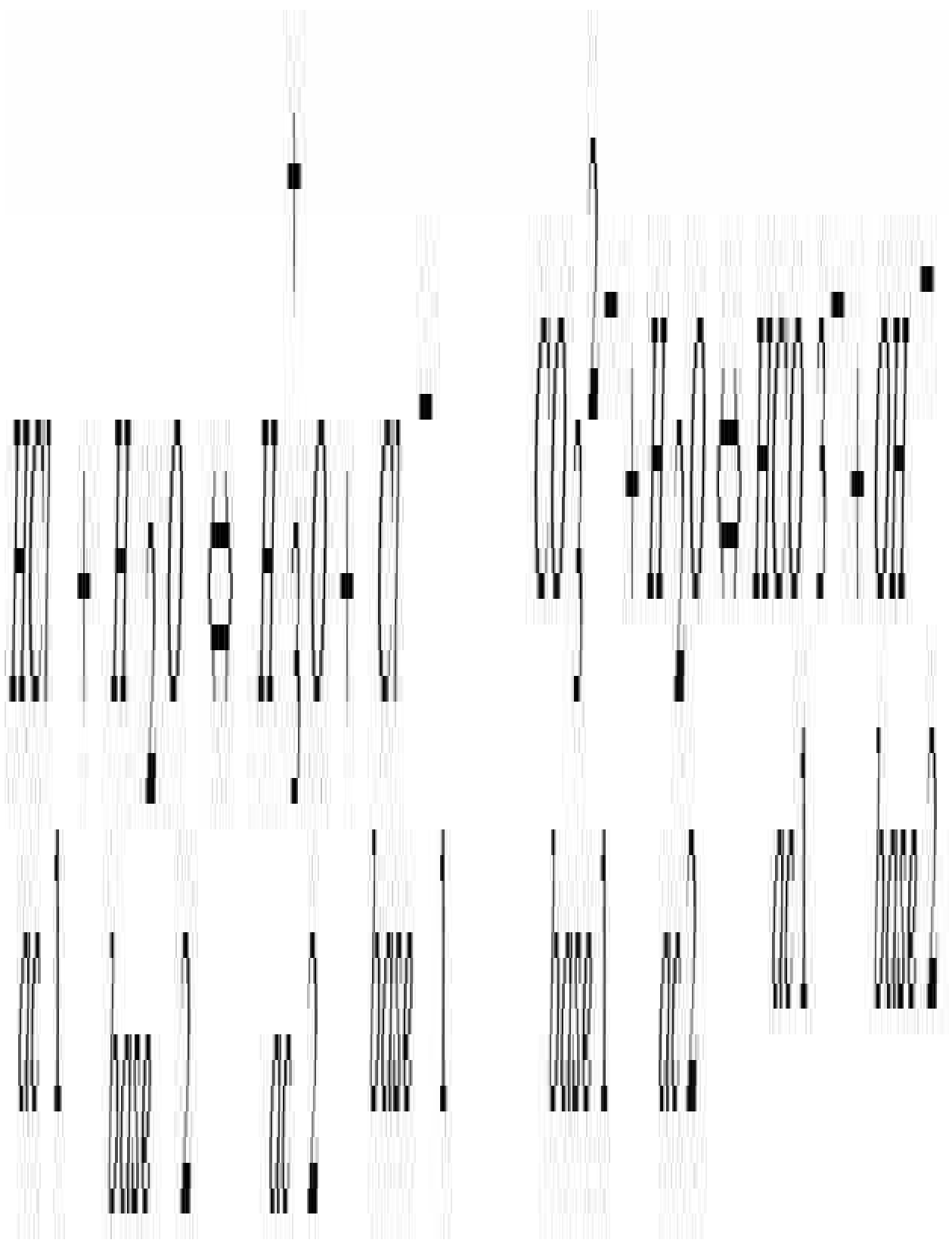
El pH (potencial Hidrógeno) es una forma de expresar la concentración del ión hidronio, es una medida de la acidez del agua.

La escala de pH se extiende de 0 a 14.

A $pH = 0$, se tiene la mayor acidez que contempla esta escala y a $pH 14$, la mayor basicidad.

Ácido: especie que tiene tendencia a perder o donar protones.

Base: especie que tiene tendencia a aceptar o incorporar protones.



Lenguaje del agua

Vamos a mencionar los parámetros principales que caracterizan la calidad de las aguas:

Oxígeno Disuelto

La concentración de Oxígeno Disuelto (OD) en un cuerpo de agua depende de las características físicas, químicas y actividad biológica en el cuerpo.

En un cuerpo de agua hipotético limpio donde no haya actividad biológica, contaminaciones químicas, el nivel de OD va a estar determinado por condiciones físicas: la temperatura y la presión atmosférica, como la de cualquier otro gas que se disuelve en un solvente, en nuestro caso, agua.

En estas condiciones se establecieron niveles de saturación de OD en agua, asociados, además, al grado de salinidad del cuerpo de agua (enfocado para agua de mar y estuarios).

El nivel de OD es uno de los parámetros primarios indicadores de la calidad y estado de un cuerpo de agua.

Su concentración estará asociada, además de la temperatura del cuerpo, a la carga contaminante, especialmente orgánica, que produce un rápido descenso por el consumo de OD asociado al crecimiento bacteriano que usa como nutrientes esa materia orgánica (caso Riachuelo, líquido cloacal, algunos tramos del Reconquista, etc.) y a la actividad fotosintética; un cuerpo cargado con población algal producirá un aumento en el nivel de OD en horarios de luminosidad.

Se define como Porcentaje de Saturación del O.D. a la relación entre el OD medido en un cuerpo de agua y el correspondiente OD de saturación a la temperatura del cuerpo en ese momento.

$\% \text{Saturación OD} = \text{OD medido} * 1000$

Saturación OD

Iones mayoritarios, alcalinidad, conductividad y dureza

Las aguas naturales, tanto superficiales como subterráneas, contienen sales disueltas, provenientes del medio con el que están en contacto (suelos y aire) y el tiempo de contacto con ese medio.

A través de la solubilización de sales de esos medios, las aguas toman características de calidad definidas a través de la composición de sus iones mayoritarios (son los que más abundan). Algunos de estos compuestos definen características predominantes en la calidad del agua, sus usos y tratamientos:

Asociadas con estas características, se mide la conductividad eléctrica de las aguas (soluciones en general diluidas); operacionalmente, la conductividad es una medida de la resistencia o conductancia eléctrica de una columna de agua delimitada por dos electrodos de platino. La conductividad varía considerablemente con la temperatura, aumentando con el aumento de la temperatura, con un cuerpo con la misma cantidad de sales disueltas.

Sólidos Disueltos Totales

Iones Mayoritarios

Son los aniones y cationes más abundantes en todas las aguas naturales y tratadas.

Cationes: Ca^{++} (Calcio), Mg^{++} (Magnesio), Na^+ (Sodio), K^+ (Potasio)

Aniones: CO_3H^- (Carbonato ácido), $\text{CO}_3^{=}$ (Carbonato), Cl^- (Cloruro), $\text{SO}_4^{=}$ (Sulfato), NO_3^- (Nitrato), SiO_3^- (Silicato), F^- (Fluoruro)

Importante:

Sumatoria de cargas positivas = Sumatoria de cargas negativas

Las soluciones son eléctricamente neutras.

Residuo Seco

Metodológicamente, se entiende por residuo seco a 105 °C al peso en miligramos de sustancias disueltas en un litro de agua.

Esta medición está emparentada con la conductividad, pero siempre debe tenerse en cuenta que las relaciones lineales entre una y otra solo se pueden aplicar para aguas de un mismo origen y semejantes en la distribución de los iones que las forman.

A través de esas relaciones, se establece el residuo conductimétrico.

Alcalinidad

Es una medida de la capacidad de neutralizar ácidos que posea el agua.

La alcalinidad del agua se debe a la presencia de iones oxhidrilos (HO⁻) y su capacidad para neutralizar la acidez. La presencia de oxhidrilos se debe a la acción de sales provenientes de ácidos débiles y bases fuertes; los más comunes son los carbonatos (CO₃⁻²) y bicarbonatos (CO₃H⁻), fundamentalmente.

Alcalinidad: Carbonatos (CO₃⁻²) + Bicarbonatos (CO₃H⁻) + Oxhidrilos (HO⁻)

Por cálculos, pueden determinarse las tres formas de alcalinidad.

pH < 4,3 no hay alcalinidad, aguas ácidas

4,3 > pH < 8,3 alcalinidad de bicarbonatos y CO₂ libre

pH < 8,3 alcalinidad de carbonatos y posibilidad de oxhidrilos

Dureza

Es el contenido de iones calcio y magnesio del agua; da una idea de la posibilidad de formar compuestos insolubles en el agua.

Para que se produzcan incrustaciones, es necesario que estén presentes tanto los carbonatos, como el calcio y magnesio.

Turbiedad

Es una medida de las materias en suspensión presentes en un agua.

Si hacemos incidir un haz de luz a través de una suspensión, la presencia de partículas se interpone en el camino de la luz y la desvía, de modo que, al detectar la intensidad de la luz luego de atravesar la suspensión, llegará atenuada por los desvíos producidos por la presencia de esas partículas coloidales.

Este es el principio de funcionamiento de un turbidímetro, medir la intensidad del haz de luz disperso que será proporcional a la cantidad de material coloidal presente.

La turbiedad se expresa en UNT (Unidades Nefelométricas de Turbiedad), basada en suspensiones estandarizadas que constituyen los patrones de turbiedad.

Material en suspensión (Mes)

Operativamente es la separación de materias en suspensión por filtración sobre un filtro de lana de vidrio, posterior secado a 105 C y pesado. (En algunos casos, previamente a la filtración se debe hacer una centrifugación).

Color

La presencia de material disuelto puede otorgarle al agua coloración que dependerá del material que la origina.

En la mayoría de los casos, el color se debe a sustancias orgánicas naturales muy complejas, provenientes del lavado de suelos, descomposición de vegetales, presencias de altas concentraciones de fitoplancton; en otros casos, a sustancias inorgánicas, como sales de hierro o manganeso.

En la mayoría de los casos, las aguas superficiales presentan color.

Analíticamente, el color se mide en UC (Unidades de Color), comparando el color de la muestra a medir con el de soluciones de referencia de una sal de cloroplatinato de potasio.

Color Verdadero es el que se mide cuando en una muestra se ha removido previamente la turbiedad por filtración o centrifugación.

Color Aparente es el que se mide sin haber removido la turbiedad.

Materia Orgánica Natural (MON)

Las sustancias denominadas como Materia Orgánica Natural (MON) son una mezcla extremadamente compleja de compuestos orgánicos presentes en todas las agua superficiales.

La MON está formada especialmente por ácidos húmicos y fúlvicos, generados por la degradación de animales y vegetales tanto en los suelos, como en el mismo cuerpo de agua.

Las sustancias húmicas son polímeros, ácidos policarboxílicos poliinsaturados, conformados por las siguientes fracciones principales: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, ácido hematmelánico y, en menor proporción, proteínas, polisacáridos y otra clase de polímeros naturales.

La MON no incluye compuestos orgánicos de aporte de la actividad humana.

La MON es importante en reacciones y procesos que afectan la calidad del agua.

proporciona precursores para la formación de subproductos de la cloración (desinfección) (THM s).

es sustrato para la formación de biofilms en el tratamiento y en el sistema de distribución.

sus estructuras son capaces de complejar metales pesados.

se pegan a las superficies coloidales.

A nivel Laboratorio de Control, no se determina la MON, sino algunos de sus indicadores: Carbono Orgánico Disuelto (COD), medición de absorbancia a 254 nm (UV 254), Color.

Oxidabilidad / Índice de Permanganato

Es una de las más antiguas metodologías para estimar la materia orgánica en el agua.

Analíticamente es una titulación por retorno, tras una oxidación con permanganato de potasio.

Se define como: concentración en masa de oxígeno equivalente a la cantidad de iones permanganato consumidos, cuando una muestra de agua es tratada por el permanganato de potasio, en las condiciones definidas del ensayo.

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Metodológicamente, es una determinación semejante a la anterior, la muestra

para analizar es oxidada por una solución de dicromato de potasio, un oxidante más fuerte que el permanganato.

La DQO es la concentración, expresada en miligramos por litros de oxígeno, equivalente a la cantidad de dicromato de potasio consumido por las materias disueltas o en suspensión que son oxidadas en una muestra de agua con ese oxidante, en las condiciones de ensayo definidas.

Nota. 1 mol de dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) equivale a 1,5 moles de oxígeno (O_2)

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Es la cantidad de oxígeno consumido a 20°C y en la oscuridad, después de un tiempo determinado, cinco días, DBO₅, para asegurar por vía biológica la oxidación de materias orgánicas presentes en el agua.

La DBO₅ es una medida de la cantidad de materia orgánica carbonada biodegradable, mide la cantidad de oxígeno necesario para degradar esa materia orgánica en condiciones aeróbicas.

Se define DBO₅ como: la cantidad de oxígeno, expresada en miligramos, que es consumida en las condiciones del ensayo (incubación durante cinco días, a 20° C y en la oscuridad) por materias presentes en 1 litro de agua, para asegurar su degradación por vía biológica.

Carbono Orgánico Total (COT)

La determinación de COT permite evaluar la concentración de materias orgánicas presentes en el agua, a través de su oxidación total, su transformación en dióxido de carbono (CO_2) (Combustión) y su posterior valoración con patrones.

UV 254: compuestos orgánicos naturales encontrados comúnmente en el agua, con estructuras de compuestos aromáticos, con dobles enlaces conjugados, como lignina, tanino, sustancias húmicas, absorben fuertemente la radiación

ultravioleta.

El ensayo UV 254 es sencillamente la medición de la absorbancia de una muestra de agua, irradiada por un haz ultravioleta de 254 nm.

Los riesgos en el agua potable

Vamos a enfocarnos a partir de ahora en la producción de agua potable y sus riesgos asociados. ¿Qué es el agua potable?

Un agua que no hace correr ningún riesgo a la salud del hombre en el corto, mediano y largo plazo.

Un agua que es aceptada por los consumidores, desde el punto de vista organoléptico.

Un agua que no se degrada durante su transporte hasta el punto de utilización.

Un agua que no degrada las instalaciones de transporte y almacenamiento.

¿Cómo la obtenemos?

Fuente natural de agua Tratamiento agua potable

Parámetros Indicadores de calidad

¿Por qué se fijan límites de calidad para las sustancias presentes en el agua potable?

Una de las características principales y excluyentes del agua potable, como apta para el consumo humano, es que debe cumplir con una serie de condiciones en cuanto a las características fisicoquímicas y biológicas. La presencia de

contaminantes fisicoquímicos implica un riesgo, en general, a mediano o largo plazo, es decir que los efectos tóxicos no se evidencian sino pasado cierto tiempo de consumo continuo del agua.

En cambio, la presencia de contaminantes microbiológicos implica un riesgo a corto plazo o inmediato; o sea, una sola ingestión puede provocar enfermedad.

Desde el punto de vista microbiológico, para que el agua pueda ser considerada potable:

No deberá contener microorganismos patógenos.

Entre los microorganismos se encuentran algunos no patógenos (banales) y otros patógenos. Se debe aclarar que un organismo patógeno solo normalmente no provoca enfermedad, sino que se necesita ingerir una cierta cantidad, que se denomina dosis infecciosa. La dosis infecciosa varía entre individuos, depende de las características de los microorganismos (invasividad, virulencia) y del estado de la persona que lo ingiere (edad, sexo, condiciones físicas, estado nutricional, condiciones inmunológicas, etc.).

Indicadores microbiológicos

Los microorganismos patógenos de posible presencia en el agua son los excretados por los enfermos a través de la materia fecal. Es decir, que toda presencia fecal trae aparejada un riesgo de transmisión de enfermedades hídricas.

Dado que es imposible investigar todos los microorganismos patógenos que puedan existir en el agua potable, la búsqueda se reduce a algunos, cuya presencia nos indica que puede haber contaminación de origen cloacal, y, a la vez, son una medida de la eficiencia del tratamiento de potabilización, especialmente de la desinfección: son los Indicadores de contaminación (especialmente coliformes y *Escherichia coli*).

Parámetros fisicoquímicos

De todos los parámetros fisicoquímicos que definen la potabilidad de un agua, la mayoría están relacionados con aspectos de la salud, unos pocos se relacionan con lo estético, y, por ende, con la aceptabilidad del producto por parte del consumidor.

Los riesgos para la salud asociados con sustancias químicas tóxicas son, en general, riesgos a mediano y largo plazo, ya que es poco probable que esas sustancias causen un problema agudo de salud, a menos que se produzca una contaminación a gran escala en el sistema de abastecimiento, en cuyo caso, seguramente, el agua se vuelve imbebible por el sabor, olor o apariencia, lo que producirá un rechazo natural.

El riesgo surge de la posibilidad de que esas sustancias produzcan efectos negativos luego de períodos prolongados de ingestión, como en el caso de los tóxicos acumulativos y las sustancias carcinogénicas.

Normativa

¿A cuáles sustancias se les fija un límite?

La normativa nacional como internacional tiene en cuenta los compuestos que:

Pueden encontrarse en el agua.

Se tienen evidencias que pueden provocar efectos nocivos.

Para fijar límites de las sustancias químicas potencialmente nocivas, se consideran distintos estudios, según la metodología elegida por la OMS (Organización Mundial de la Salud).

Para las sustancias tóxicas, en primer lugar, se determina la Ingesta Diaria Tolerable (IDT).

Para ello, se consideran estudios epidemiológicos y ensayos en animales, que

permiten fijar el nivel por el cual no se observan efectos adversos o un efecto mínimo, y, además, se aplica un factor de incertidumbre.

Para cada parámetro, las concentraciones admisibles en el agua provienen de plantear un balance entre el consumo de esa sustancia a través de otras fuentes y del agua, considerando que el adulto ingiere 2 litros/día.

Para el caso de sustancias carcinogénicas, los límites se determinan sobre la base de modelos matemáticos, y el riesgo de tener un caso adicional de cáncer por cada 100.000 habitantes, que tomen esa agua a la concentración límite, durante 70 años.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha publicado varias ediciones de las guías para la calidad del agua potable en 1983-1984, 1993-1997 y 2004, como sucesoras de anteriores, con normas internacionales para el agua potable, publicada en 1958, 1963 y 1971.

Las guías desarrollan conceptos, enfoques e información para garantizar la calidad del agua potable.

Se basa en los principios de prevención a través de un enfoque de barreras múltiples, destacando la importancia de la protección de la fuente de agua.

«Al definir los límites obligatorios, es preferible tener en cuenta las directrices en el contexto del medio ambiente local o nacional, las condiciones sociales, económicas y culturales».

Las directrices también deben ser parte de una estrategia de protección de la salud en general, que incluye el saneamiento y otras estrategias, tales como la gestión de la contaminación de alimentos.

La seguridad microbiana de los suministros de agua potable se basa en el uso de barreras múltiples, desde la captación hasta el consumidor, para evitar la contaminación del agua potable o para reducir la contaminación a niveles no perjudiciales para la salud.

En términos generales, los mayores riesgos microbianos están asociados con la ingestión de aguas contaminadas con heces de humanos o animales (incluyendo las aves).

Las heces pueden ser una fuente de bacterias patógenas, virus, protozoos y helmintos.

Desinfección

La destrucción de microorganismos patógenos es esencial y muy comúnmente implica el uso de agentes químicos reactivos tales como el cloro.

La desinfección es una barrera eficaz para muchos patógenos (especialmente bacterias) durante el tratamiento de agua potable y se debe utilizar para las aguas superficiales y de las aguas subterráneas sujetas a contaminación fecal.

La desinfección residual se utiliza para proporcionar una protección parcial a la contaminación de bajo nivel y el recrecimiento en el sistema de distribución.

El uso de desinfectantes químicos, por lo general, resulta en la formación de subproductos químicos, sin embargo, los riesgos para la salud de esos productos son extremadamente pequeños en comparación con los riesgos asociados con una desinfección inadecuada y es importante que la eficacia de la desinfección no se vea comprometida al intentar el control de dichos subproductos.

Aspectos químicos

Los problemas de salud asociados con los componentes químicos del agua de consumo difieren de los asociados a la contaminación microbiana y surgen principalmente de la capacidad de los componentes químicos de causar efectos adversos en la salud después de períodos prolongados de exposición.

Hay pocos componentes químicos del agua que pueden producir problemas de salud por una sola exposición, excepto a través de la contaminación accidental masiva de un suministro de agua potable.

Las directrices no definen concentraciones mínimas deseables para los productos químicos en agua potable.

Un valor de referencia normalmente representa la concentración de un constituyente que no da lugar a un riesgo significativo para la salud durante el consumo de toda la vida. Un número de los valores de referencia provisional se ha establecido en función del nivel alcanzable mediante tratamiento o análisis. En estos casos, el valor de referencia es mayor que el valor calculado basado en la salud.

Aspectos radiológicos

Los riesgos para la salud asociados con la presencia de radio nucleídos de origen natural en el agua potable también deben ser tomados en consideración, aunque la contribución del agua potable a la exposición total a los radionúclidos es muy pequeña en circunstancias normales.

Más bien, el enfoque utilizado se basa en la detección en agua potable de las actividades alfa total y de la radiación beta bruta.

Aunque la búsqueda de los niveles de actividad por encima de la detección de valores no indica ningún riesgo inmediato para la salud, debe dar lugar a una mayor investigación para determinar los radionúclidos responsables y los posibles riesgos.

Aspectos de aceptabilidad: el sabor, olor y apariencia

El agua debe estar libre de olores y sabores que serían inaceptables para la mayoría de los consumidores. En la evaluación de la calidad del agua de consumo, los consumidores dependen principalmente de sus sentidos. Componentes microbianos, químicos y físicos del agua pueden afectar la apariencia, olor o sabor del agua.

Los cambios en la apariencia normal, el gusto o el olor de un suministro de agua potable pueden indicar cambios en la calidad de la fuente de agua cruda o deficiencias en el tratamiento, y deben ser investigados.

Aspectos microbiológicos

El mayor riesgo para la salud pública se asocia con el consumo del agua potable que esté contaminada con microbios de origen humano y/o excrementos de animales; aunque otras fuentes y las vías de exposición también pueden ser significativas.

Peligros microbianos asociados con el agua potable

Las enfermedades infecciosas causadas por bacterias patógenas, virus y parásitos (por ejemplo, protozoos y helmintos) son los riesgos de salud más comunes y generalizados asociados con el agua de consumo.

Los patógenos en el agua tienen varias propiedades que los distinguen de otros contaminantes:

Pueden causar efectos agudos y crónicos en la salud.

Algunos agentes patógenos pueden crecer en el medio ambiente.

Los agentes patógenos son discretos.

Se suelen agregar o adherir a los sólidos suspendidos en el agua, y sus concentraciones varían en el tiempo, de manera que la probabilidad de alcanzar una dosis infecciosa no se puede predecir de su concentración media en el agua.

La exposición a un agente patógeno que resulte en enfermedad depende de la dosis, la invasividad y la virulencia del patógeno, así como el estado inmunológico del individuo.

Si se establece la infección, los patógenos se multiplican en su huésped.

Ciertos patógenos en el agua también son capaces de multiplicarse en alimentos, bebidas o sistemas de agua caliente.

A diferencia de muchos agentes químicos, los agentes patógenos no presentan un

efecto acumulativo.

Se presentan los diferentes organismos que pueden desarrollar enfermedades ya sea por la ingesta o contacto con el agua:

Patógenos bacterianos

Patógenos virales

Protozoos patógenos

Helmintos patógenos

Cianobacterias tóxicas

La mayoría de los patógenos bacterianos potencialmente transmitidos por el agua infectan el tracto gastrointestinal y se excretan en las heces de humanos y animales infectados.

Algunos ejemplos: *Acinetobacter*, *Aeromona*, *Bacilo*, *Burkholderipseudomallei*, *Campylobacter*.

Campylobacter spp. es una de las causas más importantes de gastroenteritis aguda en todo el mundo., cepas patógenas de *Escherichia coli*, *Helicobacter pylori*, *Klebsiella*, *Legionella*, *Mycobacterium*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella*.

Las infecciones por *Salmonella* presentan las siguientes manifestaciones clínicas:

gastroenteritis (que van de leve a diarrea fulminante, náuseas y vómitos),

bacteriemia o septicemia (picos febriles con hemocultivos positivos),

fiebre tifoidea / fiebre entérica (fiebre sostenida con diarrea o sin ella).

Los patógenos virales asociados con la transmisión por el agua pueden infectar el tracto gastrointestinal y se excretan en las heces de seres humanos infectados (virus entéricos).

Con la excepción del virus de la hepatitis E, los seres humanos están considerados como la única fuente de especies infecciosas humanas.

Algunos ejemplos: Adenovirus, que incluyen infecciones del tracto gastrointestinal (gastroenteritis), las vías respiratorias (enfermedades respiratorias agudas, la neumonía, el tracto urinario y los ojos, además son una fuente importante de gastroenteritis infantil; Astrovirus, Calicivirus, Enterovirus, que son una de las causas más comunes de las infecciones humanas y se estima que causan alrededor de 30 millones de infecciones en los EE.UU. cada año; Virus de Hepatitis A, Virus de Hepatitis E.

Los protozoos y helmintos se encuentran entre las causas más comunes de infección y enfermedad en los seres humanos y animales.

El control de la transmisión por el agua presenta desafíos reales, porque la mayoría de los agentes patógenos producen quistes, ooquistes o huevos que son extremadamente resistentes a los procesos de desinfección y en algunos casos pueden no eliminarse bien en los procesos de filtración.

Algunos de estos organismos causan «enfermedades emergentes»; en los últimos 30 años, el ejemplo más notable de una enfermedad emergente causada por un protozoario patógeno es la criptosporidiosis.

Algunos otros ejemplos de protozoos y helmintos:

Giardia spp: son protozoos flagelados que parasitan el tracto gastrointestinal de los seres humanos y ciertos animales.

El género *Giardia* consiste de un número de especies, pero la infección humana (giardiasis) está generalmente asignada a *G. intestinalis*, también conocidos como *G. lamblia* o *G. duodenalis*. *Giardia* ha sido conocido como un parásito humano desde hace 200 años. Los síntomas generalmente incluyen diarrea y

calambres abdominales. Los quistes de Giardia son más resistentes que las bacterias entéricas a los desinfectantes oxidativos tales como el cloro, pero no son tan resistentes como los ooquistes de Cryptosporidium.

En general, todos los protozoos y sus quistes como los helmintos son resistentes a la desinfección por agentes químicos, por lo que deben retenerse en las barreras de filtración.

Las cianobacterias tóxicas son bacterias fotosintéticas que comparten algunas propiedades con las algas. En particular, poseen clorofila a y liberan oxígeno durante la fotosíntesis.

Un término común para estos organismos son las algas verde-azules. Sin embargo, debido a la producción de diferentes pigmentos, hay un gran número que no son de color azul-verde, y que pueden variar en color de azul-verde a amarillo-marrón a rojo.

La característica más notable de las cianobacterias en términos de impacto en la salud pública es que una gama de especies puede producir toxinas. Muchas cianobacterias producen toxinas potentes que pueden producir daño en el hígado, neurotoxicidad y la promoción de tumores (Tabla 9).

Los síntomas agudos reportados después de la exposición incluyen trastornos gastrointestinales, fiebre e irritaciones de la piel, los oídos, los ojos, la garganta y el tracto respiratorio.

Las cianobacterias no se multiplican en el cuerpo humano y, por lo tanto, no son infecciosas. Las cianobacterias están muy extendidas y se encuentran en una amplia variedad de entornos, incluyendo los suelos, el agua de mar y, sobre todo, los ambientes de agua dulce. Algunas condiciones ambientales, incluyendo la luz solar, altos niveles de nutrientes, baja turbulencia y el clima cálido, pueden promover su crecimiento.

Tales acumulaciones de células pueden dar lugar a altas concentraciones de toxinas. Preocupaciones potenciales para la salud surgen de la exposición a las toxinas a través de la ingestión de agua potable, en los recreos, a través de la ducha y, potencialmente, a través del consumo de suplementos alimenticios, como tabletas de algas.

Las cianobacterias se producen en baja densidad celular en la mayoría de las

aguas superficiales. Sin embargo, bajo ciertas condiciones ambientales, pueden producirse condiciones de proliferación, blooms de alta densidad.

La eutrofización (aumento del crecimiento biológico asociado con el aumento de nutrientes) puede apoyar el desarrollo de floraciones de cianobacterias.

Las medidas de control para reducir la formación de blooms incluyen la gestión de cuencas para minimizar la entrada de nutrientes a las fuentes de agua.

Tabla 9. Especies tóxicas e impacto en la salud.

Especies Tóxicas	Cianotoxina	Impacto e
Anabaena	Microcystina, saxitoxinas, anatoxinas	Hepato y
Aphanizomenon	Anatoxina, saxitoxina	Neurotoxi
Cylindrospermum	Cylindropermopsina, saxitoxinas, anatoxinas	Tóxico de
Lyngbya	Cylindropermopsina, saxitoxinas, anatoxinas	Tóxico de
Microcystis	Microcystina	Hepato y
Nodularia	Nodularina	Hepato to
Nostoc	Microcystina	Hepato y
Oscillatoria	Microcystina, anatoxinas	Hepato y
Planktothrix	Microcystina, anatoxinas	Hepato y
Raphidiopsis curvata	Cylindropermopsina	Tóxico de
Umezakia notans	Cylindropermopsina	Tóxico de

Desinfección

En la producción de agua potable, la desinfección está destinada a destruir o inactivar organismos patógenos que puedan producir enfermedades, especialmente de origen intestinal.

El tratamiento no implica necesariamente la destrucción completa de todos los organismos; la eficiencia del tratamiento es función de la población bacteriana residual.

Lista de la metodología de desinfección más usada para el tratamiento de agua potable

1. Cloración

Hipoclorito de calcio

Hipoclorito de sodio (comercial)

Hipoclorito de sodio (generado in –situ)

Gas Cloro

Formación de cloraminas in situ, como desinfectante secundario (red de distribución).

2. Ozono

Ozono generado desde el aire

Ozono generado del oxígeno

3. Radiación ultravioleta

Radiación UV de baja intensidad

Radiación UV de alta intensidad

4. Dióxido de Cloro

Tabla 10. Uso de agentes desinfectantes en EE.UU.

Agente desinfectante	1998	2007
Gas cloro	70	61
Cloraminas	11	30
Hipoclorito de sodio	22	31
Generación in situ Hipoclorito	2	8
Hipoclorito de calcio	4	8
Ozono	2	9
UV	0	2
Dióxido de cloro	4	8

En el transcurso del tiempo, ha aumentado la desinfección con Ozono, UV; pero, como no genera residuales de desinfección, debe aplicarse luego de la desinfección primaria, un desinfectante que persista, como todos los relacionados al cloro. Además, el uso de Cloraminas también ha aumentado, pero como atenuante de la acción del ácido hipocloroso o hipoclorito en la formación de subproductos de la desinfección, formando Cloraminas por agregado de sales de amonio luego de la desinfección con cloro.

Organismos indicadores

Ya potabilizada el agua, se efectúan controles de eficiencia del tratamiento de desinfección y de control de la calidad microbiológica en el sistema de distribución. Como no pueden controlarse cada uno de los posibles agentes bióticos que puedan producir enfermedades, se recurre a organismos indicadores.

Los organismos indicadores se utilizan para una variedad de fines, como indicadores de:

La contaminación fecal en la verificación y el control de vigilancia;

La eficacia de los procesos, como la filtración o la validación de la desinfección;

La integridad y la limpieza de los sistemas de distribución en el monitoreo operativo.

Vamos a mencionar los más usados y qué nos indican:

- Bacterias coliformes totales

El grupo de coliformes totales incluye especies tanto fecales como ambientales.

Valor del indicador

Coliformes totales incluyen organismos que pueden sobrevivir y crecer en el agua. Por lo tanto, no son útiles como un indicador de los agentes patógenos fecales, pero pueden ser utilizados para evaluar la limpieza y la integridad de los sistemas de distribución y la posible presencia de biofilms.

- *Escherichia coli* y bacterias coliformes termotolerantes

Las bacterias coliformes totales que son capaces de fermentar la lactosa a 44-45 ° C se conocen como coliformes termotolerantes. En la mayoría de las aguas, el género predominante es *Escherichia*, pero algunos tipos de *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter* también son termotolerantes. *Escherichia coli* está presente en números muy altos en la heces de humanos y animales, y rara vez se encuentra en la ausencia de contaminación fecal.

Valor del indicador

Escherichia coli se considera el indicador más adecuado de contaminación fecal; en la mayoría de los casos, las poblaciones de coliformes termotolerantes se componen predominantemente de *E. coli*, y como resultado, este grupo se considera como un indicador de contaminación fecal menos fiable pero aceptable. *Escherichia coli* (o, alternativamente, coliformes termotolerantes) es el primer organismo de elección en los programas de monitoreo para la verificación, incluida la vigilancia de la calidad del agua potable.

- Enterococos intestinales

Enterococos intestinales son un subgrupo del grupo más grande definidos como estreptococos fecales, que comprende las especies del género *Streptococcus*.

Valor del indicador

El grupo enterococos intestinales se puede utilizar como un indicador de la contaminación fecal; las concentraciones de enterococos intestinales en las heces humanas son generalmente un orden de magnitud más bajos que los de *E. coli*.

Las ventajas importantes de este grupo son que tienden a sobrevivir más tiempo en ambientes de agua que *E. coli* (o coliformes termotolerantes) y son más resistentes a la cloración.

- *Clostridium perfringens*

Clostridium spp. son bacilos sulfito reductores que producen esporas que son excepcionalmente resistentes a las condiciones desfavorables en medios acuáticos, incluyendo la radiación UV, temperatura y pH extremos, y a la desinfección por cloro.

Las especies características del género *C. perfringens* son miembros de la flora intestinal normal de 13 a 35% de los seres humanos y otros animales de sangre caliente; son un indicador muy específico de contaminación fecal.

Valor del indicador

En vista de la resistencia excepcional de esporas de *C. perfringens* a procesos de desinfección y otras condiciones ambientales desfavorables, *C. perfringens* se ha propuesto como un indicador de protozoos en aguas de consumo tratadas. La detección en agua inmediatamente después del tratamiento debería conducir a investigación del rendimiento del módulo de filtración.

- Colifagos

Los bacteriófagos (fagos) son virus que utilizan solo las bacterias como hospedadores para la replicación. Colifagos utilizan *E. coli* y especies estrechamente relacionadas como huéspedes y, por lo tanto, pueden ser liberados por estos hospedadores bacterianos en las heces de los seres humanos y otros animales de sangre caliente.

Los colifagos utilizados en la evaluación de la calidad del agua se dividen en los grupos principales: colifagos somáticos y colifagos de ARN F-. Los colifagos somáticos inician la infección uniéndose a receptores localizados permanentemente en la pared celular. Se replican con más frecuencia en el tracto gastrointestinal. Colifagos de ARN F-inician la infección uniéndose a las fimbrias de fertilidad en las *E. coli* anfitriones y se produce solo en la fase de crecimiento logarítmico a temperaturas superiores a 30 ° C.

Valor del indicador

Los fagos comparten muchas propiedades con los virus humanos, en particular la composición, morfología, estructura y modo de replicación. Como resultado, los colifagos son modelos útiles o sustitutos para evaluar el comportamiento de los virus entéricos en ambientes acuáticos y la sensibilidad a los procesos de tratamiento y desinfección. Como colifagos replican típicamente en el tracto

gastrointestinal de los seres humanos y de animales de sangre caliente, su presencia en el agua de consumo es un indicador de contaminación con heces y, por lo tanto, la posible presencia de virus entéricos y otros patógenos.

Planes de seguridad del agua (PSA)

El medio más eficaz de garantizar sistemáticamente la seguridad de un suministro de agua potable es a través de la utilización de un enfoque global de la evaluación y gestión de riesgos que abarca todos los pasos en el suministro de agua desde la captación hasta el consumidor.

En estas directrices, estos enfoques se denominan planes de seguridad en el agua (en inglés: WSP).

La metodología de PSA se basa en el enfoque de barreras múltiples y la evaluación de riesgos y puntos críticos de control.

Un PSA tiene tres componentes fundamentales, que son guiados por objetivos sobre la salud y supervisados a través de la vigilancia de abastecimiento de agua potable:

1. una evaluación del sistema para determinar si la cadena de abastecimiento de agua potable hasta el punto de consumo, en su conjunto, puede entregar agua de calidad que cumpla con los objetivos identificados;
2. identificación de las medidas de control en un sistema de agua potable, que controlarán los riesgos identificados y garantizará que se cumplan las metas sanitarias. Para cada medida de control identificada, se asegurará que cualquier desviación del rendimiento requerido se detectará rápidamente en el momento oportuno;
3. planes de gestión que describan las acciones que se deben tomar durante las condiciones de funcionamiento y que documenten la evaluación del sistema, incluyendo los programas de apoyo a la actualización y mejora de la planificación, el seguimiento y planes de comunicación.

Los objetivos principales de un PSA para asegurar las buenas prácticas del suministro de agua potable son:

la prevención o minimización de la contaminación de las fuentes de agua,

la reducción o eliminación de la contaminación a través de los procesos de tratamiento y

la prevención de contaminación durante el almacenamiento, la distribución y el manejo del agua de consumo,

y se logran a través de:

comprensión del sistema y su capacidad de suministro tal que cumpla con los objetivos de calidad del agua;

identificación de las posibles fuentes de contaminación y cómo pueden ser controladas;

validación de medidas de control empleadas para controlar los riesgos;

implementación de un sistema de seguimiento operativo de las medidas de control en el sistema de producción y distribución de agua;

las acciones correctivas oportunas para asegurar que el agua potable se suministra consistentemente;

la verificación de la calidad del agua potable para garantizar que el PSA se aplica correctamente y está logrando el rendimiento necesario para cumplir con las normas u objetivos de calidad nacional, regional y local.

Los PSA ayudan a la vigilancia de las autoridades de salud pública y brindan beneficios a los proveedores de agua en:

demostrar «buenas prácticas»;

mejorar el cumplimiento;

racionalizar y documentar los procedimientos operacionales existentes, dando lugar a mejoras en la eficiencia y una respuesta más rápida a los incidentes;

mejorar la gestión de los conocimientos del personal existente y la identificación de las deficiencias críticas en las habilidades del personal;

mejorar las relaciones con los interesados.

Referencias bibliográficas

Water Quality and Treatment. A Handbook on Drinking Water - Sixth Edition. Copyright 2011,1999 by American Waters Works Association.

Sociedad Dégremont. (1973). Manual Técnico del Agua. 4ª Ed. España.

Código alimentario nacional. (2007). Capítulo XII. Ministerio de Salud de la Nación.

Organización Mundial de la Salud. (2011). Guidelines for drinking-water quality. Volume 1, 2, 3. Geneva.

CONTAMINACIÓN DEL AIRE

■

Nicolás Antonio Mazzeo

Dr. en Ciencias de la Atmósfera (Universidad de Buenos Aires). Especializado en temas de contaminación del aire. Fue investigador en el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Desarrolló actividades en el Departamento de Ingeniería Química, Facultad Regional Avellaneda, Universidad Tecnológica Nacional. Profesor en posgrados ambientales de diferentes universidades. Autor y coautor de numerosos trabajos científicos y técnicos publicados en revistas nacionales e internacionales. Miembro de la Academia Argentina de Ciencias Ambientales, de la New York Academy of Sciences y de comités científicos nacionales e internacionales.

Introducción

Cuando el hombre primitivo logró generar por primera vez el fuego, seguramente no sospechó que contribuiría al inicio del deterioro de la calidad del aire ambiental (Mazzeo, 1995). Por lo tanto, la contaminación del aire es un proceso antiguo. En décadas más recientes, se presentaron varios episodios severos (Vallero, 2008) de contaminación del aire. El evento más agudo de contaminación atmosférica urbana ocurrió en Londres en diciembre de 1952 (Fig. 1). En cinco días una intensa niebla de dióxido de azufre y partículas produjo como resultado un excedente de 4.000 muertos atribuidos a la contaminación. En 1984, en la ciudad de Bhopal (India), se originó una fuga de isocianato de metilo en una fábrica de pesticidas. Se estima que entre 6.000 y 8.000 personas murieron en la primera semana, al menos 12.000 fallecieron posteriormente y resultaron afectados más de 600.000 individuos, 150.000 de los cuales manifestaron graves secuelas. De acuerdo con estudios realizados por la

Organización Mundial de la Salud (WHO, 2020), la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales del mundo provoca anualmente 6 millones de muertes prematuras.

Generalidades

Diferentes contaminantes pueden encontrarse en aire, agua y suelo, y solo el aire, una vez contaminado, no puede ser purificado por el hombre. Los contaminantes en el aire son diluidos y removidos solo por procesos naturales. La naturaleza en el planeta tiene sus propias formas de «depuración del aire ambiental». Por ejemplo, la gravedad retira del aire las partículas más pesadas, el viento transporta contaminantes de una zona a otra y la lluvia limpia la atmósfera de contaminantes. Sin embargo, algunas partículas finas y ciertos gases pueden quedar suspendidos en el aire durante largos periodos y son transportados a regiones distantes. Por otra parte, el aire no tiene fronteras geográficas. Así es como los problemas de contaminación del aire transfronterizo son frecuentes y difíciles de resolver.



Figura 1. Ilustración del episodio de contaminación del aire ocurrido en 1952 en Londres.

(Imagen recuperada de: <https://www.unabrevehistoria.com/2008/07/el-gran-smog-de-londres-de-1952.html> , 17 de abril 2021)

Contaminación del aire

Existen diferentes definiciones de contaminación del aire ambiental. Cada una de ellas expresa distintas motivaciones filosóficas, teóricas, prácticas y proteccionistas. Entre todas las definiciones se seleccionó la siguiente: «Contaminación del aire es la presencia en la atmósfera de sustancias extrañas o una variación detectable de la proporción de las habitualmente presentes, que sea capaz de provocar un efecto perjudicial o una molestia, teniendo en cuenta los conocimientos científicos del momento».

En la atmósfera, siempre existió contaminación de «fondo», originada por fenómenos naturales: erupciones volcánicas, fermentaciones anaeróbicas, procesos biológicos de la vegetación, polvo de la superficie del suelo suspendido por el viento. Por otra parte, la contaminación antropogénica del aire es la consecuencia de emisiones generadas por industrias, centrales térmicas de generación de electricidad, automotores, residencias, actividades agrícolas, incendios de bosques.

En el sistema de la contaminación del aire (Fig. 2) se pueden distinguir los siguientes componentes: a) Fuentes (naturales y antropogénicas) de emisión, b) Contaminantes (primarios: emitidos desde las fuentes, y secundarios: generados en la atmósfera mediante reacciones químicas), c) Atmósfera, en donde se activan procesos de transporte, dispersión y remoción de contaminantes, d) Receptores (humanos, animales, vegetales, materiales, el ambiente en general).

En la Figura 2 se indican sistemas de control de emisiones (aparatos o procedimientos operativos) que impiden que algunos contaminantes generados

en las fuentes sean introducidos a la atmósfera. Los contaminantes son emitidos a la atmósfera, que es el medio que los transporta, dispersa y en el cual se pueden transformar física y químicamente. Simultáneamente, los contaminantes pueden ser detectados mediante instrumentos o por personas, animales, plantas o materiales. La detección realizada por esos «sensores» se manifiesta por su respuesta; como por ejemplo, la irritación del aparato respiratorio. Por último, como resultado de estas respuestas, las fuentes de emisión y sus controles pueden ser conocidos mediante la detección de las concentraciones en aire, por medio de la opinión pública y por medidas gubernamentales.

Sistema de la contaminación del aire

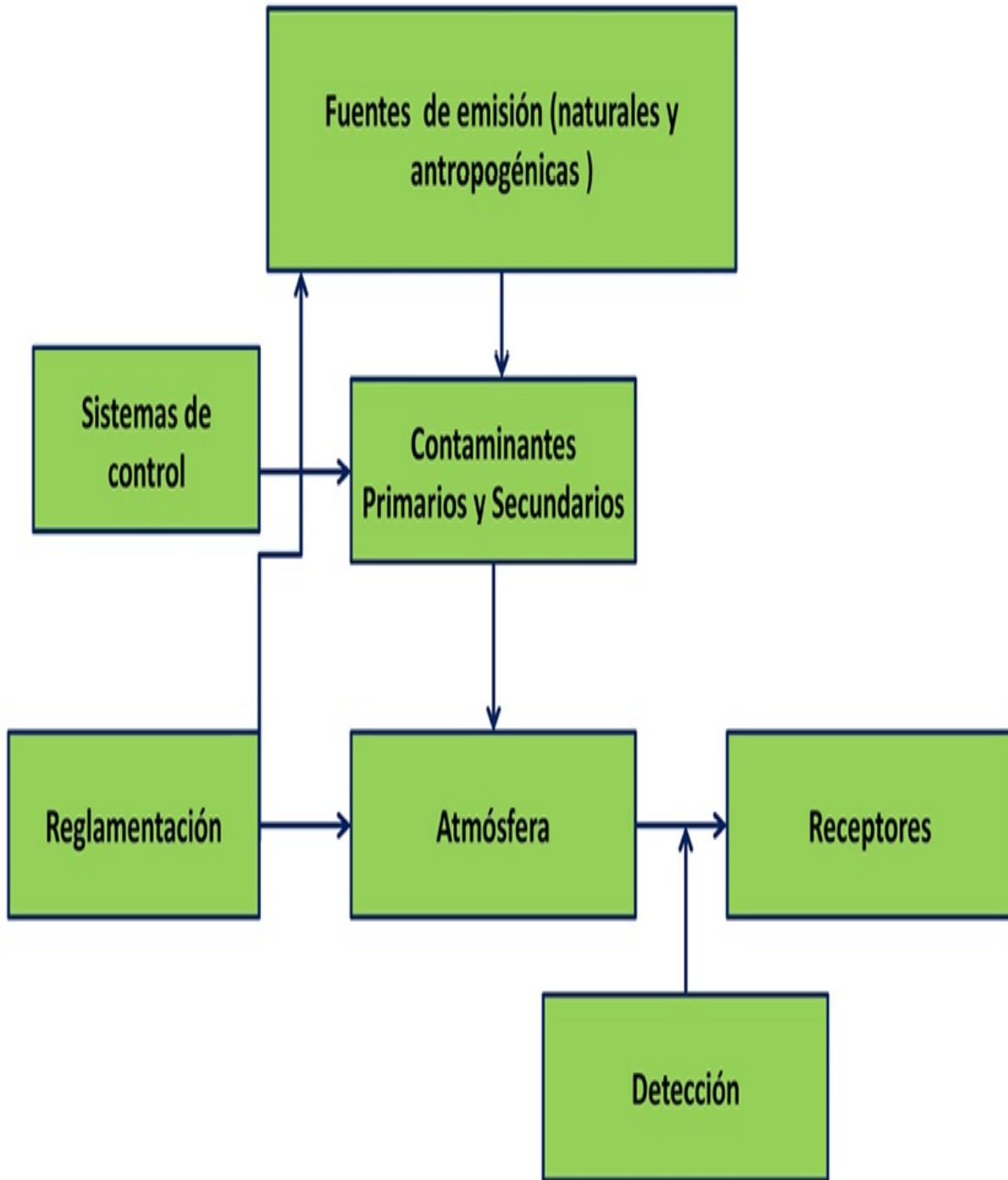
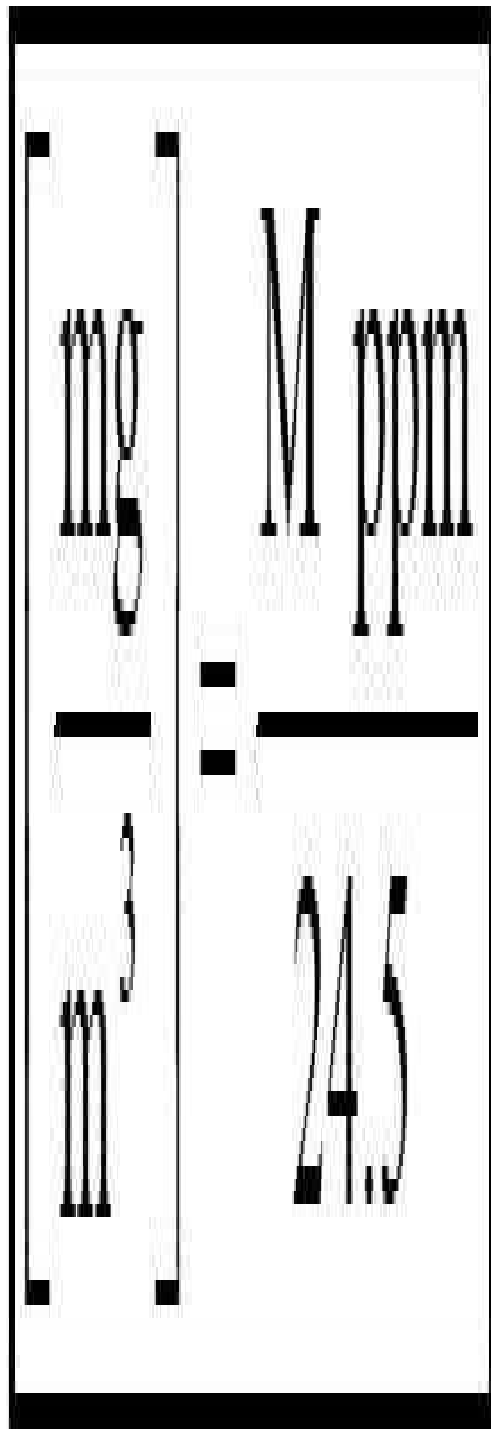
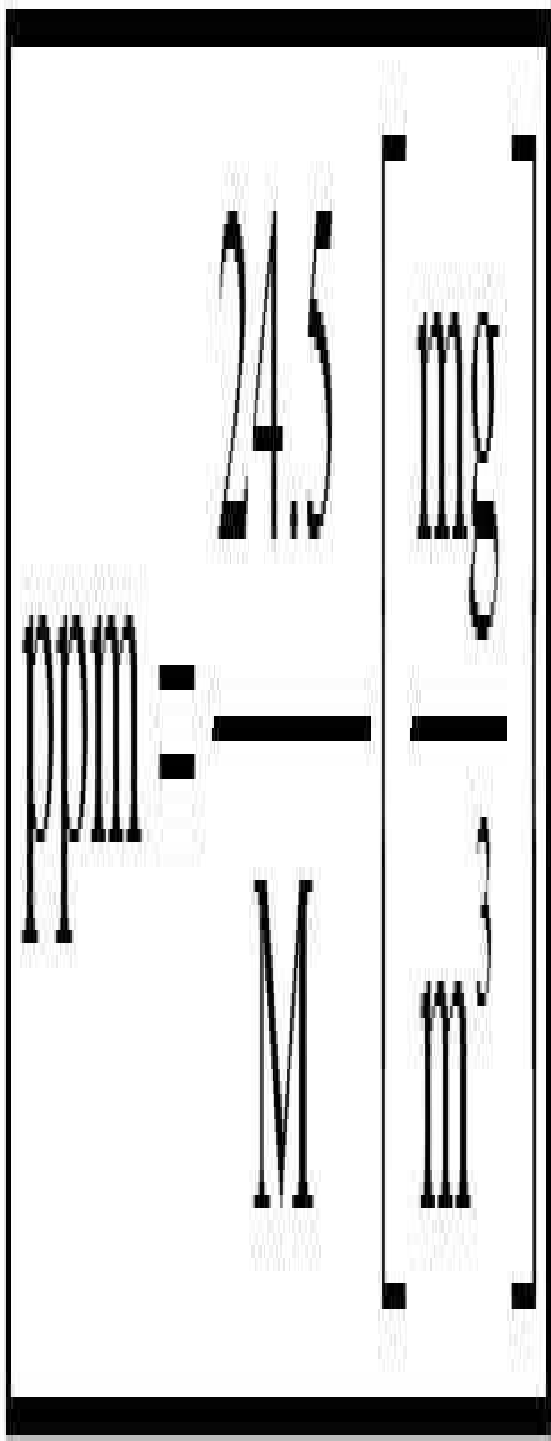


Figura 2. El sistema de la contaminación del aire.

Unidades destinadas a expresar la concentración de contaminantes en el aire

Las unidades para expresar la concentración de contaminantes en el aire son ppm (partes por millón en volumen) y mg/m^3 . Para trasladar una a otra se utilizan las siguientes relaciones (válidas cuando la presión atmosférica es 1 atm y la temperatura de la mezcla gas-aire es 25°C):



donde M es la masa molecular del contaminante.

En caso de ser necesario, se pueden utilizar los siguientes submúltiplos: ppb y ppt, y $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y ng/m^3 .

Algunos contaminantes del aire

Los contaminantes pueden ser partículas, vapores, nieblas, líquidos, humos, gases, sustancias olorosas, o cualquier combinación de ellos (Seoánez Calvo, 2002; Vallero, 2008). Un método para definir contaminante del aire consiste, primero, en especificar la composición del aire atmosférico «limpio» o «normal», y luego en señalar los otros compuestos presentes o sus cantidades aumentadas en el aire atmosférico como contaminantes que dañan a personas, plantas, animales o materiales.

a) Monóxido de carbono

El océano almacena gran cantidad de sustancias que ingresaron a sus aguas y que pueden ser devueltas a la atmósfera. Por otra parte, durante los incendios de bosques se emiten numerosas sustancias contaminantes en cantidades importantes. Estas provienen de las fuentes naturales de emisión más significativas. La combustión incompleta de la quema de combustibles fósiles genera, entre otros contaminantes, monóxido de carbono (CO). La combustión completa requiere de una cantidad adecuada de oxígeno (O_2), que generalmente provee el aire. Esto se debe a que cualquiera de las siguientes variables no se mantiene suficientemente alta: a) el suministro de oxígeno; b) la temperatura de la combustión; c) el tiempo de residencia del gas a alta temperatura. En general, estos parámetros son mejor controlados en las fuentes estacionarias (por ejemplo, las centrales termoeléctricas) que en los automóviles. Las centrales termoeléctricas, que son diseñadas y gestionadas para obtener la máxima eficiencia en la combustión, producen menos del 1% de todas las emisiones de

CO. Alrededor del 80% de las emisiones de CO provienen de los automotores, y casi la totalidad del CO en el aire urbano es emitida por los automotores. La exposición de las personas al CO está muy vinculada a su proximidad al tránsito vehicular. Los más afectados son los conductores de automotores, policías y empleados de los estacionamientos de automotores. Las emisiones de CO de los automotores se redujeron el 41% en los últimos 20 años, a pesar de que se duplicó la distancia de recorrido de aquellos. La utilización de catalizadores para el control de la emisión, junto con la disminución del número de vehículos más antiguos, produce reducción en las emisiones de CO.

b) Óxidos de nitrógeno

En la atmósfera se detectan mayoritariamente tres óxidos de nitrógeno (NO_x): óxido nítrico (NO), dióxido de nitrógeno (NO₂) y óxido nitroso (N₂O). Además de formarse en los incendios forestales, estos se pueden generar durante tormentas eléctricas. Cuando se queman hidrocarburos se generan: a) el NO_x térmico que resulta cuando en una combustión el nitrógeno y el oxígeno se calientan a una temperatura cercana a los 1000K para oxidar el nitrógeno; b) el NO_x de combustión que resulta de la oxidación de los compuestos de nitrógeno que se encuentran químicamente en las propias moléculas de los combustibles. Ambos tipos de NO_x, pueden contribuir significativamente a las emisiones totales de NO_x, pero el NO_x de la combustión, generalmente, es el dominante. Aproximadamente, el 90% de las emisiones antropogénicas de NO_x están en forma de NO (Vardoulakis y otros, 2014), que es un gas incoloro que no tiene efectos adversos conocidos sobre la salud en las concentraciones que se encuentra en la atmósfera. Sin embargo, el NO se oxida fácilmente en el aire formando NO₂.

c) Hidrocarburos

La vegetación emite naturalmente una amplia diversidad de sustancias orgánicas. Entre ellas, se encuentran algunos hidrocarburos que pertenecen al grupo de los alcanos y algunos compuestos derivados de estos. También, las plantas emiten hidrocarburos cíclicos. Los vehículos, que utilizan nafta o gasoil como combustibles, son las más importantes fuentes de emisión de hidrocarburos que

son evaporados en sus tanques de combustible o emitidos desde los caños de escape. Los gases de escape contienen cantidades importantes de alcanos sin quemar y alquenos formados por descomposición térmica (craqueo) de los alcanos de las naftas.

Cualquier reacción que convierta el NO en NO₂ aumentará las concentraciones de ozono, reduciendo la cantidad de NO disponible para destruir ozono mientras aumenta la cantidad de dióxido de nitrógeno disponible para originar O₃.

d) Óxidos de azufre

Las erupciones volcánicas originan numerosos contaminantes del aire. Estas emisiones pueden contaminar directamente la estratosfera. Entre ellos, se encuentran partículas y diferentes compuestos gaseosos, incluyendo algunos derivados del azufre. Asimismo, debe tenerse en cuenta que casi todos los combustibles fósiles contienen alguna proporción de compuestos azufrados. Al ser extraídos de la tierra, todos los combustibles contienen alguna cantidad de azufre. El carbón contiene entre 1% y 6% de azufre. Cerca de la mitad es azufre orgánico que está químicamente unido al carbón. La otra mitad simplemente se une físicamente a la porción no carbonosa del carbón. La mayor parte de esta puede ser eliminada pulverizando y lavando el carbón antes de la combustión. La fracción de azufre en el petróleo es pequeña. Cuando es refinado, casi todo el azufre se elimina. La nafta, por ejemplo, tiene menos de 1ppm de azufre. El gas natural extraído directamente de la fuente contiene una cantidad considerable de azufre en forma de sulfuro de hidrógeno (H₂S). Este compuesto es sumamente tóxico y debe ser eliminado antes de que el gas sea utilizado. En el gas depurado quedan cantidades insignificantes de azufre, que lo transforman en un combustible ambientalmente deseable como sustituto.

e) Esmog fotoquímico y ozono

Cuando los NO_x, compuestos orgánicos volátiles VOC y la radiación solar se reúnen, pueden iniciar una compleja serie de reacciones que generan varios contaminantes secundarios conocidos como oxidantes fotoquímicos. El ozono (O₃) es el más abundante. Entre los VOC intervinientes se encuentran los hidrocarburos no quemados que pueden ser emitidos también por los vehículos y

disolventes o combustibles que se pueden evaporar fácilmente. También estos pueden provenir de zonas arbóreas, al emitirse de forma natural algunos hidrocarburos.

Durante la noche las reacciones de formación del esmog fotoquímico se encuentran muy reducidas al necesitar la radiación solar para funcionar, aunque pueden continuar a través de otros compuestos. Para reducir la formación del esmog fotoquímico es necesario disminuir la emisión de los NO_x y VOC. Las cantidades de VOC en la atmósfera son grandes comparadas con las de NO_x. De esta forma, una reducción de ellos conduce a una disminución del esmog fotoquímico. Además, los hidrocarburos emitidos de forma natural pueden ser suficientes para que continúe produciéndose esmog (aunque en áreas urbanas no suelen ser estos los más importantes). En cualquier caso, sigue siendo importante la reducción de los niveles de estos hidrocarburos volátiles en la atmósfera. Una de las mayores fuentes de NO_x son los vehículos. La disminución de las emisiones de óxidos de nitrógeno se consigue utilizando catalizadores que los reducen a nitrógeno y oxígeno moleculares. Estos catalizadores cuando tienen alta temperatura, en el caso de los motores que utilizan nafta, tienen una efectividad de entre 80% y 90%. En el caso de los motores diésel, su efectividad es menor. Otra de las principales fuentes de emisión de NO_x son las centrales termoeléctricas. También se pueden disminuir los NO_x mediante procesos reductores, aunque hay otros métodos, como por ejemplo, llevando a cabo la combustión en varias etapas.

f) Benceno

Es un líquido incoloro que emite vapores tóxicos con efectos cancerígenos en los seres vivos. Se encuentra en el alquitrán de la hulla y en el petróleo, del que se separa por destilación. El benceno (C₆H₆) forma parte de los VOC. El benceno presente en la atmósfera procede principalmente de emisiones provocadas por la actividad humana en las ciudades. La fuente más común es el automóvil, la evaporación de la nafta y el gasoil, la producción de diferentes compuestos químicos, las emisiones procedentes de la combustión incompleta del carbón y de productos derivados del petróleo. También se han detectado emisiones de este compuesto en vertederos de residuos sólidos de media y alta densidad. El benceno puede ingresar al aire desde el agua y desde el suelo. En el aire reacciona con otros productos químicos y se degrada en pocos días. El benceno

en el aire puede adherirse a la lluvia o nieve y ser transportado nuevamente al suelo. El benceno no se acumula en plantas o en animales. El aire ambiental contiene niveles bajos del C_6H_6 proveniente del humo de cigarrillo, estaciones de servicio, industrias y caños de escape de automóviles. En algunos países europeos y Canadá, se reemplazaron los compuestos de plomo en algunos combustibles por pequeñas cantidades de sustancias organometálicas de manganeso. La alternativa de utilizar plomo o manganeso para aumentar el octanaje consiste en mezclar con la nafta cantidades significativas de alcanos altamente ramificados o BTX (benceno, tolueno, xilenos). Esto conduce a un aumento significativo de la concentración de BTX en el aire ambiente.

g) Partículas

Las partículas atmosféricas pueden estar en diferentes estados: dispersión, sólido y líquido. Su diámetro puede encontrarse entre 5nm y $100\mu\text{m}$ (aproximadamente el espesor de un pelo humano). Sus características más importantes son el tamaño, la composición y su concentración en el aire. Distintos términos son utilizados para describir los orígenes y las características de las partículas. Existen diferentes significados en los contextos científico y popular. A continuación, se presentan algunos de ellos: material particulado (PM). Los más utilizados son PM-10 (partículas con diámetro aerodinámico menor o igual a $10\mu\text{m}$) y PM-2.5 (material particulado con diámetro menor que $2.5\mu\text{m}$). Las partículas finas tienen diámetros inferiores a unos pocos μm . Las partículas ultrafinas o nanopartículas (con diámetro menor que $0.2\mu\text{m}$). El humo y el hollín son partículas resultantes de la combustión incompleta del carbón. El interés por las partículas atmosféricas se debe a dos causas importantes: a) afectación del balance de la radiación terrestre y b) efectos nocivos sobre la salud. La composición de las partículas gruesas es similar a las de la corteza terrestre: elevado contenido de aluminio, calcio, silicio y sales de aluminosilicatos. La fuente de las partículas gruesas, incluidas las naturales (como las de erupciones volcánicas y las causadas por actividades humanas, el cultivo de la tierra, la trituración de canteras, etc.) proviene de la parte superficial del suelo y de las rocas, que levanta el viento. En muchas regiones las partículas gruesas son químicamente básicas. Esto denota que se han originado en el carbonato de calcio y en otros minerales con pH básico, existentes en el suelo.

h) Plomo

El plomo es un metal pesado, tóxico y de color plateado azulado. Es flexible, inelástico y se funde con facilidad. Es relativamente resistente al ataque del ácido sulfúrico y del ácido clorhídrico, aunque se disuelve con lentitud en ácido nítrico. El plomo tiene la capacidad de formar una variedad de sales, óxidos y compuestos organometálicos. Los compuestos de plomo más utilizados en la industria son los óxidos, el tetraetilo de plomo y los silicatos de plomo. El plomo forma aleaciones con muchos metales, y, en general, se emplea en esta forma en la mayoría de sus aplicaciones. El plomo, como no interviene en la combustión, es expulsado con los gases de escape de los automotores. Es un metal pesado tóxico para el ser humano ya que ataca al sistema nervioso.

Actualmente, se utiliza nafta sin aditivos de plomo. Ante la creciente contaminación ambiental varios gobiernos decidieron aprobar leyes para reducir el uso de aditivos en el combustible basados en plomo y manganeso. Los vehículos que utilizaban nafta con plomo eran la principal causa de emisión de óxidos de plomo a la atmósfera. Para solucionar esta situación, los fabricantes de automotores idearon automóviles que no requieren la lubricación que proporcionaba el plomo. Y por su parte, las productoras petrolíferas fabricaron nuevos tipos de nafta. Estas cambiaron el plomo por hidrocarburos, isoparafinas y compuestos oxigenados. Pero estos componentes contaminan el ambiente y buscaron un nuevo remedio. Los automóviles que utilizan nafta sin plomo necesitan un catalizador para eliminar los contaminantes y así no ingresan a la atmósfera.

Fuentes de emisión de contaminantes

a) Fuentes móviles (Jacobson, 2012; Hill, 2013).

Los vehículos, que son considerados elementos claves en el funcionamiento de la sociedad moderna, son una importante causa de la contaminación del aire. La eliminación de la contaminación es, en general, una tarea muy difícil y costosa, por lo que las medidas preventivas tienen gran importancia. El parque automotor incluye un numeroso y activo conjunto de vehículos (motocicletas, automóviles

y camiones) propulsados por la combustión de combustibles provenientes del petróleo. Las emisiones procedentes de los caños de escapes de estos vehículos contienen, entre otros componentes, monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno que son emitidos a la atmósfera en importantes cantidades. El ciclo vital de un automóvil, desde su producción hasta su desguace, es en sí mismo contaminante. Debería optimizarse su uso reduciendo su impacto en el ambiente. Pero esa contaminación se encuentra agravada por otros factores: gran cantidad del sector automotor más antiguo, elevados costos de vehículos «ambientales» y los hábitos de manejo de los automóviles.

b) Fuentes fijas (Jacobson, 2012; Hill, 2013).

La combustión de combustibles fósiles es responsable de aproximadamente el 90% del SO₂ y de casi la mitad del NO_x y de PM-10 emitidos a la atmósfera. La mayoría de estos contaminantes es emitida por las centrales termoeléctricas, y algunas de estas centrales utilizan carbón como combustible. Aunque las mayores emisiones de las fuentes fijas se deben a la combustión de combustibles fósiles, otros procesos como la evaporación de sustancias orgánicas, la molienda, y los incendios pueden ser fuentes importantes. El interés principal, sin embargo, es la combustión. Debido a ello debe ser considerado simplemente reducir el consumo de combustibles fósiles. Hay tres grandes planteamientos que pueden ser utilizados para reducir el consumo de combustibles fósiles: a) incrementar la eficiencia de convertir el combustible en energía, b) aumentar la eficacia con la que la energía es utilizada y c) sustituir las fuentes de energía por otras menos contaminantes. Se pueden observar progresos en los tres planteamientos anteriores. La eficiencia de conversión del combustible en electricidad por las centrales termoeléctricas ha mejorado desde el 5% a casi el 40% para una central moderna alimentada a carbón, y cerca del 60% para las centrales eléctricas de ciclo combinado alimentadas a gas natural. Las ganancias económicas que se obtuvieron mejorando la eficiencia en la generación de la energía y algunas estimaciones sugieren que las mejoras realizadas en los motores eléctricos o en los controles, como novedosos sistemas de alumbrado, o procesos de fabricación más eficaces, en el futuro, pueden reducir a la mitad las demandas de energía per capita. El tercer planteamiento es disminuir la utilización de combustibles fósiles aumentando la producción de energía eólica, solar, hidroeléctrica, geotérmica y las centrales nucleares.

En el caso de que los combustibles fósiles sigan extendiéndose, hay tres propuestas generales que pueden utilizarse para reducir emisiones:

Los controles precombustión reducen la emisión potencial del combustible en sí mismo. Algunos ejemplos son los cambios de combustibles con menos contenido de azufre y nitrógeno en las centrales termoeléctricas. En algunos casos, los combustibles fósiles pueden ser física y químicamente tratados para eliminar parcialmente el contenido de azufre o de nitrógeno antes de la combustión.

Los controles de la combustión reducen emisiones mejorando el mismo proceso de la combustión. Por ejemplo, incluir quemadores nuevos en centrales termoeléctricas que reducen las emisiones de NO_x, y nuevas calderas de lecho fluidizado que reducen la generación de NO_x y SO₂.

Los controles postcombustión captan contaminantes después que se hayan formado, pero antes de que se emitan al aire atmosférico (ver el último tema tratado en este capítulo). En las centrales termoeléctricas estos pueden combinarse con dispositivos de captación de partículas y con técnicas de desulfuración de gases de emisión en las chimeneas, utilizadas después de la combustión, pero antes de que sean expulsados a la atmósfera.

Existen centrales termoeléctricas en varios países que funcionan mediante la combustión de carbón, generando más de la mitad de la electricidad que se demanda en ellos. Realizan esto por el mínimo costo de este combustible. En esos países el carbón es lo suficientemente abundante como para poder suministrar combustible a esas centrales termoeléctricas durante varias décadas. Estos beneficios no compensan el daño ambiental causado por quema de carbón. No solo ese tipo de centrales son responsables de emitir grandes cantidades de óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno y partículas, también emiten dos veces más CO₂ por kWh que el generado por centrales que funcionan con gas natural. Los controles anticipados de emisiones para el carbón fueron diseñados para producir partículas más pequeñas utilizando equipamientos de postcombustión tales como filtros y precipitadores electrostáticos. En la actualidad, como resultado de la conciencia popular sobre la lluvia ácida y la conversión de SO_x y

NOx en partículas de sulfato y nitrato, se ha modificado en algún aspecto la posición sobre las cámaras de combustión rediseñadas para reducir los NOx y los controles de limpieza para los SOx.

Efectos de los contaminantes del aire

Los efectos de los contaminantes en los materiales y los seres de una comunidad dependen del tipo del contaminante, de su concentración en el aire, de la duración de la exposición, de los procesos de formación, de la concentración de los contaminantes secundarios, de las condiciones meteorológicas y de las características topográficas y edilicias (Vallero, 2008).

a) En los materiales

Los efectos de los contaminantes sobre los materiales son los siguientes:

Sedimentación: es la forma más simple y consiste en el depósito de partículas y gases sobre la superficie de los materiales, provocando alteraciones en su estética o suciedad.

Abrasión: las partículas sólidas de distintos tamaños y durezas, presentes en la atmósfera, originan una paulatina acción erosiva de importancia variable según las características del material.

Ataque químico: surge de las reacciones químicas entre algunos contaminantes y las sustancias que constituyen el material.

Corrosión: en la corrosión de los metales intervienen el oxígeno y la humedad. Si en el agua se encuentran disueltos ciertos contaminantes (por ejemplo, el SO₂ y aerosoles marinos), la corrosión alcanza niveles mayores que los habitualmente normales.

b) En los vegetales

Los contaminantes atmosféricos pueden actuar sobre las plantas mediante diferentes mecanismos. Uno de ellos es el depósito sobre las superficies de las hojas. Por ejemplos, la ceniza, el polvo y el hollín. Estas sustancias dificultan el proceso de fotosíntesis porque impiden el acceso a la luz solar, penetrando a través de los estomas de las hojas. Entre ellas se encuentran el dióxido de azufre, el monóxido de carbono, los hidrocarburos y algunos compuestos halogenados.

Diferentes tipos de vegetales presentan distinta sensibilidad a los contaminantes. Algunas plantas expuestas a ambientes muy contaminados se han manifestado mediante la caída precoz de las hojas, disminución del tamaño de sus frutos, crecimiento reducido y envejecimiento prematuro. Los líquenes son indicadores del grado de contaminación en aire urbano, debido a que sufren alteraciones en sus funciones vitales (nutrición, crecimiento y reproducción) y prácticamente han desaparecido de las ciudades.

El SO₂ provoca clorosis que se manifiesta en el cambio de color de las hojas. Sobre ellas se producen manchas blanco-amarillentas que dificultan su normal crecimiento. Las especies más sensibles son la alfalfa, el trigo, la cebada, el algodón, el rábano y la zanahoria. Los picos de los pinos se tornan amarillos y frágiles. Los compuestos fluorados producen una enfermedad denominada fluorosis que origina la caída de las hojas y los frutos. Algunas de las especies más afectadas son las forrajeras, los pinos, los durazneros, los ciruelos, las higueras y los manzanos. Cuando los animales ingieren forrajeras afectadas con fluorosis transmiten la afección.

El etileno modifica el crecimiento de las plantas y además causa clorosis, necrosis, caída de las hojas y flores afectadas. El algodón y las plantas ornamentales como los rosales y los narcisos son sensibles a la acción de este hidrocarburo. Los causantes del smog fotoquímico (óxidos de nitrógeno, ozono, nitrato de peroxiacetileno) provocan serios daños en la vegetación y cuantiosas pérdidas económicas en productos agrícolas afectados. Por la acción de estos contaminantes se afectarían los cítricos y algunas hortalizas como la lechuga. Estos compuestos causan clorosis y necrosis afectando los mecanismos de la fotosíntesis.

c) En los animales

El grado de sensibilidad de los animales a la exposición de los contaminantes del aire varía notablemente con los animales y el tipo de contaminante. Se pudo comprobar que los compuestos azufrados afectan principalmente a las gallinas, gansos, patos, canarios y vacas; en cambio, el ozono impacta especialmente en perros, gatos, conejos, ratones y caballos, provocándoles alteraciones pulmonares, tales como edemas y hemorragias.

Una de las enfermedades más estudiadas en los animales es la fluorosis, provocada por el ingreso de compuestos fluorados en su organismo. Se puede producirse por respirar aire contaminado, beber agua o comer forrajes contaminados. Los vacunos y los ovinos son los más afectados.

d) En los seres humanos

Los efectos de los contaminantes en el organismo humano pueden ser agudos o crónicos. Los primeros se originan en situaciones que duran un breve período con elevadas concentraciones y en condiciones de limitada dispersión atmosférica. Las personas que pueden ser más afectadas son los asmáticos y enfermos cardíacos. Se manifiestan con un inusual aumento en la morbilidad y mortalidad. Por otra parte, los efectos crónicos se presentan cuando ocurren exposiciones continuas a concentraciones de contaminantes en el aire durante prolongados períodos.

Las consecuencias de los efectos crónicos son más preocupantes que las de los agudos. Se deben a los siguientes aspectos: i) ocurren a mediano plazo y, por lo tanto, son más difíciles de estudiar y de evaluar; ii) toda la población local está expuesta a la acción perjudicial de los contaminantes, pero cada persona reacciona en forma diferente. Depende de la edad, enfermedad, dieta alimenticia, hábito de fumar, alcoholismo, condiciones higiénicas. La reacción expositiva depende de la concentración de contaminantes en el aire y de los tiempos de exposición; iii) en el aire urbano se encuentra una gran variedad de contaminantes que pueden actuar en forma aislada o sinérgicamente sobre el organismo; iv) evaluar el grado de peligrosidad de un contaminante no es simple porque si las condiciones atmosféricas son adecuadas, puede constituir

contaminantes secundarios más peligrosos que sus precursores. Por ejemplo, el dióxido de azufre puede generar ácido sulfúrico que tiene mayor toxicidad.

De la gran cantidad de contaminantes del aire, capaces de provocar daños a los individuos, se comentarán los efectos de algunos de ellos.

a) Efectos del monóxido de carbono

La formación natural del CO en la atmósfera se debe a una etapa intermedia de la oxidación del metano. Los niveles de CO que se presentan en el aire urbano no tienen aparentemente efectos perjudiciales sobre las plantas y los materiales. Esos niveles, sin embargo, pueden afectar adversamente la salud humana. El monóxido de carbono es un asfixiante; interfiere en la capacidad de la sangre para transportar oxígeno de los pulmones a los órganos del cuerpo y tejidos. Incide fácilmente en la hemoglobina de la sangre formando carboxihemoglobina (COHb). La hemoglobina tiene una afinidad mucho mayor con el monóxido de carbono que con el oxígeno, y cantidades aún pequeñas de CO pueden reducir la cantidad de oxígeno transmitido a través del cuerpo. Si la sangre transporta menos oxígeno, la función del cerebro se encuentra afectada y aumenta el ritmo del corazón que intenta compensar la falta de oxígeno. La manera usual de expresar la cantidad de COHb en sangre es mediante el porcentaje del nivel de saturación (% de COHb). Se pueden notar efectos fisiológicos con pequeños valores (% de COHb), aumentando su gravedad a medida que se incrementa la concentración. Las personas mayores, los fetos y los individuos que sufren enfermedades cardiovasculares, especialmente aquellos que padecen angina de pecho o una enfermedad vascular periférica, son muy sensibles a la COHb ya que el corazón debe trabajar más intentando compensar la reducción de oxígeno. Estudios realizados con pacientes que sufrían angina de pecho han mostrado un dolor más temprano que el usual al hacer ejercicios con niveles tan bajos como el 2% de COHb. La reducción de oxígeno en sangre afecta también al cerebro y a su capacidad para percibir y reaccionar ante hechos inesperados. Los estudios muestran que con el 5% de COHb, el tiempo de respuesta sicomotor puede ser afectado, y los pacientes que habían sufrido una enfermedad cardíaca aumentaron el estrés fisiológico. Entre el 5 y el 17%, la destreza manual, la capacidad de aprender y el desempeño en tareas complejas sensomotoras, tales

como conducir automotores, disminuye. Con el 10%, el dolor de cabeza es frecuente, y con el 30% de COHb, la mayoría de las personas experimentan mareos, dolor de cabeza, fatiga y el juicio alterado. Cuando los porcentajes son mayores que el 60% se producen la pérdida de conocimiento y la muerte si la exposición continúa. El monóxido de carbono es también un contaminante importante en el aire interno. El humo de los cigarrillos contiene más de 400ppm de CO, y, frecuentemente, los fumadores tienen niveles de COHb entre el 5 y el 10%. Afortunadamente, la COHb se elimina de la sangre cuando se purifica el aire respirado. Las personas sanas eliminan aproximadamente la mitad del CO de su sangre en tres o cuatro horas. Por lo tanto, los efectos adversos del CO en el ser humano generalmente pueden ser temporales. Los individuos más sensibles son aquellos que pueden soportar menos la hipoxia producida por la exposición al aire contaminado, como las personas que padecen una severa anemia o enfisema pulmonar o hayan sufrido un infarto de miocardio.

La Tabla 1 sintetiza la relación entre % de COHb en sangre y los efectos del CO (Seoáñez Calvo, 2002).

Tabla 1. Efectos causados en el hombre debido a la exposición al CO (Seoáñez Calvo, 2002).

% COHb = β	Efectos
$\beta < 0.8$	No se observan efectos.
$0.8 \leq \beta < 2.5$	Algunos síntomas en enfermos cardiovasculares.
$2.5 \leq \beta < 4.0$	Efectos sicomotores en individuos sanos.
$4.0 \leq \beta < 10$	Efectos sobre el sistema cardiovascular y el sistema nervioso cen
$10 \leq \beta < 15$	Efectos persistentes en el sistema arterial durante una exposición
$15 \leq \beta < 40$	Efectos muy graves con posibilidad de infarto y muerte en algun
$\beta > 40$ a 60	Muerte por hipoxia tisular crítica a nivel cerebral y cardíaco.

b) Efectos del dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y el ozono

Dióxido de nitrógeno: este contaminante es irritante de las vías respiratorias e induce la aparición de procesos infecciosos debido a que favorece el desarrollo de bacterias en las vías respiratorias. Agrava enfermedades crónicas del sistema respiratorio como asma bronquial, bronquitis y enfisema. Se considera que estas enfermedades se han convertido en las más importantes de las afecciones pulmonares por su frecuencia, morbilidad y pérdidas económicas. El NO₂ puede irritar los pulmones, causar bronquitis y pulmonía, y disminuir la resistencia a las infecciones respiratorias. El NO₂ puede reaccionar con compuestos orgánicos volátiles en presencia de la luz solar formando contaminantes fotoquímicos.

El dióxido de nitrógeno tiene otras consecuencias ambientales aparte de estar directamente asociadas con la salud humana. Reacciona con el radical hidroxilo (OH) en la atmósfera para formar ácido nítrico (HNO₃) que corroe superficies de metal y contribuye a la generación de la lluvia ácida. Puede causar daño a las plantas terrestres y es una causa significativa de la eutrofización, especialmente en estuarios. El dióxido de nitrógeno es el responsable del color café rojizo del cielo en algunas ciudades.

Dióxido de azufre: el dióxido de azufre es un gas irritante y tóxico. Afecta, sobre todo, las mucosidades y los pulmones provocando ataques de tos, aun cuando este dióxido es absorbido por el sistema nasal. La exposición a altas concentraciones durante cortos períodos de tiempo puede irritar el tracto respiratorio, causar bronquitis, reacciones asmáticas, espasmos reflejos, paro respiratorio y congestiones en los conductos bronquiales de las personas asmáticas. Los efectos del SO₂ se incrementan cuando el dióxido de azufre se combina con partículas o con la humedad del aire ya que se forma ácido sulfúrico y produce lo que se conoce como lluvia ácida, que provoca la destrucción de bosques, la vida salvaje y la acidificación de las aguas superficiales.

Ozono: el esmog fotoquímico causa efectos molestos en la respiración, tales como tos, falta de aliento, constricciones de las vías respiratorias, dolor de

cabeza e irritación de ojos y nariz. Estos síntomas pueden ser especialmente graves para asmáticos y personas con otros problemas del aparato respiratorio. Pero los individuos sanos que practican ejercicios exigentes en períodos relativamente cortos experimentan estos síntomas cuando los niveles son cercanos al estándar de calidad de aire ambiental. Los estudios realizados con animales sugieren que exposiciones a largo plazo al ozono pueden llegar a afectar permanentemente el tejido pulmonar, disminuir su función y reducir su elasticidad. Aunque el ozono es el responsable de algunos efectos indeseables del esmog fotoquímico, desde la constricción del pecho e irritación de la membrana mucosa en las personas hasta la ruptura de productos de caucho y daños en la vegetación, no es causante de la irritación de ojos, que es la queja común del esmog fotoquímico. La irritación de los ojos es causada por otros componentes del esmog (Seinfeld y Pandis, 2006), principalmente el formaldehído, el nitrato de peroxibenzoilo, el peroxiacetil nitrato y la acroleína.

c) Efectos de las partículas

El hollín emitido por los motores diésel y las chimeneas industriales está compuesto en su mayoría por partículas sólidas formadas por átomos de carbono y benceno. La capacidad del sistema respiratorio humano para defenderse por sí mismo de las partículas en suspensión depende en gran medida del tamaño de las partículas. El aparato respiratorio superior está compuesto por la cavidad nasal y la tráquea, y el sistema respiratorio inferior que está integrado por los tubos bronquiales y los pulmones. Cada bronquio se divide repetidamente en ramas cada vez más pequeñas y termina en un gran número de diminutos sacos con aire en su interior denominados alvéolos. Las partículas grandes que penetran en el sistema respiratorio pueden ser atrapadas por los pelos y la mucosidad de las paredes internas de la nariz. Una vez que son capturadas, pueden ser eliminadas por la tos o el estornudo. Las partículas pequeñas que pueden ingresar en el aparato traqueobronquial son capturadas por el mucus, por cilios parecidos a pelos diminutos que operan en la parte trasera de la garganta y posteriormente eliminadas tragando o expectorando. Las partículas con diámetro mayor a $10\mu\text{m}$ son separadas efectivamente en el sistema respiratorio superior por estos mecanismos de defensa. Las partículas más pequeñas, sin embargo, a menudo pueden dar muchas vueltas a través de las curvas del sistema respiratorio superior sin ser capturadas por el mucus del fondo. Estas partículas pueden entrar en los pulmones, dependiendo de su tamaño, y pueden o no ser

depositadas en esos órganos. Algunas partículas pequeñas tienden a seguir la corriente del aire en los pulmones y salir de ellos. Otras partículas con tamaño de submicrones se depositan por movimientos brownianos. Las partículas entre $0.5\mu\text{m}$ y $10\mu\text{m}$ pueden alcanzar los pulmones y ser lo suficientemente grandes para depositarse allí por sedimentación. La sedimentación en los pulmones es muy efectiva para partículas entre 2 y $4\mu\text{m}$. Estas partículas agravan enfermedades respiratorias y cardiovasculares ya existentes, y dañan el tejido pulmonar. Algunas son cancerígenas. También pueden causar infecciones en las vías respiratorias superiores, desórdenes cardíacos, bronquitis, asma, pulmonía, enfisema e incremento de la tasa de mortalidad.

d) Efectos del benceno

El benceno es un reconocido carcinógeno para los seres humanos. Respirarlo puede causar somnolencia, mareo y pérdida del conocimiento. La exposición prolongada a determinados niveles de benceno es causa de leucemia no linfocítica, anemia, alteraciones en la médula ósea y una gran variedad de desórdenes en el comportamiento del tejido sanguíneo en los humanos. Otro de sus efectos es el ataque al genoma celular. En los niños, los efectos negativos del benceno se acentúan. Respirar niveles de benceno muy altos puede causar la muerte, mientras que niveles menores pueden determinar somnolencia, mareo, aceleración del latido del corazón, dolor de cabeza, temblor, confusión y pérdida del conocimiento. Incorporar altos niveles de benceno puede causar vómitos e irritación del estómago, mareo, somnolencia o convulsiones, acelerar el ritmo cardíaco y la muerte. La exposición de larga duración (un año o más) al benceno influye en la sangre. El benceno produce efectos nocivos en la médula ósea y puede causar una disminución en el número de glóbulos rojos, lo que conduce a la anemia. El benceno también puede producir hemorragias y daño al sistema inmunitario, aumentando las posibilidades de contraer infecciones.

Algunos animales que respiraron benceno durante el embarazo fueron asociados a bajo peso de nacimiento, retardo en la formación de hueso y daño en la médula ósea.

e) Efectos del plomo

El plomo puede causar varios efectos no deseados, como son: a) perturbación de la biosíntesis de la hemoglobina y anemia, b) incremento de la presión sanguínea, c) daños en los riñones, d) aborto espontáneo, e) perturbación del sistema nervioso, f) daño al cerebro, g) disminución de la fertilidad del hombre, h) disminución de las habilidades de aprendizaje de los niños, i) perturbación en el comportamiento de los niños (aumento de la agresión), comportamiento impulsivo e hipersensibilidad, j) formación de depósitos plúmbicos en las encías visualizados como una línea de color gris claro azulado llamada «la línea del plomo».

El plomo puede ingresar en el feto a través de la placenta de la madre. Debido a esto, puede causar serios daños al sistema nervioso y al cerebro de los niños. La acumulación de plomo en los animales puede causar graves efectos en su salud por envenenamiento, e incluso la muerte por paro cardiorrespiratorio. Algunos organismos, como los crustáceos u otros invertebrados, son muy sensibles al plomo (dado que el plomo cuando se encuentra en exceso se deposita en los huesos y al no poseerlos queda retenido en su organismo). Cuando las concentraciones son muy bajas causa graves mutaciones. Se registraron casos en donde las crías de crustáceos con saturnismo crónico presentaban extremidades más largas, deformidades en otras y un comportamiento agresivo y poco coordinado llegando a producirse automutilaciones y autolaceraciones múltiples, atribuidas a alteraciones genéticas generadas por la contaminación por plomo. Las partículas pequeñas quedan suspendidas en la atmósfera, y pueden llegar al suelo y al agua.

Otro efecto significativo del plomo en las aguas superficiales es que provoca perturbaciones en el fitoplancton, que es una fuente importante de producción de oxígeno en los océanos y de alimento para algunos organismos acuáticos de variado tamaño (desde ballenas hasta pequeños peces). El plomo se va acumulando durante mucho tiempo en el cuerpo de las personas que entran en contacto con él. El análisis de sangre posibilita la detección de la absorción de cantidades peligrosas de plomo para su salud. Si se encuentra alto el nivel de plomo significa que esa persona no es capaz de eliminarlo de forma natural.

La atmósfera

La atmósfera es la masa de aire que rodea a la Tierra, en la que se desarrollan las actividades humanas. La mitad de la masa atmosférica se encuentra en una capa cuyo espesor medio es de aproximadamente 6 km y es adyacente a la superficie terrestre. El aire está compuesto por una mezcla de gases, y partículas sólidas y líquidas en suspensión que permanecen cerca de la superficie terrestre por la acción de la gravedad. En la Tabla 2 se presenta la composición media volumétrica de los primeros 80 km de la atmósfera de los principales componentes gaseosos permanentes de la atmósfera.

Tabla 2. Composición media volumétrica de los principales gases constituyentes de la atmósfera (Stull, 2000).

Gas	ppm(v)
Gas	ppm(v)
Nitrógeno	780.000
Oxígeno	209.400
Argón	9.300
Dióxido de carbono	315
Neón	18
Helio	5,2
Metano	1,0-1,2
Criptón	1,0
Hidrógeno	0,5
Óxido nitroso	0,5
Xenón	0,08

Vapores orgánicos	~ 0,02
-------------------	--------

Dos gases, el nitrógeno y el oxígeno, constituyen casi el 99% del volumen de la atmósfera. El nitrógeno atmosférico es prácticamente inerte, pero el oxígeno es muy activo y su cantidad está determinada por la velocidad de las reacciones que ligan el depósito atmosférico de oxígeno libre con el depósito reductor que existe en las rocas sedimentarias. Es relativamente simple aislar la mezcla de los seis gases raros (argón, neón, helio, criptón, xenón, radón) que componen la atmósfera, de otros gases combinables. En conjunto, los gases raros que componen parte de la atmósfera representan menos de la centésima parte de su volumen. En el aire se encuentra, permanentemente, el vapor de agua, originado por la evaporación principalmente de las aguas superficiales que genera la radiación solar y por la respiración del hombre, de los animales y de las plantas. En general, el porcentaje en volumen del vapor de agua en el aire varía desde menos del 1% hasta cerca del 4%.

En la Figura 3 se presenta un esquema de las diferentes capas de la atmósfera: a) Troposfera: es la capa más cercana a la superficie terrestre, en donde se desarrolla la vida y ocurren la mayoría de los fenómenos meteorológicos. Tiene unos 8 km de espesor en los polos y alrededor de 16 km en el ecuador. En esta capa la temperatura disminuye con la altura aproximadamente $6.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por kilómetro. Contiene aproximadamente el 75 % de la masa gaseosa de la atmósfera y casi todo su vapor de agua. Su límite superior es la tropopausa. b) Estratosfera: es la capa que se encuentra aproximadamente entre los 10 km y los 50 km de altura. Su límite superior es la estratopausa. Los gases se encuentran separados formando subcapas o estratos de acuerdo a su masa. Una de ellas es la capa de ozono que protege a la Tierra de la radiación ultravioleta. c) Mesosfera: es la capa donde la temperatura puede disminuir hasta los $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se extiende por encima de la estratopausa hasta los 80 km de altura, desde donde la temperatura vuelve a descender hasta unos $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ o $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$.

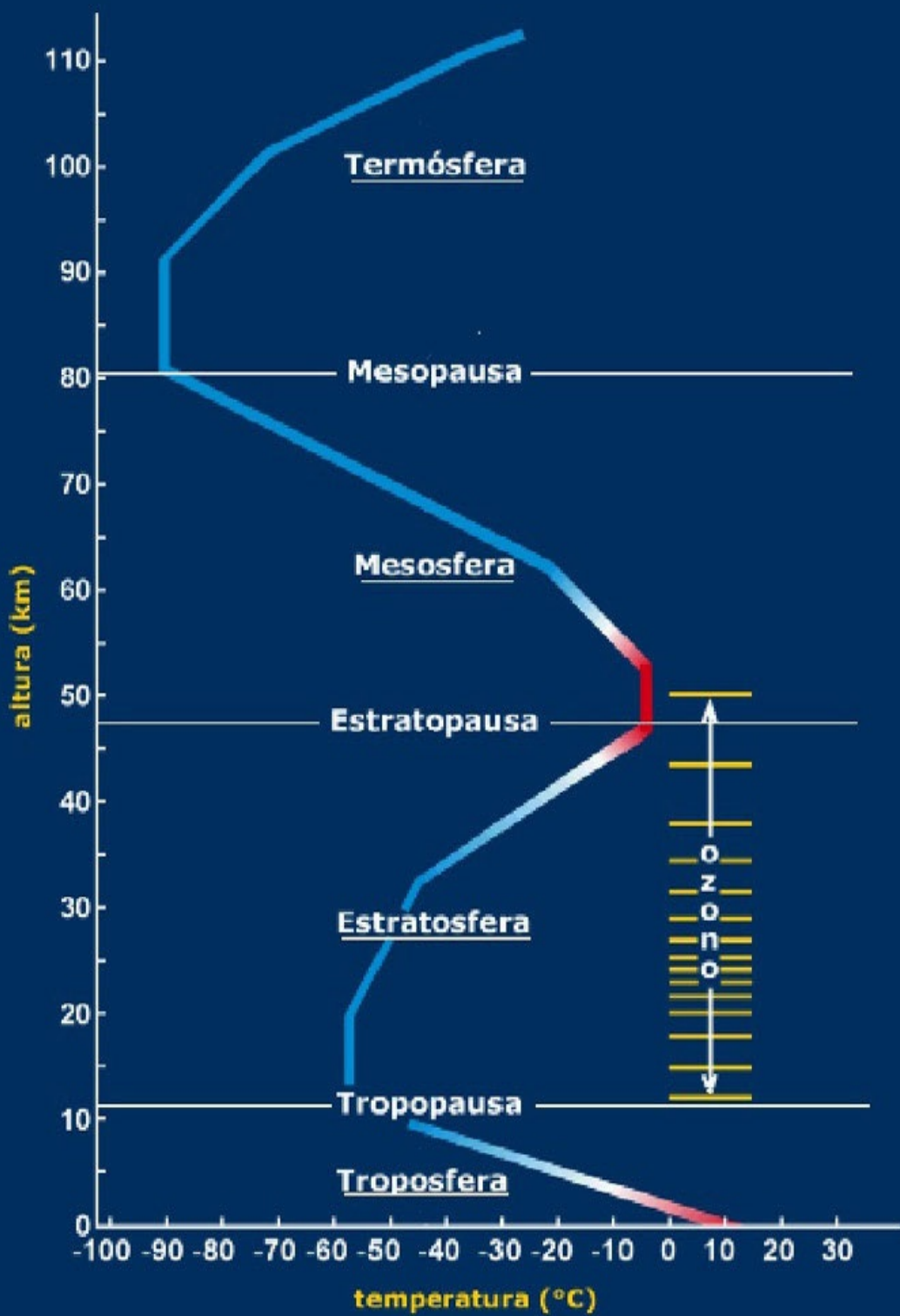


Figura 3. Variación con la altura de la temperatura del aire y principales capas de la atmósfera (Recuperado de: https://services.meteored.com/img/article/-425-meteorologia-i-composicion-y-distribucion-de-la-atmosfera-como-un-oceano-de-aire-agitado--29341-15_768.gif 17 de abril 2021).

Su límite superior es la mesopausa. d) Termosfera: es la capa que se encuentra entre los 90 y los 400 kilómetros de altura. Su límite superior es la termopausa. En ella existen iones. En ella se posibilitan las transmisiones de radio y televisión por su propiedad de reflejar las ondas electromagnéticas. El gas predominante es el nitrógeno. Allí se produce la destrucción de los meteoritos que llegan a la Tierra.

Valores guía, normas y estándares de la calidad del aire

a) Organización Mundial de la Salud

En la Tabla 3 se presentan los valores guía de calidad de aire (WHO, 2006).

Tabla 3. Valores guía de calidad de aire (WHO, 2006).

Contaminante	Valor guía	Tiempo de promedio
SO ₂	500µg/m ³	10 minutos
20µg/m ³	24 horas	
NO ₂	200µg/m ³	1 hora

40µg/m ³	1 año	
O ₃	100µg/m ³	8 horas
PM-10	50µg/m ³	24 horas
20µg/m ³	1 año	
PM-2.5	25µg/m ³	24 horas
10µg/m ³	1 año	

b) Leyes nacionales y provinciales

Ley Nacional 20284. Normas nacionales de calidad de aire (Tabla 4).

Tabla 4. Normas nacionales de calidad de aire.

Contaminante	Valor guía	Tiempo de promedio
CO	50ppm	1 hora
10ppm	8 horas	
SO ₂	0,03ppm	1 mes
NO _x	0,45ppm	1 hora
0,15ppm	24 horas	
O ₃ (oxidantes)	0,10ppm	1 hora
Partículas en Suspensión	150µg/m ³	1mes

Ley Nacional 24051. Decreto 831/93. Niveles guía de calidad del aire ambiental (Tabla 5)

Tabla 5. Niveles guía de calidad del aire ambiental.

Sustancia	Valor guía ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Período de promedio
NO _x	0,9	60 minutos
O ₃ -oxidantes químicos	0,3	60 minutos
Benceno	0,2	20 minutos
Plomo	0,002	30 minutos

Ley de la Provincia de Buenos Aires 5965. Decreto 1074/18 (Tabla 6)

Tabla 6. Decreto 1074/18.

Contaminante	Estándar ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Período de tiempo
SO ₂	250	1 hora
200	24 horas	
PM-10	150	24 horas
50	1 año	
PM-2.5	75	24 horas
25	1 año	
CO	40000	1 hora
10000	8 horas	
O ₃	137	8 horas
NO ₂	320	1 hora
100	1 año	
Pb	0.75 mg/m^3	3 meses

Ley de la Ciudad de Buenos Aires 1356. Resolución 403/APRA/13. (Tabla 7)

Tabla 7. Resolución 403/APRA/13.

Contaminante	Estándar (ppm)	Tiempo de promedio
CO	35	1 hora
9	8 horas	
NO2	0,2	1 hora
0,053	1 año	
SO2	0,50	3 horas
0,14	24 horas	
0,03	1 año	
O3	0,120	1 hora
0,080	8 horas	
Pb	0,0015	3 meses
PM-10	0,150 mg/m ³	24 horas
0,050 mg/m ³	1 año	
C6H6	0,0016	1 año

En la provincia y en la Ciudad de Buenos Aires existen condiciones particulares para el cumplimiento de las normas y de los estándares de calidad de aire correspondientes a cada contaminante.

Adicionalmente, existen normas o estándares de calidad de aire específicos para algunas provincias (por ejemplo, Mendoza, Tucumán, Santa Fe, Entre Ríos, Chubut, Santa Cruz). Por limitaciones de espacio, no son incluidas.

Modelos de dispersión atmosférica

El modelado de la dispersión atmosférica de los contaminantes emitidos desde una o varias fuentes es una metodología destinada a calcular las concentraciones de estos en el aire. Un modelo de dispersión consiste en una serie de ecuaciones codificadas para utilizar en una computadora, que es necesaria debido a la gran cantidad de repetitivos cálculos requeridos para obtener las concentraciones en un gran número de localizaciones de receptores resultantes de las emisiones de diferentes fuentes, en un gran número de condiciones atmosféricas correspondientes a un período bastante amplio (Seinfeld y Pandis, 2006; De Vissher, 2014).

En la Figura 4 se presenta un esquema de los principales componentes de un modelo de dispersión atmosférica.

Un modelo de dispersión atmosférico utiliza datos correspondientes a las fuentes de emisión, meteorológicos, de las características del terreno y de los receptores.

Los modelos de dispersión atmosférica pueden ser utilizados en las siguientes actividades:

Permiten estimar la calidad del aire en lugares en donde por diferentes circunstancias no es monitoreada.

En los estudios de Impacto Ambiental de instalaciones industriales donde la contaminación atmosférica es originada por una o varias fuentes.

Cuando la contaminación del aire es medida, los modelos de dispersión atmosférica pueden determinar el caudal másico de emisión y la localización de la fuente emisora.

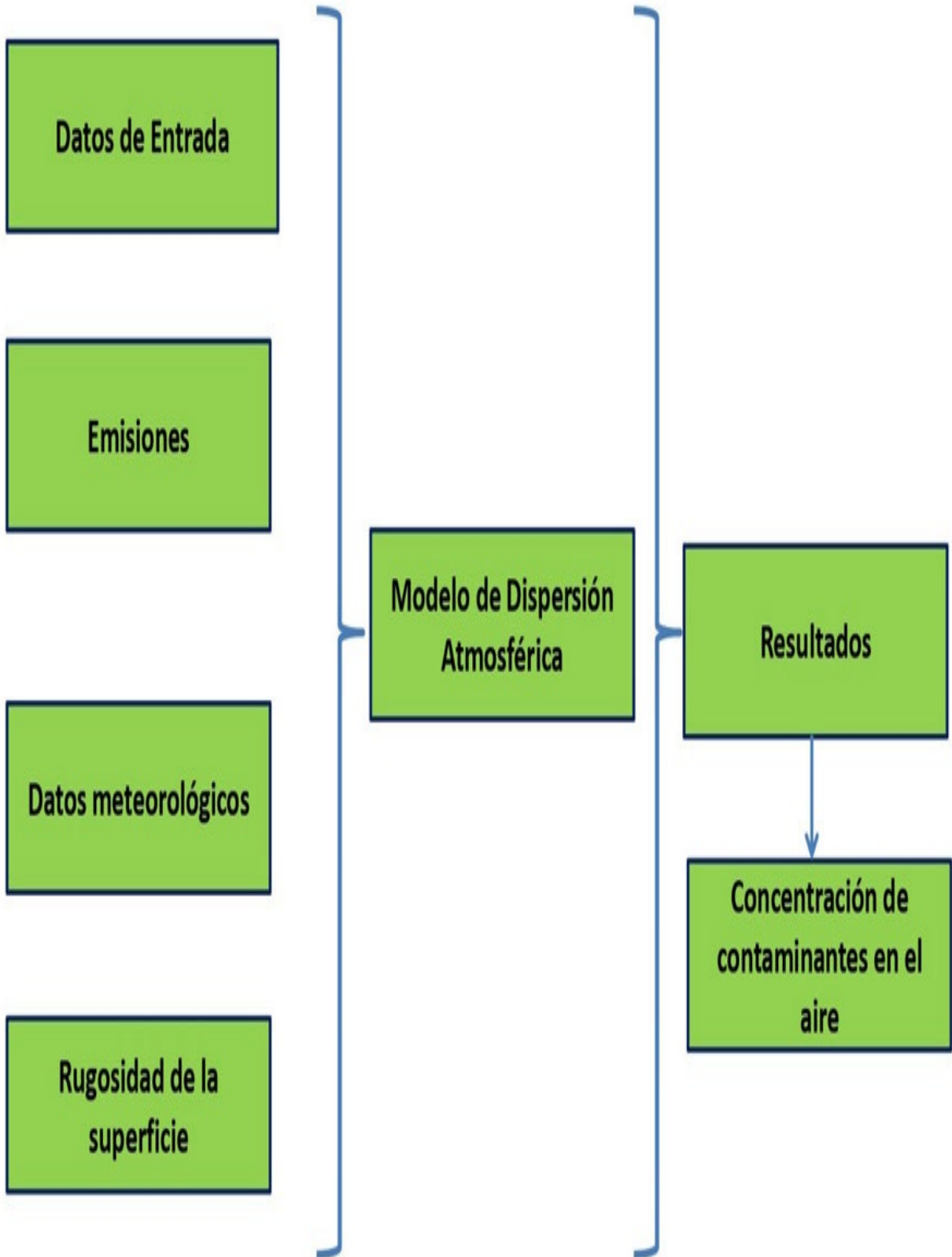


Figura 4. Componentes básicos de un modelo de dispersión atmosférica.

Optimización de alturas de chimeneas para grandes y medianas instalaciones industriales.

Estudios preoperacionales a la instalación de las nuevas industrias.

Modelos urbanos de dispersión atmosférica para evaluar la capacidad de carga de una ciudad.

Diseño de redes de vigilancia de la calidad de aire urbano e industrial.

Cuando una fuente de emisión causa un problema de contaminación del aire, los modelos de dispersión pueden determinar la reducción requerida de la emisión para solucionar el problema.

Los modelos pueden colaborar en las predicciones de la contaminación potencial del aire.

Apoyo a la elaboración de la legislación y la reglamentación para mejorar la calidad del aire, mediante la limitación de las emisiones de contaminantes.

Gestión de emergencias causadas por contaminación urbana e industrial, o por escapes accidentales de material tóxico o radiactivo.

Desde 1980, el modelado regulatorio para impactos de distancias-fuentes menores que 20 km fue generalmente efectuado utilizando las diferentes versiones de los modelos ISC (Turner y Schulze, 2007). La última de esta serie, en uso desde 1998, son los modelos estacionarios ISCST3 e ISCLT3, algunas veces mencionados ISC3. En abril de 2000, el ISC-Prime fue propuesto como sustituto del ISCST. La actual versión del ISCST3 fue introducida en febrero de 2002. Los datos meteorológicos horarios para utilizar en el ISC3-Prime son: la dirección y velocidad del viento, las clases de estabilidad atmosférica, y dos alturas de la capa de mezcla representativas de condiciones rurales y una

correspondientes a condiciones urbanas. Esos valores son generados aplicando los preprocesadores PCRAMET o MPRM. Cuando no se pudieran calcular las clases de estabilidad atmosférica se podrá aplicar modelos tales como el SCREEN3, que solo se utiliza con determinadas velocidades del viento y condiciones de estabilidad seleccionadas.

Modelos recomendados actualmente por la US.EPA para su utilización:

1. Comparado con el ISC3, el AERMOD presenta nuevos o mejorados algoritmos: dispersión en la capa límite en ambas condiciones convectiva y estable, penetración de la pluma en inversiones desarrolladas en altura, cálculo de los perfiles verticales del viento, de turbulencia y temperatura de la atmósfera, capa límite urbana, incorporación de receptores en todo tipo de terreno desde superficie hasta la altura de la pluma, volcado de los contaminantes por efecto de los edificios, depósito de contaminantes y deflexión de la pluma. EL AERMOD (Cimorelli y otros, 2004) es un modelo de dispersión estacionario cuyo objetivo es la evaluación de las concentraciones de contaminantes de una variedad de fuentes de emisión. El AERMOD simula el transporte y dispersión de contaminantes emitidos desde fuentes múltiples puntuales, areales o volumétricas, basado en una caracterización actualizada de la capa de límite planetaria. Las fórmulas para evaluar la concentración de contaminantes en aire incluidas en el AERMOD incorporan los efectos de las variaciones verticales de viento, temperatura y turbulencia de la atmósfera. Estos perfiles están representados por valores «efectivos», contruidos por un promedio de la capa límite a través de la cual la pluma de contaminantes es transportada directamente de la fuente al receptor. Para ello, se incluyen fuentes ubicadas en áreas rurales o urbanas, y los receptores ubicados en terreno simple o complejo. El modelo utiliza datos meteorológicos preprocesados secuencialmente cada hora para estimar las concentraciones promediadas en tiempos comprendidos entre una hora y un año (también múltiples años). El AERMOD está diseñado para funcionar concordantemente con dos códigos del preprocesador AERMET de datos meteorológicos de entrada del AERMOD.

2. El CALPUFF es un modelo gaussiano de nube, que fue desarrollado a fines de la década de 1980 (Scire y otros, 2000). El preprocesador meteorológico es el CALMET. El CALPUFF/CALMET es un modelo muy utilizado cuando las distancias entre la fuente y el receptor son mayores a 50 km. La calidad del

preprocesador meteorológico es uno de los principales determinantes de este modelo. En particular, el CALMET puede recibir datos meteorológicos medidos y datos modelados, por ejemplo, generados por modelos meteorológicos como MM5 (Penn State/NCAR Mesoscale Model) o WRF (Weather Research and Forecasting) o por ambos tipos de información.

3. El CMAQ (Community Multiscale Air Quality) es un modelo de calidad de aire (Byun y Ching, 1999). El objetivo está principalmente focalizado en el transporte y en las transformaciones químicas de los contaminantes en la atmósfera. Los contaminantes de especial interés son los secundarios.

En la Figura 5 están representadas las isopletras de concentración de contaminantes en aire a nivel del suelo cuando funciona una sola chimenea.

Medición de contaminantes en el aire y en los gases en chimeneas

Los objetivos de las mediciones de contaminantes en el aire (Martínez y Romieu, 1997) y en los gases que circulan en una chimenea (Clarke, 1998) son:



Figura 5. Isopletas de concentración (mg/m^3) a nivel del suelo para contaminantes emitidos desde una chimenea. <http://www.ieasa.com.ar/wp-content/uploads/2017/05/01-04-02-02-11-PBC-ANEXO-4-5-EIA-CC-CTBL-ISOLUX-IECSA-Cap-05-Estudios-esp-Rev1.pdf>

Recuperado de internet, con fecha 17 de abril de 2021.

Las mediciones de la calidad de aire:

proporcionan datos necesarios para determinar la relación entre los efectos con los niveles de contaminación del aire.

proporcionan un criterio cuantitativo que permite evaluar si los estándares de calidad de aire son o no superados.

son necesarias para determinar si algunas de las modificaciones en los niveles del aire ambiental global de los contaminantes ocurren como resultado de las actividades humanas.

proporcionan información para determinar el destino de las contaminantes en la atmósfera y, juntamente con la información meteorológica correspondiente, puede ser utilizada en la modelación destinada a la predicción de concentraciones.

Las mediciones de contaminantes en las fuentes de emisión proporcionan información de las emisiones de contaminantes a la atmósfera, dónde es aplicable y si el emisor está cumpliendo con el estándar correspondiente.

Todo sistema de medición de la calidad del aire se debe caracterizar por las siguientes condiciones:

bajos límites de detección y de cuantificación,
ningún tipo interferencias,
muy buena exactitud,
muy buena precisión.

a) Métodos indirectos

Tren de muestreo (Fig. 6). El método consiste en una sonda de muestreo, un filtro ubicado en una caja calentada, una serie de percutores y equipo auxiliar como una bomba, contador de gas seco y manómetros para medir los cambios de presión. La sonda recoge la muestra que pasa a través de un filtro donde queda atrapado el material particulado. Para que los resultados tengan sentido, la muestra deberá representar la concentración y composición variables de corriente gaseosa real. Cuando estén implicadas grandes chimeneas, una muestra representativa del gas requerirá que se efectúen muestreos transversales a la corriente gaseosa.

Los dispositivos y procedimientos de muestreo deben satisfacer los siguientes requisitos generales:

Todos los componentes del tren de muestreo deben ser químicamente inertes con respecto a los gases que se muestrean. Por ejemplo, el acero inoxidable y algunos plásticos pueden producir reacciones químicas con los contaminantes.

Debe conocerse el volumen total de la corriente gaseosa que se muestrea.

La cantidad de gas muestreado deberá ser suficiente para satisfacer los requerimientos de sensibilidad de los métodos y dispositivos que se utilicen en el análisis de la muestra.

Las muestras ambientales deberán ser tomadas en los períodos que establezcan las reglamentaciones.

b) Métodos de referencia para la toma y el análisis de muestras.

En la Tabla 8 se incluyen algunos de los métodos recomendados por la US.EPA.

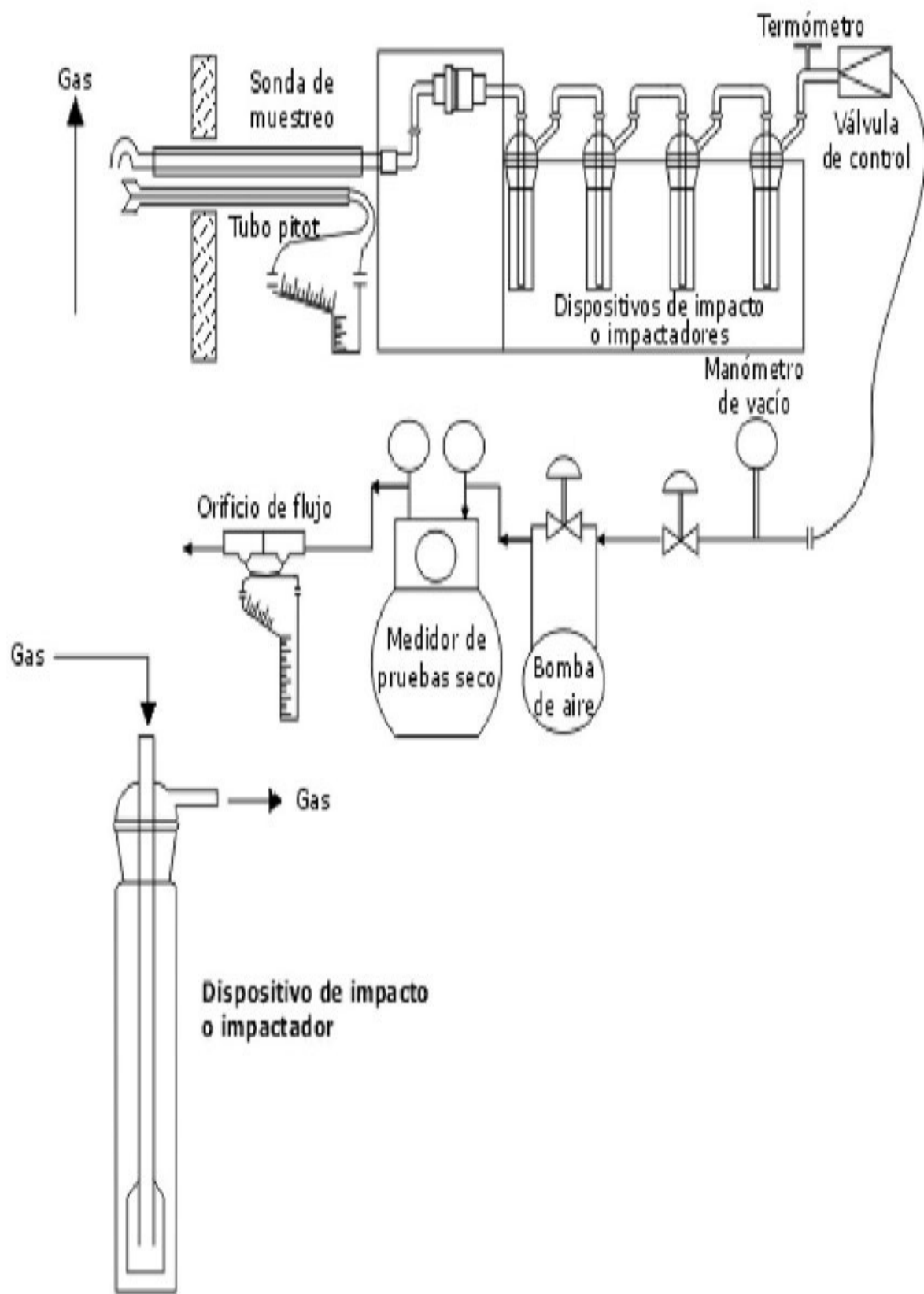


Figura 6. Tren de muestreo de contaminantes en aire o en gases que circulan en una chimenea. La fuente de la figura es: https://cidta.usal.es/riesgos/CD1/control_contaminacion_aire/www.cepis.ops-oms.org/bvsci/e/fulltext/orienta2/lecc7/lecc7_4.html, de fecha de consulta 17 abril 2021

Tabla 8. Métodos de medición y análisis de muestras de calidad de aire recomendados por la US.EPA.

Parámetros	Métodos
Velocidad de los gaseosos	1, 1A, 2, 2A, 2B, 2C, 2D.
Dióxido de carbono y oxígeno	3, 3A.
Partículas	5, 5A, 5B, 5D, 5E, 5F, 5G, 5H.
Dióxido de azufre	6, 6A, 6B, 6C.
Dióxido de nitrógeno	7, 7C.
Monóxido carbono	10, 10A.
Compuestos orgánicos	18.

c) Métodos directos continuos:

monóxido de carbono: este compuesto tiene adecuada capacidad de absorción de radiaciones infrarrojas (IR). Esta propiedad es común a otras sustancias, y cada una de ellas es particularmente sensible a un determinado rango de longitudes de onda. El CO absorbe la radiación cercana a 4600nm. La medición basada en la absorción de IR no es particularmente sensible, pero esto no es importante en el caso del CO, para el cual los niveles importantes son al menos 10 veces superiores a los de otros contaminantes, como el SO₂ y los NO_x. Este método aplicado al CO puede resultar deformado debido a moléculas de otras sustancias (vapor de agua, hidrocarburos y partículas) que absorban parcial o totalmente esta radiación. Para eliminarlas se utilizan bloqueadores y filtros adecuados.

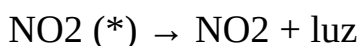
dióxido de azufre: las órbitas electrónicas de los átomos localizadas a diferentes distancias de su núcleo tienen diferentes niveles energéticos y los electrones para pasar de una órbita a otra tienen que absorber o ceder energía. En el caso de la molécula del dióxido de azufre, esta diferencia es tal que la luz debe estar en la zona de la luz ultravioleta. El electrón absorbe esta luz, se traslada a la órbita de mayor energía, pero esta es una órbita «incómoda» y el electrón solo puede permanecer en ella durante un tiempo muy breve (inferior a la millonésima de segundo). Como consecuencia de ello, regresa al nivel de partida y, al hacerlo, restituye energía que había adquirido. Existen diferentes formas de restituir energía, pero una de ellas consiste en emitir luz, que se propaga en todas direcciones y su longitud de onda es proporcional a la concentración de compuesto. Este método se denomina análisis por fluorescencia.

óxidos de nitrógeno y ozono: para medir la concentración de óxido nítrico se puede aprovechar la siguiente reacción entre el NO y el O₃:



El asterisco indica que algunas moléculas de NO₂ que se producen en esta

reacción poseen más energía que las otras. A partir de este estado, las moléculas pasan a otro estado más estable, de menor energía. Para liberarse del excedente, la emiten en forma de luz de longitud de onda entre el rojo y el infrarrojo. Debido a ello, se puede representar este fenómeno de la siguiente manera:



La intensidad de la luz emitida es proporcional al producto de las concentraciones del óxido nítrico y el ozono. No obstante, si una de estas sustancias, por ejemplo, el ozono, se encuentra presente en cantidades muy superiores a las de la otra, su concentración prácticamente no varía durante la reacción y la intensidad de la luz depende solamente de la concentración de NO.

Este fenómeno se denomina quimioluminiscencia. De acuerdo con lo descrito, este método mide la fracción de NO_x, que está presente como NO. Sin embargo, si se hace pasar el aire contaminando por un catalizador a alta temperatura conformado por óxidos metálicos (por ejemplo, óxidos de tungsteno) todo el NO₂ se escindiría en NO y oxígeno. Es decir, todos los óxidos de nitrógeno presentes inicialmente serán medidos como NO. Por lo tanto, por diferencia con la medición anterior se puede conocer la concentración de dióxido de nitrógeno. Las dos mediciones se pueden realizar simultáneamente. Con pocas modificaciones, este método se puede utilizar para la medición de derivados de nitrógeno, como el amoníaco y la nitrosamina. El método de la quimioluminiscencia se puede utilizar para medir la concentración de ozono en aire. En este caso, la reacción química que se utiliza es la que ocurre entre el ozono y el etileno.

hidrocarburos: sea una pequeña flama, obtenida al quemar el hidrógeno excedente del aire. Su energía es suficiente para escindir moléculas en átomos. La situación es diferente si se hace llegar a esta flama aire que contiene hidrocarburos. Los hidrocarburos se queman originando como productos finales agua y dióxido de carbono. Para alcanzar esta etapa final es necesario atravesar varias fases intermedias, en las cuales se forman algunos radicales. Los electrones no acoplados de los radicales pueden ser extraídos con relativa

facilidad. Por lo tanto, se crean entidades con cargas eléctricas positivas y negativas. Si la flama es encerrada entre dos pequeñas láminas metálicas, a través de las cuales se mantiene una diferencia de voltaje constante, las cargas de la flama serán recogidas por esas láminas. Si las dos láminas denominadas electrodos se encuentran unidas externamente mediante un alambre metálico, circulará por este una corriente eléctrica que será proporcional a la concentración del hidrocarburo. Este método se denomina «ionización a la flama». Todos los hidrocarburos se adecuan a este fenómeno; por ello, solo se puede determinar la concentración total de hidrocarburos, sin individualizarlos. Para distinguir entre sí a los diferentes hidrocarburos se puede hacer ingresar el aire a través de una columna de vidrio llena de material inerte y finamente molido (partículas con diámetro inferior a $1\mu\text{m}$), recubierto con una película muy sutil ($\sim 1\text{mm}$) de alguna sustancia orgánica apropiada. En este caso, el aire que se debe examinar se inyecta en la columna y es arrastrado a través de ella mediante el flujo de un gas inerte (que puede ser helio). En el interior de la columna, los hidrocarburos presentes en el aire se desplazan a velocidades diferentes (esto se debe a que poseen distintas solubilidades) según el compuesto de que se trate, en la sustancia que recubre las partículas. Debido a ello, van egresando a diferentes velocidades. Si el tiempo que transcurre entre la salida de un hidrocarburo y el siguiente es mayor que el necesario para que los electrodos registren la presencia del compuesto y para que la corriente eléctrica regrese a cero, se pueden medir por separado todos los hidrocarburos. Esta técnica se denomina «cromatografía». Se utilizaba para separar sustancias coloreadas. Permite separar, identificar y medir decenas de hidrocarburos que se encuentran simultáneamente. En análisis normales de rutina se separa el metano de los demás hidrocarburos. A la concentración obtenida se la denomina «contenido de hidrocarburos no metano».

Partículas: para medir la concentración de partículas atmosféricas se hace pasar un determinado volumen de aire a través de un filtro de acetato de celulosa que posea una determinada porosidad. Se pueden utilizar filtros con poros de distintas dimensiones. Por ejemplo: 0.45 o $0.8\mu\text{m}$. El aire atraviesa estos filtros, mientras que las partículas con dimensiones mayores o aproximadamente iguales a las de los poros del filtro resultan bloqueadas y permanecen en la superficie del filtro. La expresión «aproximadamente iguales» se refiere a que distintos mecanismos influyen para que queden retenidas partículas con diámetro algo menor al de los poros. Luego de que un volumen de aire conocido atraviese el filtro es necesario pesar este en una balanza sensible. Si este fue pesado previamente, la diferencia de pesos corresponde a la masa de partículas presentes en el volumen de aire correspondiente. Naturalmente es necesario asegurar que

la humedad del aire no falsee los resultados. Para ello deberá secarse el filtro en una estufa antes y después de realizar el muestreo.

Otro de los métodos destinados a medir la concentración de partículas consiste en determinar la atenuación que se produce en la radiación β emitida desde una fuente radiactiva al pasar a través de un filtro sobre el que se depositó el material particulado. Cuando la radiación β incide sobre el filtro con partículas, su intensidad es menor a la que fue emitida. Relacionando las dos intensidades se puede determinar la masa de partículas en el aire. Si se desea medir la masa de partículas cuyos diámetros son menores que un valor determinado es necesario utilizar pequeños ciclones que permiten separar las partículas más grandes de las menores.

Control de las emisiones

a) Fuentes fijas

En la Tabla 9 se presentan algunos sistemas generales destinados al tratamiento de las emisiones de contaminantes a la atmósfera (Davis, 2000).

Tabla 9. Diferentes tratamientos generales de las emisiones de contaminantes del aire.

Contaminantes	Sistema básico	Tipo	Proceso	Sistemas y contaminantes tratados
Partículas sólidas	Separación	Físico	Separación mecánica Separación hidráulica Separación electrostática Separación por ultrasonido Filtros Sistemas combinados	Toda clase partículas
Gases y aerosoles líquidos Gases y aerosoles líquidos	Absorción	Físico	Solubilización, principalmente en agua	Ácidos acético y fórmico, formaldehído, acetona, etanol, metanol
		Químico	Reacciones entre el líquido de lavado y los contaminantes gaseosos. Generalmente, se utiliza agua que se debe tratar para reciclarla con sistemas de neutralización, precipitación, floculación, recirculación y filtración.	Líquidos de lavado alcalino como sosa cáustica, lejía potásica para separar aerosoles, fenoles, mercaptanos y ácidos orgánicos Líquidos de lavado, ácidos como ácido sulfúrico, diluido y otros para separar aminas, y compuestos orgánicos sulfurados.
		Biológico	Descomposición bioquímica por microorganismos en suspensión en el líquido de lavado. Extracción periódica de la producción neta de biomasa.	Se utiliza biomasa en suspensión, biofiltros de todo tipo. Se tratan aminas, etanol, fenoles y metilmercaptanos. Principalmente, se usan como procedimiento de afinado.
	Adsorción	Físico	Retención de moléculas de gases, aerosoles líquidos o sustancias disueltas. Se realiza sobre la superficie sólida, como carbón activo. Se opera en ciclos o continuamente. El material adsorbente se puede regenerar por desorción con vapor o con un gas inerte.	Triclorometano Xilenos Clorobenceno Metilglicol
	Combustión	Químico	Combustión catalítica Oxidación térmica a menos de 500°C. Combustión normal Oxidación térmica a menos de 800°C. Combustión a alta temperatura Oxidación térmica a menos de 1800°C. Condición general Los gases resultantes deben ser tratados por absorción para eliminar SO ₂ , NO _x , metales.	Ácidos orgánicos Disolventes Aerosoles Hidrocarburos Fenoles Plastificantes

En las Figuras 7, 8, y 9 se presentan secuencialmente esquemas de un sedimentador gravitatorio (la fuerza gravitatoria terrestre actúa como principal acción para separar partículas de un flujo horizontal), ciclón (la fuerza centrífuga actúa como principal acción para separar partículas de un flujo circular), precipitador electrostático (la fuerza electrostática impulsa las partículas cargadas electrostáticamente, que ingresan en el aparato de captura, hacia placas colectoras).

Los lavadores utilizan gotas líquidas introducidas en una cámara para contactar en su caída con partículas y proyectarlas hacia el piso de la cámara. Este último puede ser utilizado para controlar contaminantes gaseosos. También existen otras metodologías (incluidas en la Tabla 4) para controlar contaminante particulado y gaseoso.

Por otra parte, existen variedades de filtros (de superficie, de profundidad, biofiltros) utilizados en distintos tipos de industria.

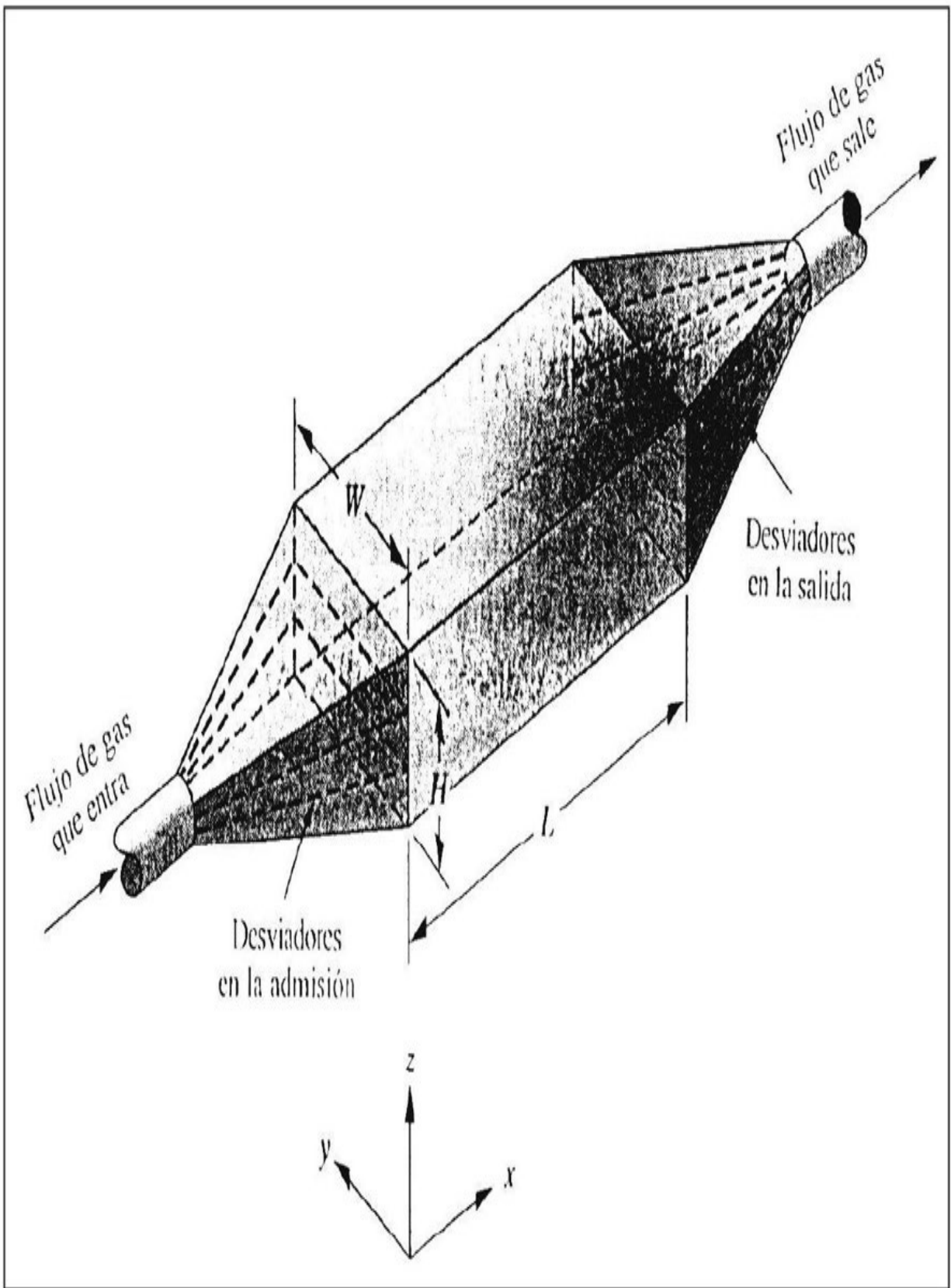


Figura 7. Esquema de un sedimentador
gravitatorio <http://www4.ujaen.es/~fespino/asignaturas/Tratamiento/Tema%203/F>

Fecha de consulta 17 abril 2021.

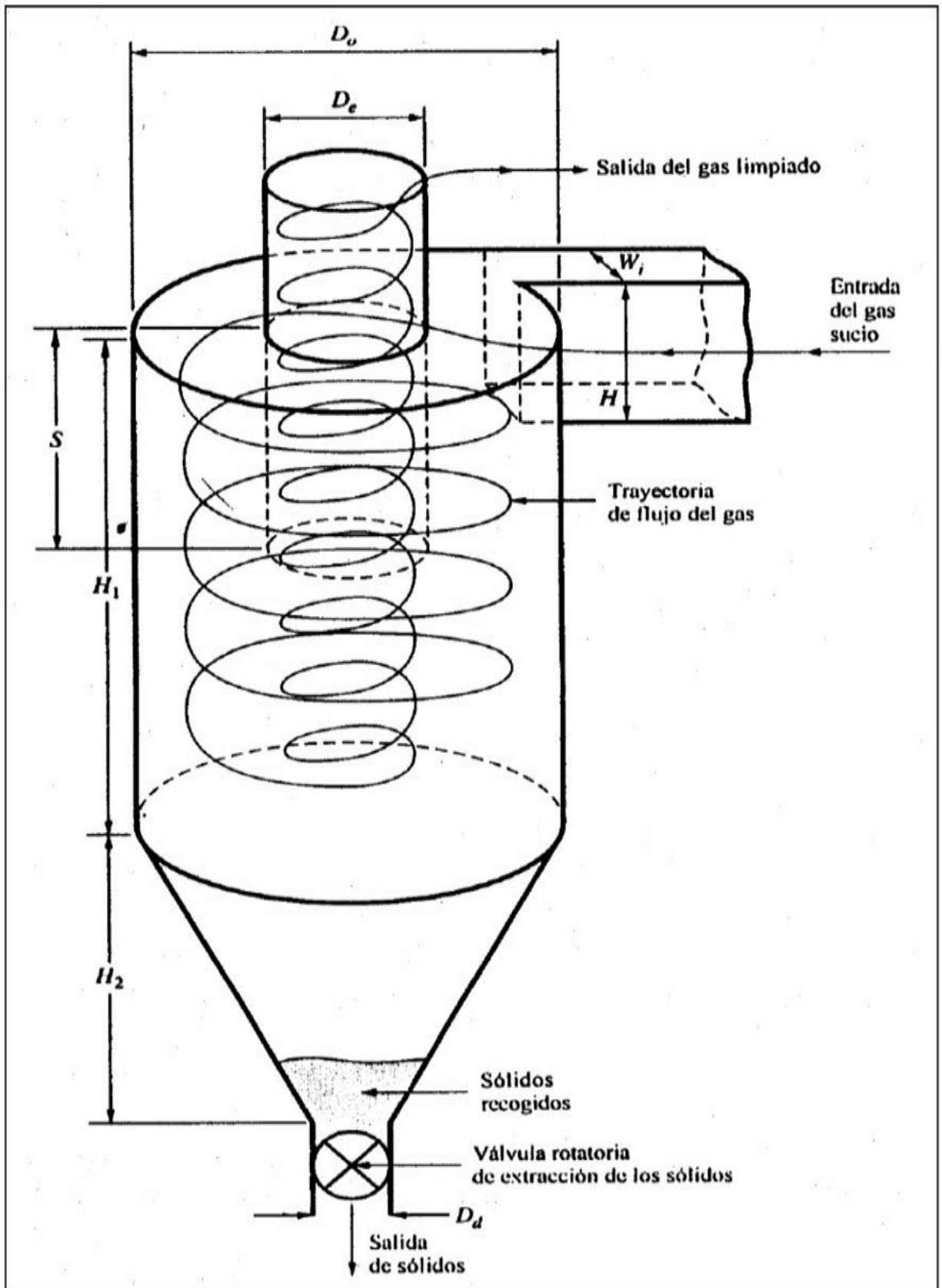


Figura 8. Esquema de un ciclón (De Nevers, 1995).

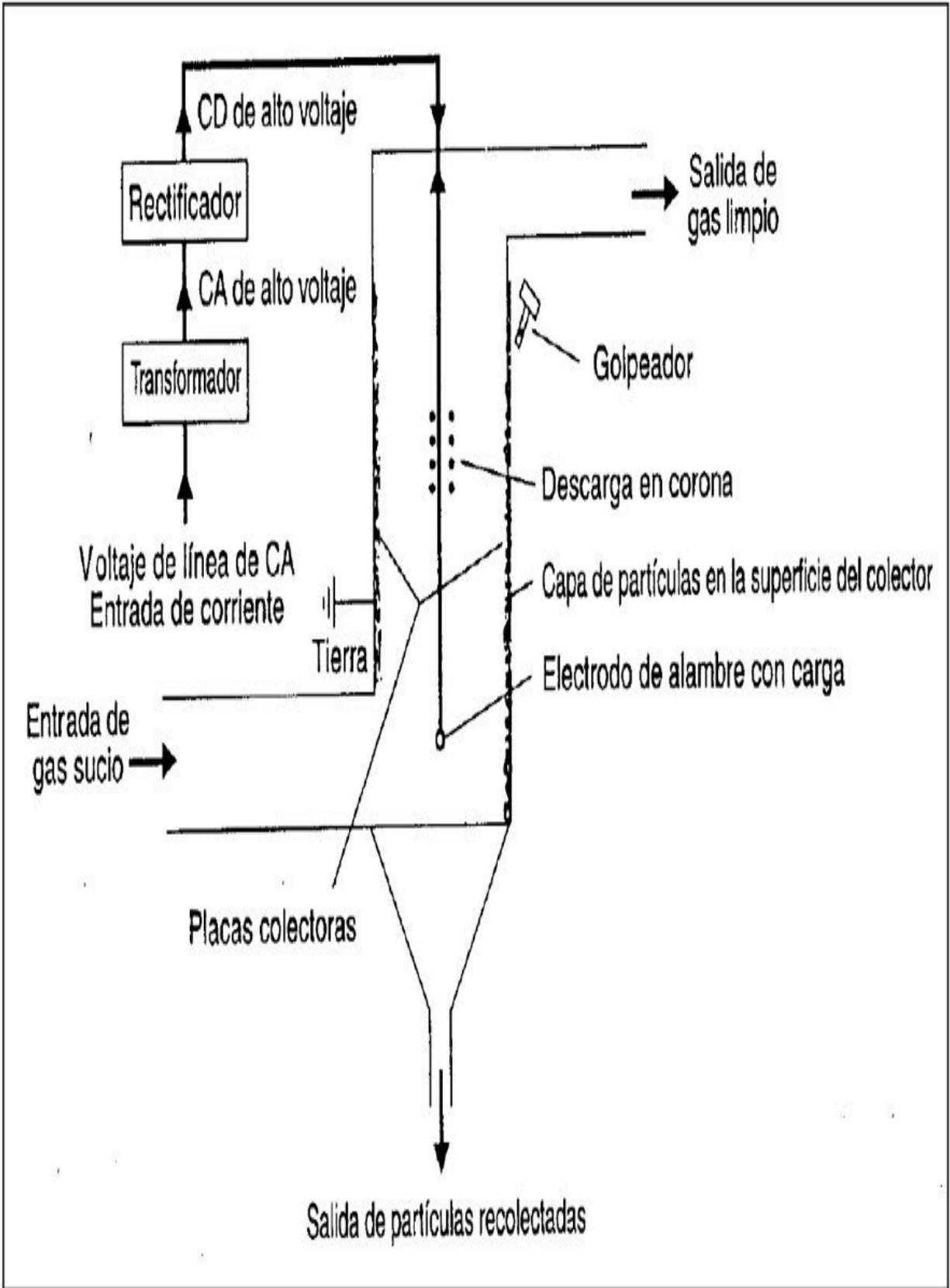


Figura 9. Esquema de un precipitador electrostático (De Nevers, 1995).

b) Fuentes móviles

Las emisiones de contaminantes a la atmósfera son causadas por la combustión y la evaporación. Los gases procedentes de la combustión son expulsados desde el caño de escape de los vehículos. En este sistema de emisión es en donde se producen los controles de las expulsiones de gases en los automóviles. Los controles de emisiones se efectúan mediante convertidores catalíticos de tres vías destinados a oxidar el monóxido de carbono y los hidrocarburos que reduzcan el dióxido de nitrógeno a nitrógeno.

El motor de dos tiempos es de combustión interna, que realiza las cuatro etapas del ciclo termodinámico en dos movimientos lineales del pistón. Este motor se utiliza principalmente en motocicletas y motores fuera de borda. A diferencia del motor de 4 tiempos, el aceite lubricante se agrega directamente con el combustible. Su construcción es sencilla y económica. Carece de válvulas y, por lo tanto, de un sistema de distribución. La emisión de contaminantes es alta debido a que quema aceite continuamente y la mezcla quemada no cumple la relación estequiométrica ideal.

Las emisiones de contaminantes producidas por los vehículos se clasifican en tres categorías:

1. Emisiones desde el caño de escape que proceden de la combustión. Los principales contaminantes son hidrocarburos, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono.
2. Emisiones producidas por la evaporación del combustible. La nafta tiende a evaporarse en alguna de las siguientes formas: ventilación del tanque de gasolina, perdidas y fugas, y pérdidas en recargas.
3. Emisiones del ciclo de vida asociadas con la manufactura, el mantenimiento y el desecho de un vehículo.

El control de las emisiones del sistema de escape puede considerarse en tres partes: incremento de la eficiencia del motor, incremento en la eficiencia del vehículo y modificación de las emisiones.

Muchos motores producidos después de 1973 tienen una válvula de recirculación de los gases entre el escape y el múltiple de admisión; su propósito es la reducción de las emisiones de óxido de nitrógeno.

Otros motores abandonaron el uso de sistemas de recirculación de gases de escape, utilizando convertidores catalíticos. Los convertidores catalíticos son dispositivos que se colocan en el caño de escape con lo que se pretende convertir varias emisiones tóxicas en menos perjudiciales. Entre los elementos usados como catalizadores se incluyen platino, paladio y rodio.

Los esfuerzos en la reducción de emisiones de contaminantes nocivos incluyen la captura de vapores ventilados dentro del vehículo y la reducción de estos al momento de recargar combustible.

Ejercicio para la discusión

- a) Se afirma que en la ciudad de Buenos Aires se verifica lluvia ácida.
- b) La Defensoría de la ciudad ha presentado una denuncia judicial al respecto.
- c) Esa denuncia señala que las centrales térmicas de generación de electricidad instaladas en la ciudad son las responsables de la emisión de contaminantes que generan la lluvia ácida.
- d) Se exhiben fotografías de manchas en las baldosas de las veredas de los barrios de Belgrano y de Núñez.
- e) Se divide a los concurrentes en dos grupos:
 - i) Peritos ambientales judiciales.

ii) Peritos ambientales de partes (señaladas como responsables y como denunciantes).

f) Pregunta fundamental: ¿cuáles son las acciones que deberían sugerir los peritos ambientales?

Referencias bibliográficas

Byun D. W. and Ching J. K.S. (1999). Science Algorithms of EPA Models-3 Community Multiscale Air Quality (CMAQ) Modeling System. Report EPA/600-99/030. US-EPA.

Cimorelli A. J., Perry S. G., Venkatram A., Weil J. C., Paine R. J. Wilson R. B., Lee R. F., Peters W. D. and Brode R. W. (2004). AERMOD: Description of Model Formulations. U. S. Environmental Protection Agency, EPA Rep. 454/R-03-004. Research Triangle Park, NC.

Clarke A. G. (1998). Industrial Air Pollution Monitoring. London, UK: Chapman & Hall.

Davis W. T. (2000). Air Pollution Engineering Manual. Second Edition. New York, USA: Air & Waste Management Association. John Wiley & Sons.

De Nevers N. (1995). Air Pollution Control Engineering. New York, USA: Mc. Graw-Hill International Editions. Civil Engineering Series.

De Vissher A. (2014). Air Dispersion Modeling Foundations and Applications. New Jersey, USA: John Wiley & Sons, Inc. Hoboken.

Hill M. K. (2013). Understanding Environmental Pollution. Third Edition. New York, USA: Cambridge University Press.

Jacobson M. Z. (2012). Air Pollution and Global Warming. History, Science and Solutions. Second Edition. New York, USA: Cambridge University Press.

Martínez A. P. y Romeiu I. 1997. Introducción al Monitoreo Atmosférico.

Metepc, México: Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud.
Organización Panamericana de la Salud.

Mazzeo N. A. (1992). «Problemas atmosféricos críticos»; (en Galloni M. C, Editor). En Problemas y Soluciones Ambientales Argentinos. Buenos Aires: Roemmers.

Seinfeld, J. H. and Pandis, S. N. (2006). Atmospheric Chemistry and Physics. From Air Pollution to Climate Change. J. Wiley & Sons, Inc.

Seoánez Calvo, M. (2002). Tratado de contaminación atmosférica. Problemas, tratamiento y gestión. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.

Stull R. B. (2000). Meteorology for Scientists and Engineers. Second Edition. USA: Brooks Cole. Thomson Learning. CA.

Turner D. B. and Schulze P. E. (2007). Practical Guide to Atmospheric Dispersion Modeling. Dallas. USA: Trinity Consultants Inc and Air & Waste Management Association.

Vallero D. (2008). Fundamentals of Air Pollution. Fourth Edition. New York. USA: Academic Press.

Vardoulakis S., Mazzeo N. A. and Venegas L. E. (2014). Sensitivity of the Semi-empirical Urban Street (SEUS) model to variations in NO₂/NO_x emissions ratios. Trabajo presentado en la 9th International Conference on Air Quality Science and Application. Garmisch-Partenkirchen, Alemania.

Wark K. and Warner C. F. (1998). Air Pollution. Its Origin and Control. New York, USA: Harper & Row. Publishers Inc.

WHO (2006). Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. WHO/SDE/PHE/OEH/06.02.

WHO (2020). Ambient (outdoor) air quality and health. World Health Organization, Fact sheet, Updated September 2018, available at: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/>.

CONTAMINACIÓN DEL SUELO

▪

María Graciela Pozzo Ardizzi

Gerente técnica de GPA consultoría ambiental y social S.A.S. Directora de DIMA, División Medio Ambiente de AIDIS Argentina. Desde 1998 realiza consultorías para la gestión ambiental de las industrias petrolera y minera. Consultor a tempore del Banco Mundial (World Bank). Docente universitaria de grado y postgrado. Capacitadora de IRAM y AIDIS. Perito ambiental para la Justicia neuquina, rionegrina y Justicia Federal.

Contacto: gpozsoardizzi@gmail.com

Introducción

La formación del suelo es un proceso continuo que se ha iniciado millones de años atrás y ocurre por la disgregación de los minerales (rocas) causada por procesos químicos, físicos y biológicos. A esta matriz de elementos minerales se incorpora, en forma superficial, la materia orgánica, proveniente de vegetales y animales vivos o de su descomposición.

La pedogénesis es la ciencia que estudia la génesis o formación de los suelos (pedon) y permite distinguir las características esenciales de los suelos.

El suelo es la cubierta superficial de la mayoría de la superficie continental de la Tierra.

Es un agregado de minerales y de partículas orgánicas formado a partir de la acción conjunta del clima, el relieve, los organismos y el hombre a través del tiempo. La composición química y la estructura física del suelo estarán

determinadas por el tipo de material parental o material geológico del cual proviene el suelo, del tipo de cobertura vegetal que presenta y de la intensidad que tengan los procesos de meteorización, es decir, los procesos de desintegración física y química del material rocoso originario del suelo.

La composición química y la estructura física del suelo están definidas por:

El tipo de material originario del que se ha generado el suelo;

El tipo de cobertura vegetal que presenta, y

La intensidad de los procesos de meteorización (desintegración física, química y biológica) del material rocoso originario.



Figura 1. Fases de la matriz suelo.

La matriz del suelo (Fig. 1) constituye un cuerpo poroso y está conformada por tres fases (Fig. 2):

Fase sólida. Estructura mineral y materiales insolubles (matriz soporte).

Fase líquida. Agua y sustancias solubles (solución del suelo).

Fase gaseosa. Aire interporal. Gases.

FASES DEL SUELO

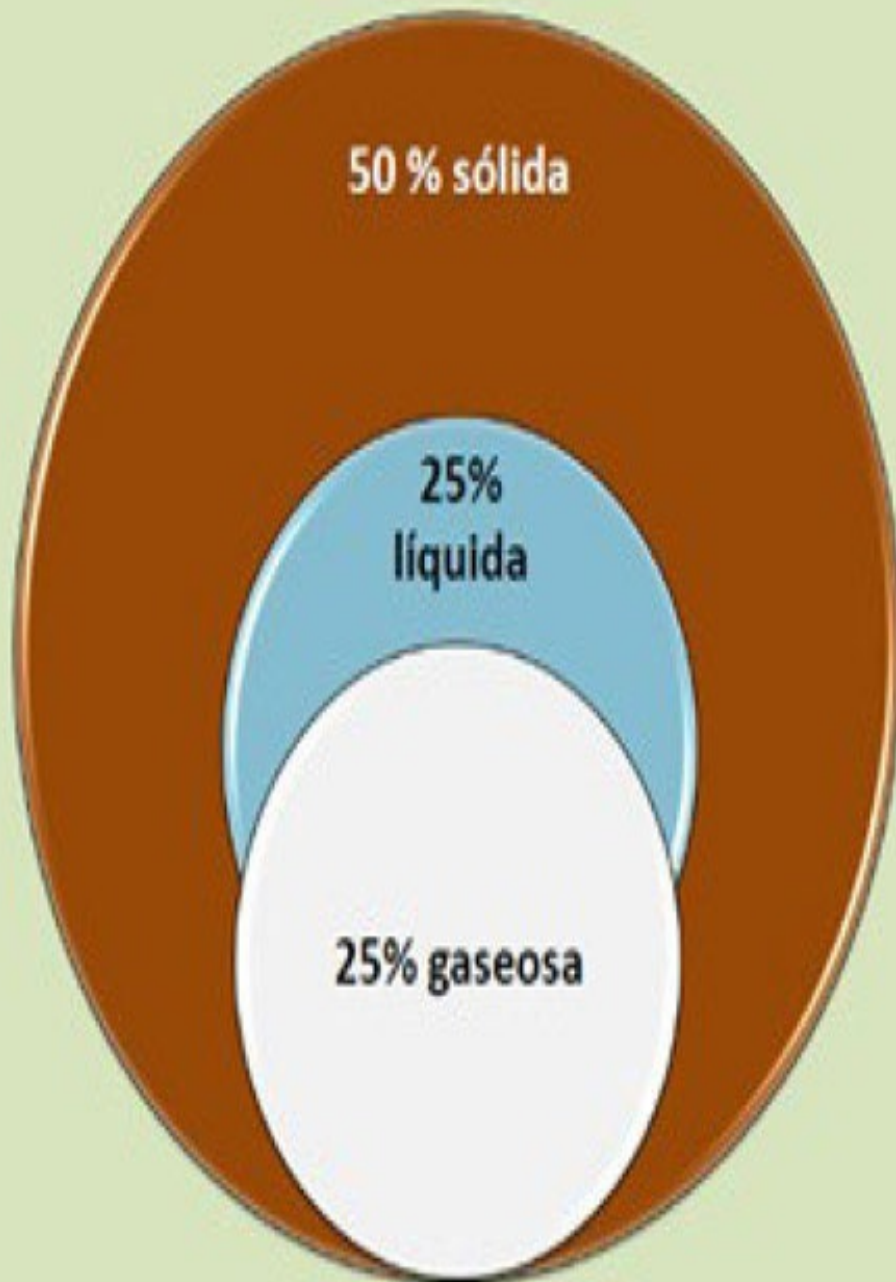


Figura 2. Distribución porcentual de las tres fases.

Factores de formación de los suelos (pedogénesis) (Fig. 3)

Meteorización: consiste en la alteración que experimentan las rocas en contacto con el agua, el aire y los seres vivos.

Meteorización física o mecánica: es aquella que se produce cuando los cambios de temperaturas provocan la fractura de las rocas.

Meteorización química: es aquella que se produce cuando los materiales rocosos reaccionan con el agua o con las sustancias disueltas en ella.

Ambos procesos se desarrollan conjuntamente y producen deshechos que se transportan.

Erosión: consiste en el desgaste y fragmentación de los materiales de la superficie terrestre por acción del agua, el viento, etc. Los fragmentos que se desprenden reciben el nombre de detritos.

Transporte: consiste en el traslado de los detritos de un lugar a otro.



Conjunto de fenómenos que descomponen las rocas, produciendo suelos a sus expensas y provocando en ellos transformaciones y desplazamientos de sustancias

Figura 3. Pedogénesis.

Sedimentación: consiste en el depósito de los materiales transportados que reciben el nombre de sedimentos y cuando estos sedimentos se cementan originan las rocas sedimentarias.

El perfil del suelo es el corte transversal de este en el que se ven sus componentes dispuestos en distintas capas.

Estas capas se llaman horizontes. Su número indica el grado de madurez del suelo. Un suelo poco desarrollado tiene pocos horizontes y uno muy desarrollado tiene más horizontes.

Los horizontes de un suelo son:

Horizonte A: en él se encuentran las raíces de las plantas. Es de color oscuro porque es rico en humus (nitrógeno).

Horizonte B: es de color claro y es rico en sales minerales procedentes del horizonte superior.

Horizonte C: está formado por fragmentos procedentes de la rotura (meteorización) de la roca que origina el suelo (roca madre).

El suelo es un recurso prácticamente no renovable con una cinética de degradación relativamente rápida y, por el contrario, tasas de formación y regeneración extremadamente lentas.

Concepto de contaminación ambiental

Las siguientes definiciones de contaminación ambiental abarcan el concepto desde diferentes ópticas de interés:

Presencia en el ambiente de cualquier elemento, físico, químico o biológico que resulte peligroso para el hombre, los animales, la masa vegetal o los recursos abióticos; altere la calidad de los componentes ambientales, perturbe las relaciones dentro de los ecosistemas, la salud y el bienestar de las poblaciones que los ocupan o el potencial escénico de la biosfera. (Glosario de términos de interés toxicológico relacionados con el Ambiente)

Existencia en el ambiente de contaminantes o agentes tóxicos o infecciosos que entorpecen o perjudican la vida, la salud y el bienestar del hombre, la fauna y la flora; que degradan la calidad del ambiente y en general el equilibrio ecológico y los bienes particulares y públicos. (Glosario Medio Ambiente)

El agregado de materiales y energías residuales al entorno que provocan directa o indirectamente una pérdida reversible o irreversible de la condición normal de los ecosistemas y de sus componentes en general, traducida en consecuencias sanitarias, estéticas, recreacionales, económicas y ecológicas negativas o indeseables. (Diccionario / Glosario de montaña y geografía)

Glosario de interés según IHOBE (1994):

Perfil teórico del suelo

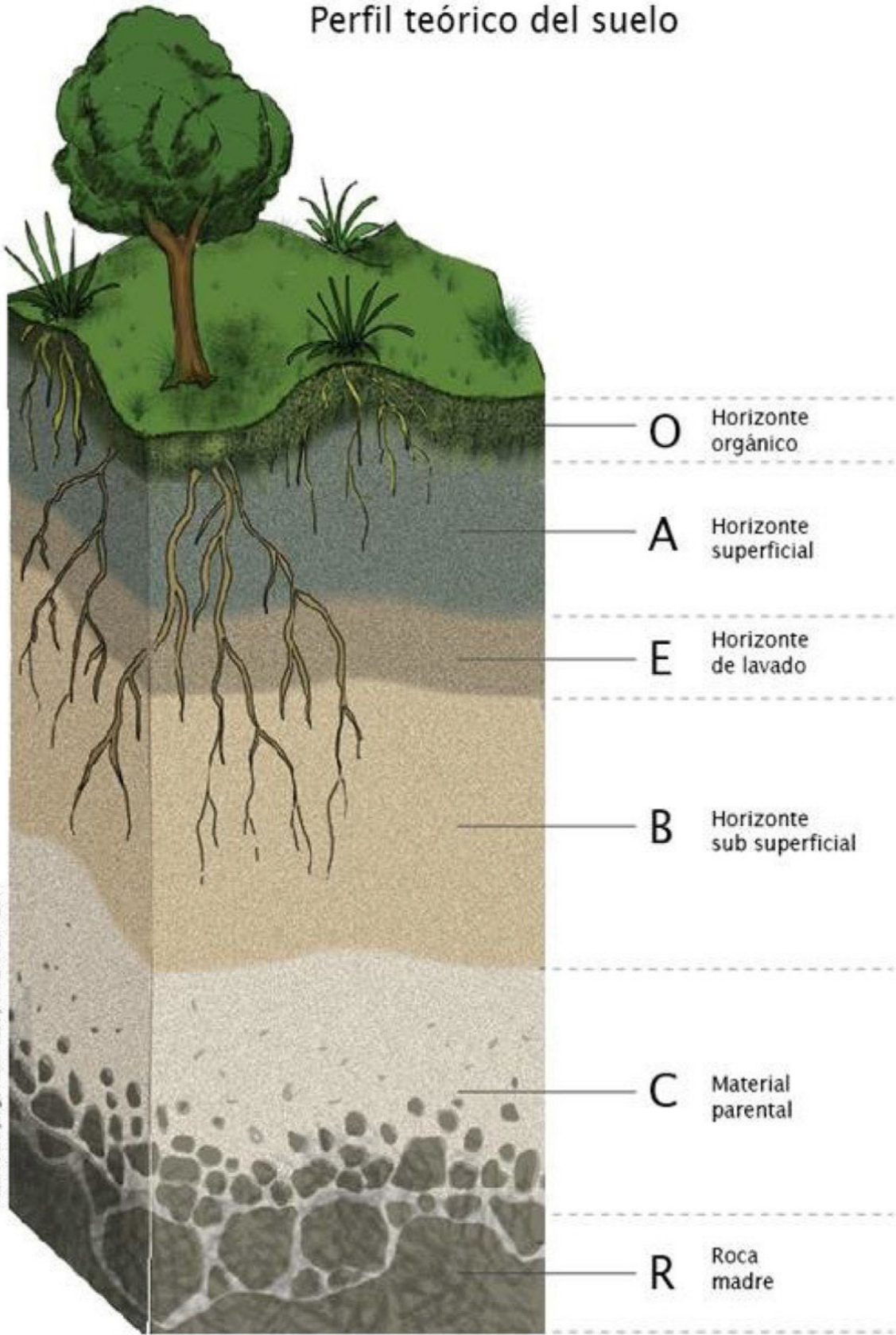


Ilustración: Jorge Alba Posse / ANIDA ICN - 2014

Figura 4. Perfil del suelo. Ref. Luján, María, Gracia, F. Jordán, Antonio, Domínguez-Bella, Salvador, Sánchez Bellón, Ángel. 2016. Geología del PN de los Alcornocales en torno a Alcalá de los Gazules. 10.13140/RG.2.1.1552.5522.

Suelo: se entiende por suelo la parte sólida de la corteza terrestre, desde la roca madre hasta la superficie, que incluye tanto sus fases líquida y gaseosa como los organismos que habitan en él, con la capacidad de desempeñar funciones tanto naturales como de uso de este.

Suelo potencialmente contaminado: un suelo será catalogado como potencialmente contaminado cuando, o bien aparezca incluido en el Inventario de Emplazamientos con Actividades Potencialmente Contaminantes del Suelo o bien, a pesar de no haber sido inventariado, existan indicios razonables que señalen una posible alteración de su calidad.

Suelo sospechoso: un suelo será considerado como sospechoso de estar contaminado cuando los resultados de la recopilación de información (estudio histórico, visita de campo y análisis del medio físico) indiquen que existen indicios razonables de una potencial alteración de la calidad del suelo, y será necesario efectuar una investigación con muestreo y análisis químico dirigida a confirmar o desechar esta hipótesis.

Suelo alterado: se define como aquel que presente alguna alteración significativa de sus características químicas que pueda suponer algún condicionante o limitación a sus funciones, siempre y cuando tal circunstancia no conlleve riesgos inaceptables para los usos previstos.

Suelo contaminado: se define como aquel que presente una alteración de sus características químicas incompatible con sus funciones, debido a que supongan un riesgo inaceptable para la salud pública o el medio ambiente.

Investigación exploratoria (Preliminar): es la fase de investigación cuyo objetivo es confirmar, por un lado, la existencia de niveles de contaminación que supongan o puedan suponer un riesgo inaceptable para la salud humana y los ecosistemas y, por otro, la hipótesis de distribución espacial de la contaminación. Los datos obtenidos en esta fase deben permitir el diseño óptimo de la fase de

investigación detallada.

Investigación detallada: es la fase de investigación cuyo objeto reside en recabar toda la información (caracterización espacial —horizontal y vertical—y temporal de la contaminación, receptores potenciales, etc.) que sea necesaria para acometer la evaluación de los riesgos presentes y futuros derivados de la contaminación detectada. La evaluación de riesgos es un elemento esencial de la investigación detallada para la toma de decisiones sobre posteriores medidas a implantar en el emplazamiento.

Contaminación del suelo. Agentes contaminantes

La FAO define la contaminación como una forma de degradación química que provoca la pérdida total o parcial de la productividad del suelo. De allí, podría considerarse que todo incremento en la concentración (a partir de su índice o nivel permitido) de una sustancia o agente (en sus distintas especies químicas), en cualquiera de los tres medios (aire, agua, suelo), causante de una alteración que afecta la capacidad de ese medio para sus funciones vitales, es definido contaminación.

La Ley 24051 establece en su artículo 2° que será considerado peligroso todo residuo que pueda causar daño, directa o indirectamente, a seres vivos, o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general.

Los suelos son receptores de vertidos recurrentes de diferentes tipos de residuos, y son capaces de retener y acumular los agentes contaminantes. Los más frecuentes son los metales pesados, los hidrocarburos, los aceites minerales y los pesticidas.

Se entiende por suelo contaminado a una porción delimitada de terreno (superficial y/o subterráneo) cuyas propiedades originales han sido modificadas al incorporarse algún factor que según la clasificación de agentes contaminantes puede ser:

Contaminante físico: produce variaciones en parámetros como la temperatura, la densidad, la radiactividad.

Contaminante químico: incorpora elementos o compuestos en concentraciones que alteran la composición originaria del suelo.

Contaminante biológico: incorpora organismos exógenos, generalmente patógenos.

La Figura 5 reporta los tipos de contaminación según sean: superficial o subterránea; intencional o accidental; difusa o puntual.

Tipos de Contaminación

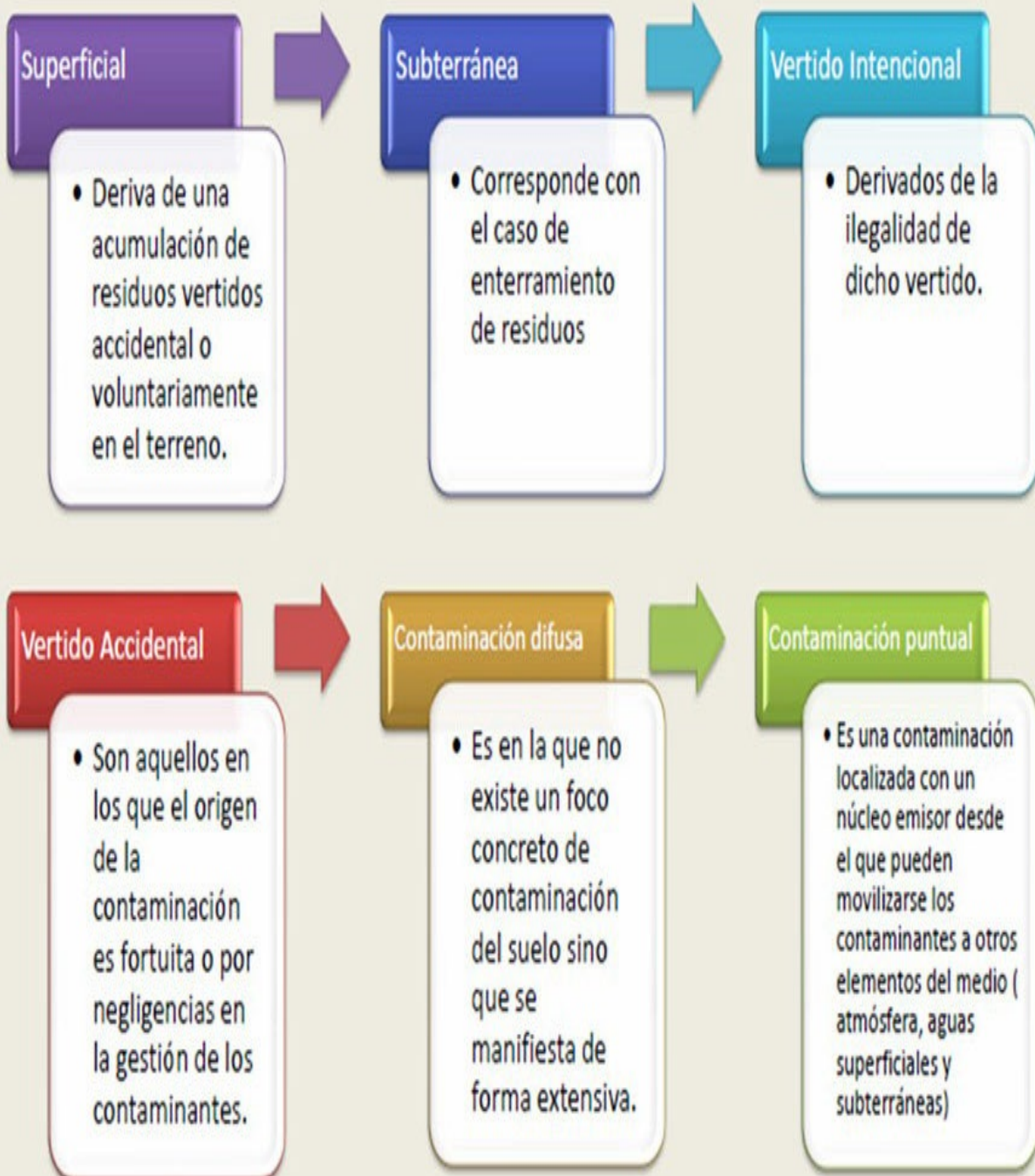


Figura 5. Tipos de contaminación.

Mecanismos de interacción del suelo con los contaminantes

Los procesos de movilización de un contaminante en el suelo dependen en parte de la composición y las propiedades fisicoquímicas de la sustancia, y también de las características geoquímicas y geofísicas del suelo.

En general, el suelo es receptor de materiales contaminantes, pero no es un buen agente dispersante de los contaminantes. Sin embargo, en combinación con otros factores ambientales, constituye un reservorio y un foco emisor de contaminantes al medio circundante.

El agua y, en menor medida, el aire son auxiliares para la dispersión de los contaminantes albergados en el suelo. Otros agentes que controlan la movilidad de los contaminantes en la matriz del suelo son los materiales coloidales, las sustancias húmicas y los microorganismos.

Conceptos importantes para definir la contaminación de un suelo

Capacidad de carga: es la facultad que tiene un medio (aires, agua y suelo) para incorporar materiales extraños sin que ello implique cambios en sus relaciones ecosistémicas.

Carga total: es la masa de un contaminante que ha sido descargada en el ambiente en un período de tiempo determinado.

Concentración del contaminante en el suelo: es la masa del contaminante por unidad de masa de suelo seco.

Transporte y distribución de contaminantes en suelos

Los procesos hidrológicos constituyen un factor tanto para la movilización como para el destino de la sustancia contaminante en el suelo. Ofrecen caminos o vías de transporte en un medio fluido, el agua, donde ocurren procesos de transformación química y microbiana.

Las lluvias, escorrentías, infiltración, evaporación tienen efecto directo sobre el transporte y la transformación de las sustancias contenidas en los suelos.

Investigación de suelos contaminados

El desarrollo industrial y tecnológico ha generado sustancias que, cuando se acumulan en los suelos, conllevan a su contaminación.

La Figura 6 representa las etapas y herramientas de actuación en la investigación de un suelo contaminado.

El gráfico esquematiza las principales etapas para gestionar un sitio contaminado o sospechado de contaminación, desde su identificación inicial hasta la intervención en él, luego de su investigación, y muestra además las herramientas disponibles para actuar en cada una de las fases.

Investigación preliminar (IP)

El proceso de investigación preliminar del suelo (Fase I) es el primer paso hacia el diagnóstico de la situación ambiental de un predio sospechado de

contaminación respecto a la calidad del suelo. Esta fase se ejecuta tanto por una posible contaminación del suelo como en los casos requeridos por procesos administrativos o jurídicos como una due diligence o un peritaje.

ETAPAS DE ACTUACION

IDENTIFICACION



INVESTIGACION



INTERVENCION

HERRAMIENTAS

Inventario-Registro



Investigación Exploratoria

Investigación Detallada

Medidas de recuperación

Medidas de defensa

Medidas de control y seguimiento

CATEGORIZACION DEL SUELO

Suelo potencialmente contaminado

Suelo sospechoso

Suelo alterado o contaminado

Suelo contaminado

Suelo recuperado



Figura 6. Etapas y herramientas de actuación

Ref. IHOBE, 1994, Manual Práctico para la investigación de la contaminación del suelo

La investigación preliminar incluye las actividades necesarias para obtener y evaluar datos que permitan describir la calidad del sitio investigado, así como los principales procesos que han contribuido al transporte y dispersión de contaminantes en él.

El objetivo de una investigación preliminar es definir si el sitio en estudio presenta evidencias de afección ambiental y en qué magnitud, con el fin de establecer las acciones a adoptar en la gestión del sitio contaminado.

Para cumplimentar ese objetivo se requiere realizar:

Caracterización básica del medio físico del sitio. Identificación de los aspectos edafológicos e hidrológicos más relevantes y climatológicos.

Caracterización histórica o historial del sitio, o sea los usos del suelo y actividades desarrolladas actuales y anteriores. Identificación de los receptores potenciales en el sitio de estudio y su entorno inmediato.

Caracterización básica de la contaminación presente. Identificación de principales contaminantes en el sitio, fuentes y focos existentes o anteriores, medios afectados, distribución de la contaminación, principales vías de movilización o transporte y posibles vías de exposición para los receptores potenciales.

Proceso de la investigación preliminar de la calidad del suelo

La investigación preliminar se desarrolla siguiendo un procedimiento secuencial

en el que se distinguen dos fases:

1. Caracterización inicial: incluye las tareas de recopilación de información básica del sitio que servirán para determinar si existen evidencias fundadas y demostrables de afección al ambiente.

2. Caracterización analítica: incluye, si fuese necesario, la toma de muestras, análisis fisicoquímicos e interpretación de resultados para definir la afectación del sitio.

La información obtenida en esta etapa servirá para elaborar un modelo conceptual inicial del sitio; para elaborar una hipótesis de comportamiento del sistema, según el cual se diseñará el programa de muestreo y análisis.

El modelo conceptual en esta fase de investigación es un cuadro que describe las condiciones del sitio e ilustra sobre la fuente de origen, la distribución de los contaminantes, los mecanismos de vertido y movilización en el medio (suelo, agua, aire), las vías de exposición y los potenciales receptores.

El estudio debe estructurarse desde el inicio bajo una perspectiva de análisis de riesgos.

A continuación, se desarrollan las etapas del proceso de investigación preliminar de la calidad del suelo:

Tareas para ejecutar en una investigación preliminar

Caracterización inicial:

I. Fijar los objetivos por alcanzar

Definir los objetivos por alcanzar sobre la base de los hechos que han motivado la investigación (denuncia, inventario de suelos contaminados, reclamos sociales, etc.).

II. Historial de sitio

Contexto geográfico (localización del sitio e instalaciones, en el contexto local).

Estudio histórico del sitio y entorno circundante:

- Evolución histórica de los usos del suelo en el sitio y su entorno (fotografías aéreas, cartografía histórica, informantes calificados, archivos y dependencias municipales, etc.).
- Uso actual del suelo en el sitio, descripción de la actividad industrial o actividad existente (identificación de los elementos potencialmente contaminantes).
- Usos actuales del suelo en el entorno (actividades desarrolladas, industria, presencia de zonas de especial interés ambiental, etc.).
- Estudio de antecedentes ambientales o episodios contaminantes: vertidos, accidentes, etc.

III. Caracterización del medio físico

Definición de las características del medio físico más relevantes (contexto geológico, hidrogeológico, edafológico, climatología, topografía del emplazamiento y entorno).

IV. Confección del modelo conceptual inicial (MCI) del sitio

Consiste en organizar la información obtenida en las etapas anteriores:

- Identificación de fuentes reales o potenciales de contaminación.
- Identificación de las características del medio físico.
- Identificación de posibles vías de movilización, exposición y receptores.

Reconocimiento del sitio y su entorno. Visita e inspección de campo.

Elaboración de un modelo conceptual inicial.

V. Conclusiones e informe

Elaboración de un informe conclusivo en el que quede definido si existen o no indicios de afección en el emplazamiento.

Investigación detallada (ID)

La investigación detallada se realiza exclusivamente en aquellos casos en que los resultados de la investigación exploratoria confirmen la existencia de una alteración del sitio.

El objetivo de la investigación detallada es la caracterización del sitio en relación a la naturaleza, concentración y extensión de la contaminación.

La investigación detallada proporciona los datos necesarios para la evaluación de los riesgos derivados de la contaminación del sitio.

La investigación detallada (Fase II) debe desarrollarse de forma sucesiva a la fase anterior.

Diseño de la estrategia de investigación

Esta ID debe cumplir un doble objetivo, la caracterización de la contaminación y la obtención de cualquier otra información necesaria para la evaluación de riesgos.

Por tanto, la investigación debe estar enfocada en caracterizar correctamente los distintos elementos implicados en la relación causa-efecto que da lugar a un determinado riesgo.

Entre ellos se distinguen:

el causante: la contaminación, tipo y distribución espacial y temporal.

el receptor del riesgo: posibles objetos afectados, así como su distribución espaciotemporal para la caracterización de la exposición.

la ruta de migración de la contaminación: vía por la que el contaminante llega al receptor del riesgo.

factores locales: por un lado, aquellos que influyen en el comportamiento ambiental de los compuestos (factores edáficos, climatológicos, hidrogeológicos, etc.), afectando a su disponibilidad y grado de dispersión potencial, y, por otro, los usos del suelo que determinan el grado de exposición real al contaminante.

En esta instancia, se desarrollará una investigación consistente en la caracterización cuantitativa de la problemática asociada al sitio potencialmente contaminado. Para ello se diagramarán procedimientos de aplicación gradual de los recursos disponibles. Dichos procedimientos consistirán en etapas de investigación sucesivas con objetivos y alcances específicos.

En la ID se diseñan planes de muestreo con base en la información obtenida en la investigación preliminar, se toman muestras y se profundiza el relevamiento de las características ambientales en el sitio.

Cada sucesiva etapa de la ID proporciona una mayor profundidad en la investigación y da mayores precisiones en la estimación del modelo conceptual del sitio, datos que permiten confirmar o modificar el MCI elaborado en la IP.

Según los resultados de cada etapa, se procede a realizar un análisis de riesgo y se evalúa la necesidad y conveniencia de avanzar hacia la intervención del sitio.

La investigación detallada de sitios permite:

Establecer las relaciones causales que sirvan de elemento probatorio en las instancias judiciales.

Elaborar un modelo conceptual de la problemática del sitio a fin de analizar el riesgo que representa.

Generar información de sustento para el diseño y planificación de las posteriores acciones de remediación.

La Norma IRAM 29482 ofrece una serie de directivas para la investigación detallada (ID) de sitios urbanos e industriales con respecto a la contaminación de suelos. La Figura 7 representa un diagrama paso a paso de las acciones por cumplimentar en la fase detallada de una investigación de suelos contaminados.

Pasos para cumplir para desarrollar la ID de un sitio:

Objetivos de la investigación detallada (principales y subsidiarios).

Evaluación de la información existente (resultados de la investigación exploratoria).

Adaptación del modelo conceptual y presentación de hipótesis.

Diseño de la investigación de campo. Investigación de campo.

Estrategia de muestreo. Posiciones de muestreo. Profundidad del muestreo. Tamaño y tipo de muestras. Cantidad de muestras.

Estrategia de análisis. Selección de parámetros. Identificación de métodos a utilizar.

Plan de muestreo y análisis. Aseguramiento y control de la calidad.

Análisis de resultados.

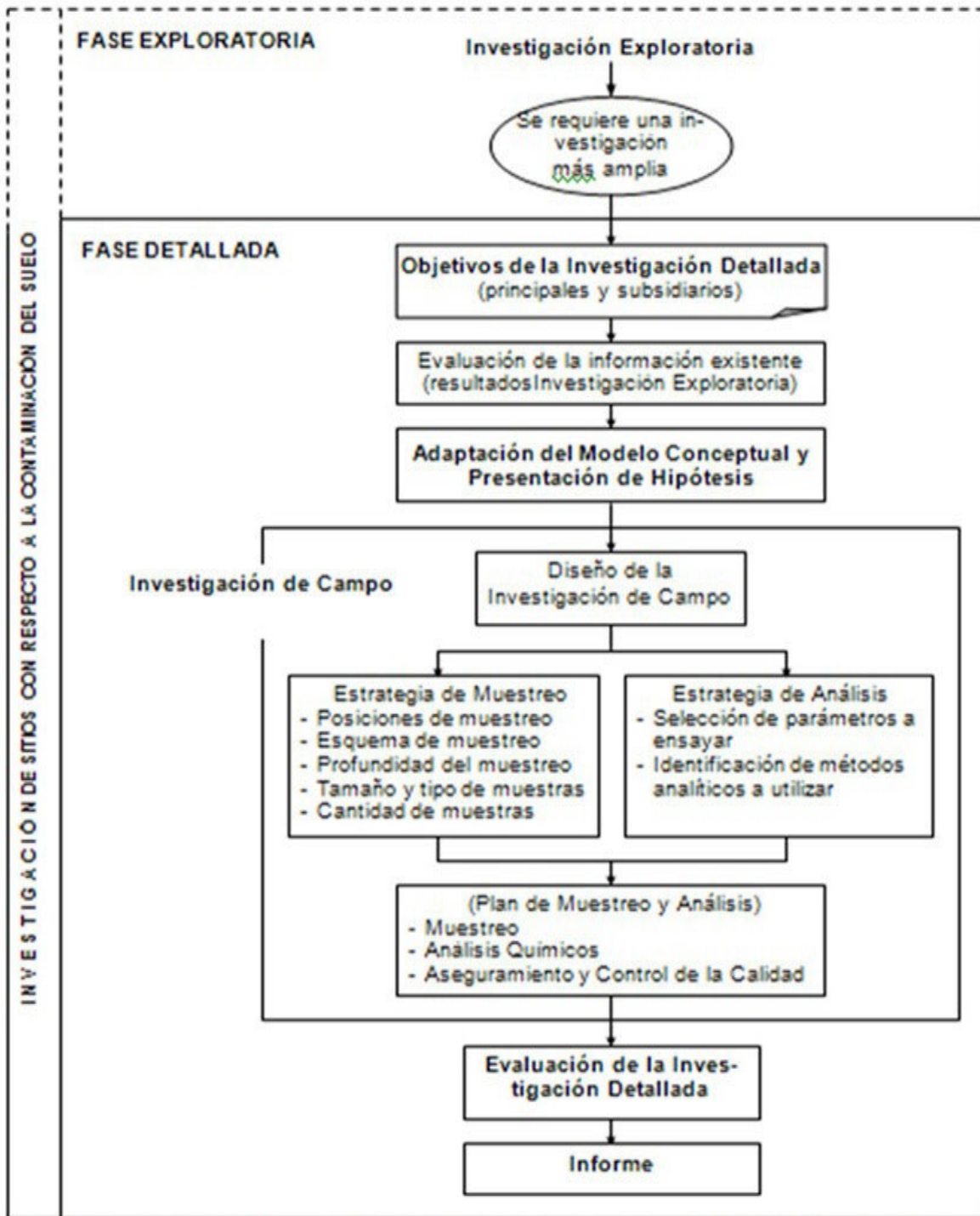
¿La información es adecuada y suficiente para cumplir los objetivos de la investigación? Sí.

Informe final

Conclusiones

Los peritajes en sitios contaminados deben realizarse siguiendo los pasos que aconsejan las diversas normas existentes cumplimentando la Fase I (investigación exploratoria) y, si es necesario, la Fase II (investigación detallada) para asegurar la trazabilidad de la información obtenida.

Anexo A (Informativo)



Las líneas punteadas del diagrama indican que la presente norma IRAM 29482 describe únicamente la Fase Detallada de la Investigación. La Fase Exploratoria se presenta en la norma IRAM 29481-5.

Figura 7. Fase detallada paso a paso.

Ref. IRAM 29482 Directivas para la investigación detallada de sitios urbanos e industriales con respecto a la contaminación de suelos.

Por tanto, un programa de investigación de cualquier sitio sospechado de contaminación debe contemplar el diseño y ejecución de programas específicos para el suelo, el agua (superficial y subterránea), el aire y los potenciales receptores (humanos y ecológicos).

Referencias bibliográficas

Diccionario / Glosario de montaña y geografía. Recuperado de <https://www.montipedia.com/diccionario/contaminacion/>

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Recuperado de <http://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1126977/>

FAO. (2009). Guía para la descripción de suelos. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Recuperado de <file:///D:/DATOS/Suelos/Guia%20de%20Fao.pdf>

Guía de investigación de la calidad del suelo. Recuperado de <http://www.madrid.org/cs/BlobServer?blobkey=id&blobwhere=1196190679707&blobheader=application%2Fpdf&blobDisposition&blobheadervalue1=filename%3DCapitulo+6.pdf&blobcol=urldata&>

Guía para el muestreo y análisis de suelo. (2000). República del Perú: Dirección General de Asuntos Ambientales Subsector Hidrocarburos. Ministerio de Energía y Minas.

USDA. (1999). Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. Departamento de Agricultura. Servicio de Investigación Agrícola. Servicio de Conservación de Recursos Naturales. Instituto de Calidad de Suelos.

Glosario de términos de interés toxicológico relacionados con el Ambiente. Recuperado de https://www.fmed.uba.ar/sites/default/files/2018-03/glosario_terminos.pdf

Glosario Medio Ambiente. Recuperado de <https://glosarios.servidor-alicante.com>

IHOBE, (1994), Manual Práctico para la investigación de la contaminación del suelo. Recuperado de https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/manual_practico_suelo/es_d

IHOBE S.A. (1998). Guía metodológica de estudio histórico y diseño de muestreo. Sociedad Pública de Gestión Ambiental de los Países Vascos. Recuperado de https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/investigacion_cont_suelo/es_

Panigatti, J. L. (2010). Argentina: 200 años, 200 suelos. Buenos Aires: Ediciones INTA. ISBN N° 978-987-1623-85-3

IRAM 29481-1:1999. Muestreo Parte 1 Directivas para el diseño de programas de muestreo. Instituto Argentino de Normalización - IRAM.

IRAM 29481-5:2005 Directivas para la investigación exploratoria de sitios urbanos e industriales con respecto a la contaminación de suelos. Instituto Argentino de Normalización - IRAM.

PROSICO. (2007). Programa para la Gestión Ambiental de Sitios Contaminados. Manual metodológico. República Argentina: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.

TOXICOLOGÍA Y ECOTOXICOLOGÍA

▪

Karina Gómez Aguirre

Médico toxicólogo clínico y laboral. Especialista en la Evaluación de Contaminación Ambiental y su Riesgo Toxicológico. Docente universitario de Universidad Nacional de La Plata, Universidad Católica de La Plata y Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

Contacto: kpgaguirre@yahoo.com.ar

La toxicología

La toxicología es la ciencia que estudia las interacciones nocivas entre las sustancias químicas y los seres vivos, e intenta establecer las probabilidades de que ellas hayan ocurrido o vayan a ocurrir. Las ciencias básicas que nutren a la toxicología son la química y la biología.

Campos de acción de la toxicología

Descriptiva: comprende los ensayos de toxicidad para proveer la información necesaria para las evaluaciones de seguridad y regulación de las sustancias.

Mecanística: estudia los mecanismos por los cuales los tóxicos ejercen su acción sobre los organismos vivos.

Regulatoria: sobre la base de datos provistos por la toxicología descriptiva tiene que caracterizar el riesgo que supone la exposición a una sustancia y sobre esa base establecer las condiciones y alcances de su uso.

Áreas de la toxicología

Toxicología clínica: está vinculada al diagnóstico y tratamiento de las intoxicaciones humanas.

Toxicología veterinaria: estudia los efectos tóxicos de las sustancias químicas en los animales.

Toxicología analítica: se basa en procedimientos químicos para establecer la presencia de sustancias conocidas o su concentración en distintos medios.

Toxicología alimentaria: estudia los efectos tóxicos que pueden producirse durante el consumo, elaboración o almacenamiento de los alimentos.

Toxicología básica: permite predecir y caracterizar, en condiciones de laboratorio, cuál será el riesgo toxicológico para el ser vivo en estudio cuando está expuesto a una sustancia química dada en un medio determinado.

Toxicología forense o retrospectiva: trata de establecer la probabilidad de que un hecho toxicológico haya ocurrido y dé cuenta de un acto delictivo o accidental.

Toxicología ocupacional (laboral): se centra en los riesgos tóxicos ocupacionales; utiliza técnicas analíticas para el control de los trabajadores y el ambiente de trabajo, así como medidas activas para prevenir las enfermedades profesionales.

Toxicología industrial: estudia las interacciones de la actividad y procesos industriales con el medio ambiente humano. El riesgo de la población externa a la actividad industrial es distinto al de la población de trabajadores (toxicología laboral).

Ecotoxicología: estudia los efectos nocivos de las sustancias tóxicas sobre los seres vivos presentes en un ecosistema.

Toxicología farmacológica: se ocupa de estudiar los efectos indeseables tóxicos de los fármacos antes de la aprobación de un producto farmacéutico para uso humano.

Terminología básica en toxicología

Tóxico: es todo agente capaz de producir interacciones nocivas con organismos vivos.

Xenobiótico: sustancia extraña a un organismo. Se aplica a toda sustancia que ingresa al organismo desde el medio exterior.

Veneno: el concepto incluye aquellos tóxicos que son empleados de manera intencional.

Fármaco: es cualquier agente químico capaz de producir modificaciones en las respuestas de un ser vivo. Capaz de tener aplicaciones terapéuticas, diagnósticas o preventivas.

Droga: tiene tres acepciones: la primera es aquella que se reserva para denominar fármacos de origen vegetal; la segunda es aplicada a la denominación de drogas de abuso; la tercera, como anglicismo, es usada como sinónimo de fármaco y medicamento.

Tóxicos locales: son aquellos que producen el daño en el sitio del primer contacto entre el tóxico y el sistema biológico.

Tóxicos sistémicos: luego de ser absorbidos producirán su efecto en lugares distintos del sitio de absorción.

Órgano blanco (target): sitio en el organismo donde el tóxico ejerce su acción dañina.

Relación Dosis - Respuesta

Theophrastus Phillippus Aureolus Bombastus von Hohenheim, también Theophrastus Bombast von Hohenheim, conocido como Paracelso o Teofrasto Paracelso, fue un alquimista, médico y astrólogo suizo. En el siglo XVI propuso que lo que hace que una sustancia química sea un veneno o no depende simplemente de la dosis. Bajo este concepto, un xenobiótico en pequeñas cantidades podía ser no tóxico e incluso benéfico, pero cuando se incrementa la dosis podrían aparecer efectos dañinos e incluso la muerte.

La relación dosis-respuesta es un concepto fundamental en toxicología, ya que relaciona exposiciones con el espectro de los efectos que estas provocan. A dosis más altas, las respuestas pueden ser más severas. Este concepto se basa en los datos observados desde la experimentación animal, clínica humana o estudios in vitro.

El conocimiento de la relación dosis-respuesta:

Establece la causalidad de que una sustancia química ha provocado los efectos que se observaron.

Establece las dosis más bajas con la cual ocurre un efecto determinado, el efecto umbral.

Determina la velocidad a la cual el daño progresa; la pendiente para la curva dosis respuesta.

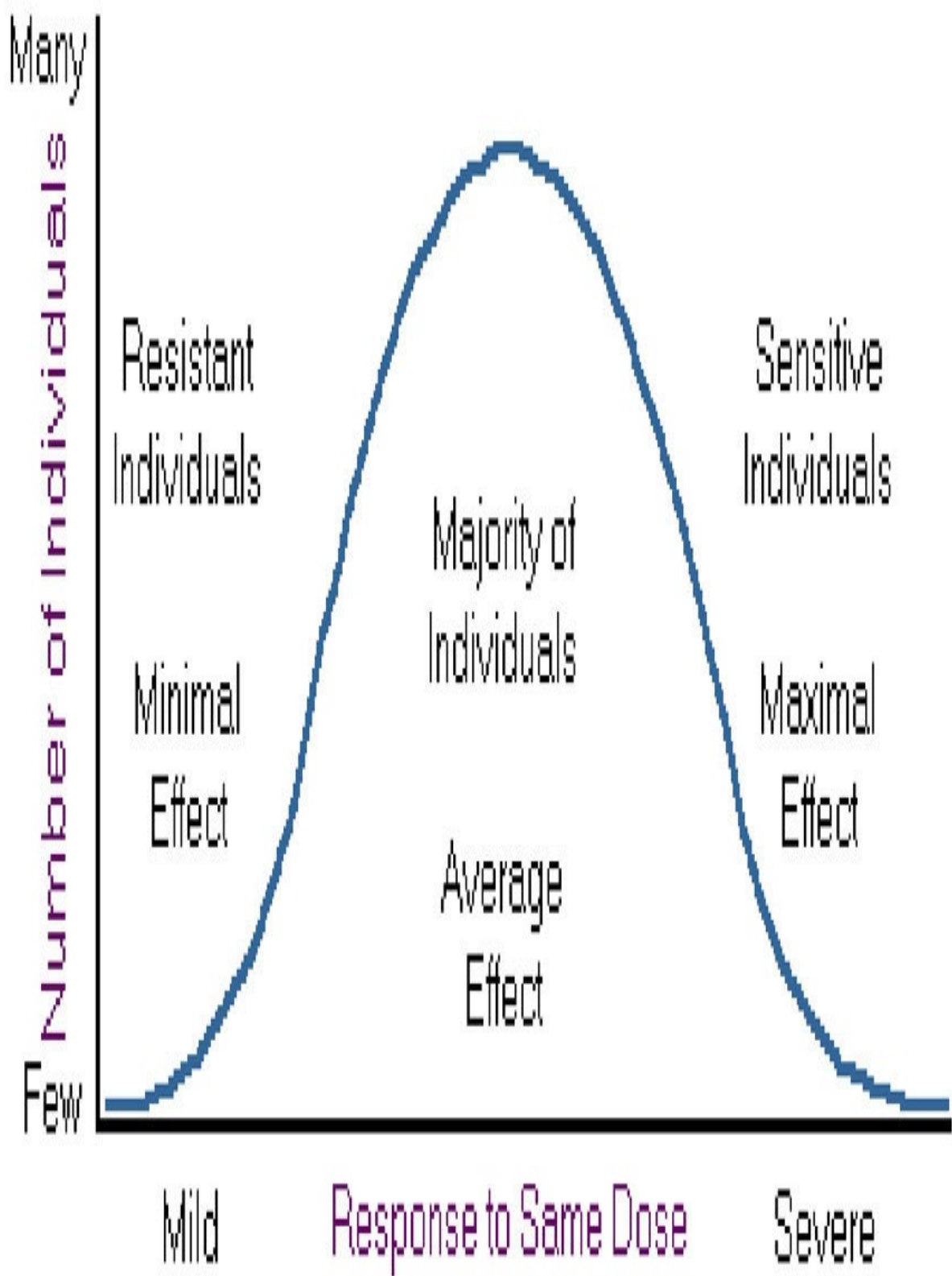


Figura 1

Dentro de una población, la mayoría de las respuestas a un tóxico son similares; sin embargo, puede encontrarse una amplia variedad de respuestas, algunos individuos son más sensibles y otros resistentes (Fig. 1).

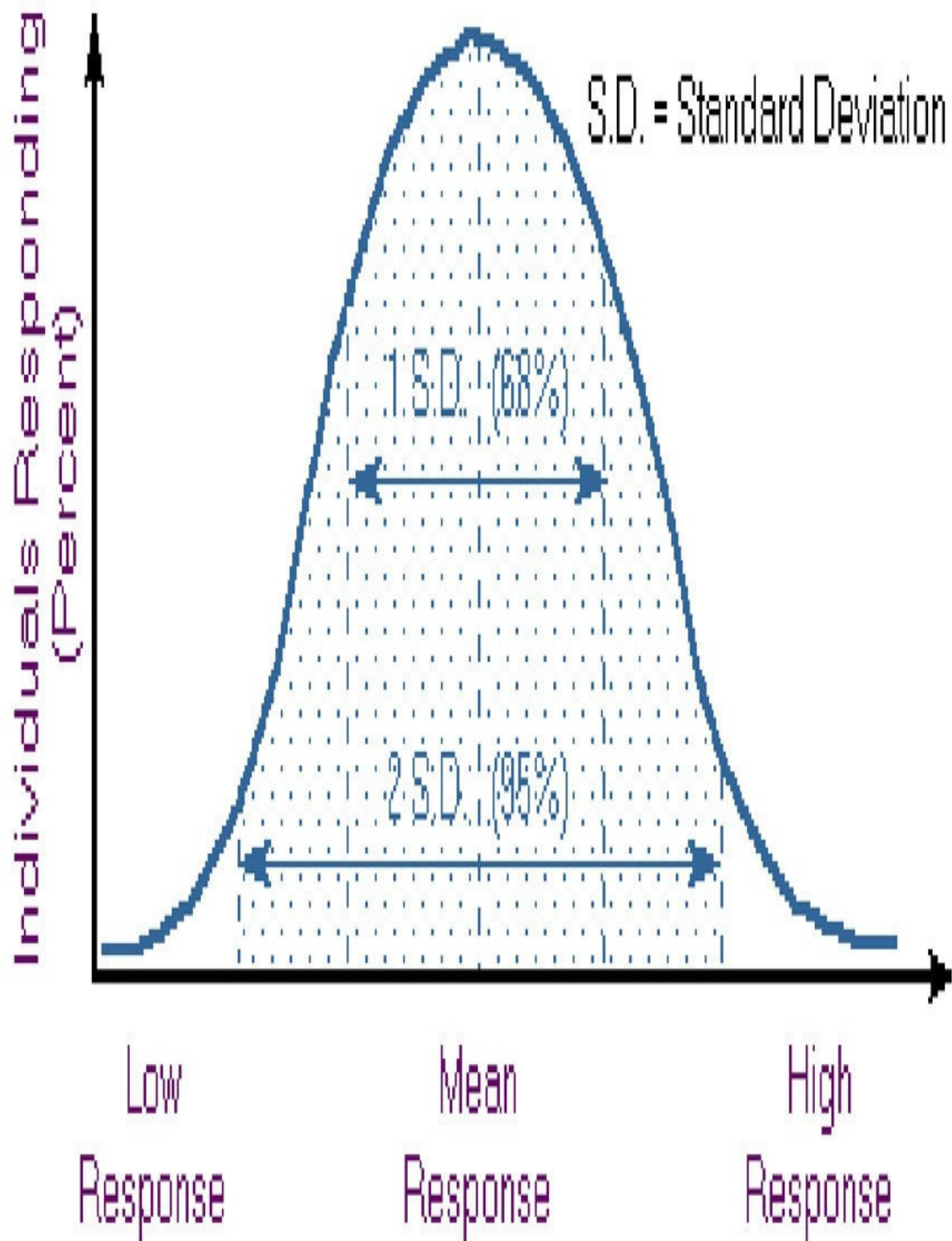


Figura 2

Las respuestas se presentan comúnmente como una media \pm SD (desviación estándar), la cual incorpora el 68 % de los individuos (Fig. 2). La varianza también puede presentarse como dos desviaciones estándares, que incorpora el 95 % de las respuestas. Una desviación estándar grande indica gran variabilidad en la respuesta. Por ejemplo, una respuesta de 15 ± 8 mg indica una variabilidad más grande que 15 ± 2 mg (Fig. 3).

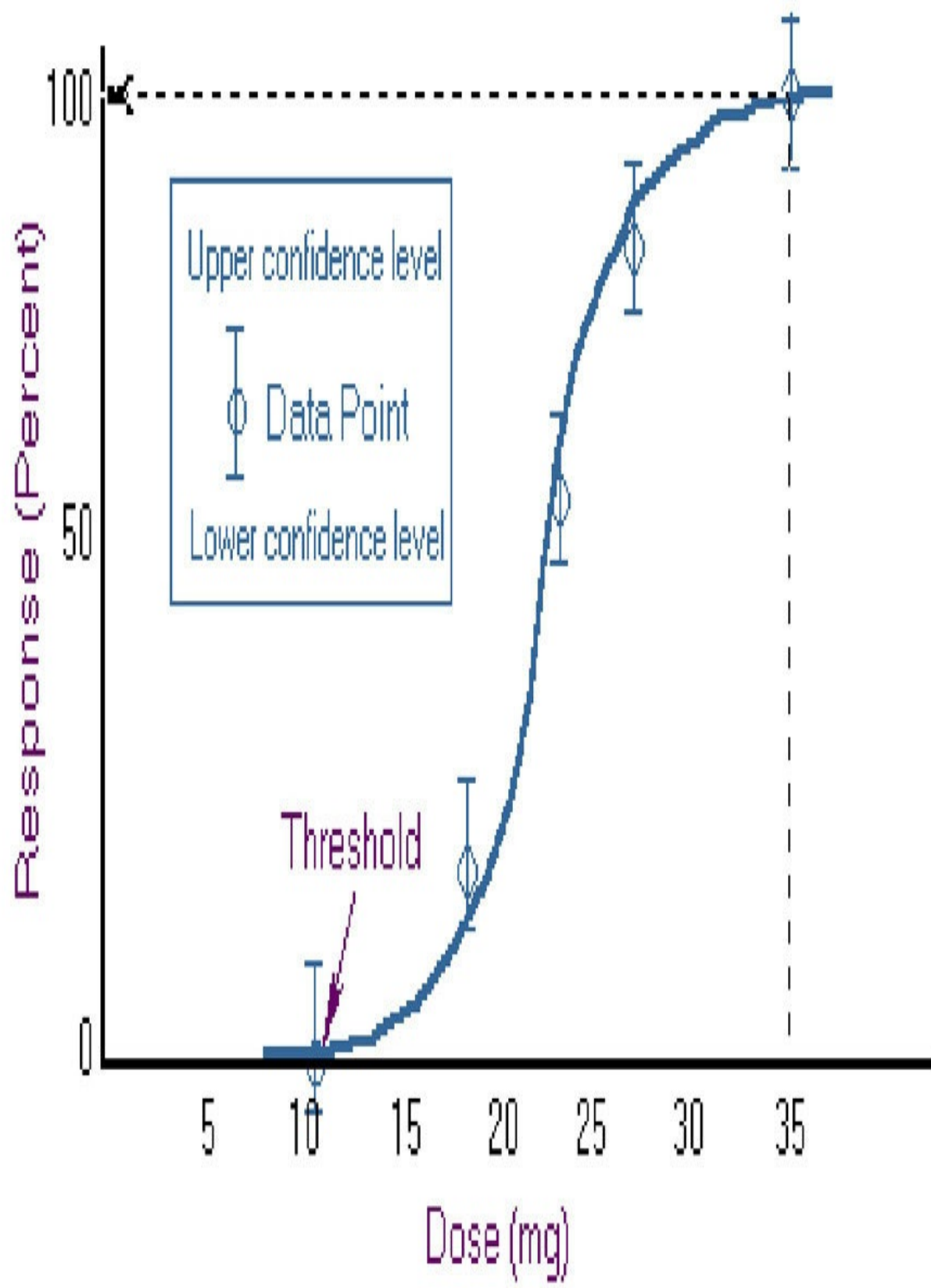


Figura 3

El punto en el cual la toxicidad aparece por primera vez se conoce como el nivel de dosis umbral. Desde este punto, la curva se incrementa con niveles de dosis mayores. En una curva hipotética, como la de la Figura 3, no habría toxicidad a 10 mg mientras que a 35 mg el 100 % de los individuos presenta efectos tóxicos.

Un umbral para los efectos tóxicos ocurre en el punto donde la capacidad del organismo para detoxificar un xenobiótico o reparar un daño ha sido excedida. Para muchos órganos hay una capacidad reserva, de modo que la pérdida de algo de la función del órgano no causará una disminución notable en la capacidad. Por ejemplo, el desarrollo de cirrosis en el hígado puede no resultar en un efecto clínico hasta que más del 50 % del órgano fue reemplazado por tejido fibroso.

El conocimiento de la forma y de la pendiente en la curva dosis respuesta es extremadamente importante para predecir la toxicidad de una sustancia a niveles de dosis específicos. Las mayores diferencias entre los tóxicos pueden existir no solamente en el punto en el cual se ha alcanzado un umbral, sino en el porcentaje de la población que responde por unidad de cambio en la dosis (la pendiente). En la Figura 4 vemos que el tóxico A presenta un umbral más alto, pero una pendiente más suave que el tóxico B (Fig. 4).

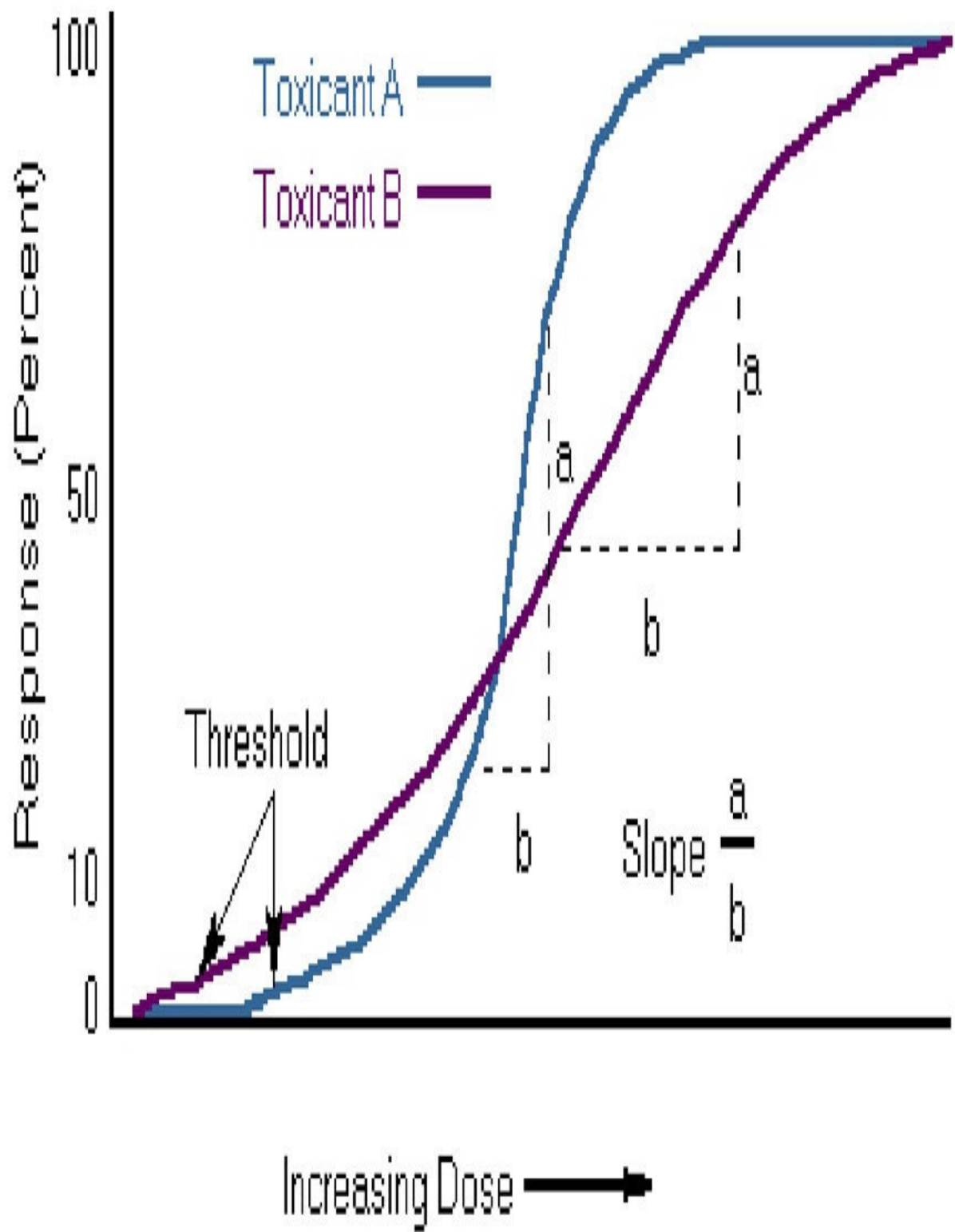


Figura 4

La dosis total es la cantidad de sustancia administrada a un individuo en determinado período de tiempo o en varias dosis individuales. Es un parámetro particularmente importante cuando se evalúa una intoxicación acumulativa.

El fraccionamiento de una dosis total, de modo que la cantidad total administrada se da en un período de tiempo, resulta usualmente en una menor toxicidad. Este concepto se aplica a muchas formas de toxicidad, no se aplica necesariamente a carcinogenicidad y a mutagenicidad.

El conocimiento de la relación dosis respuesta nos permite determinar si una exposición ha causado algún efecto, el umbral para ese efecto y la relación con que ese efecto responderá a dosis crecientes. Esa relación se conoce como la pendiente de la curva dosis respuesta.

El nivel de dosis al cual se puede registrar por primera vez un efecto tóxico se conoce como la dosis umbral. Dosis por debajo de ese valor se refieren a menudo como dosis subumbral.

Estimación de la dosis para efectos tóxicos

Las curvas dosis respuesta se utilizan para determinar estimaciones de dosis de sustancias químicas. Una estimación común para toxicidad aguda es la LD50 (dosis letal 50 %). Este valor se deriva estadísticamente de la dosis a la cual el 50 % de los individuos de una población expuesta probablemente mueran. La Figura 5 ilustra cómo se determinó una LD50 de 20 mg para una sustancia X.

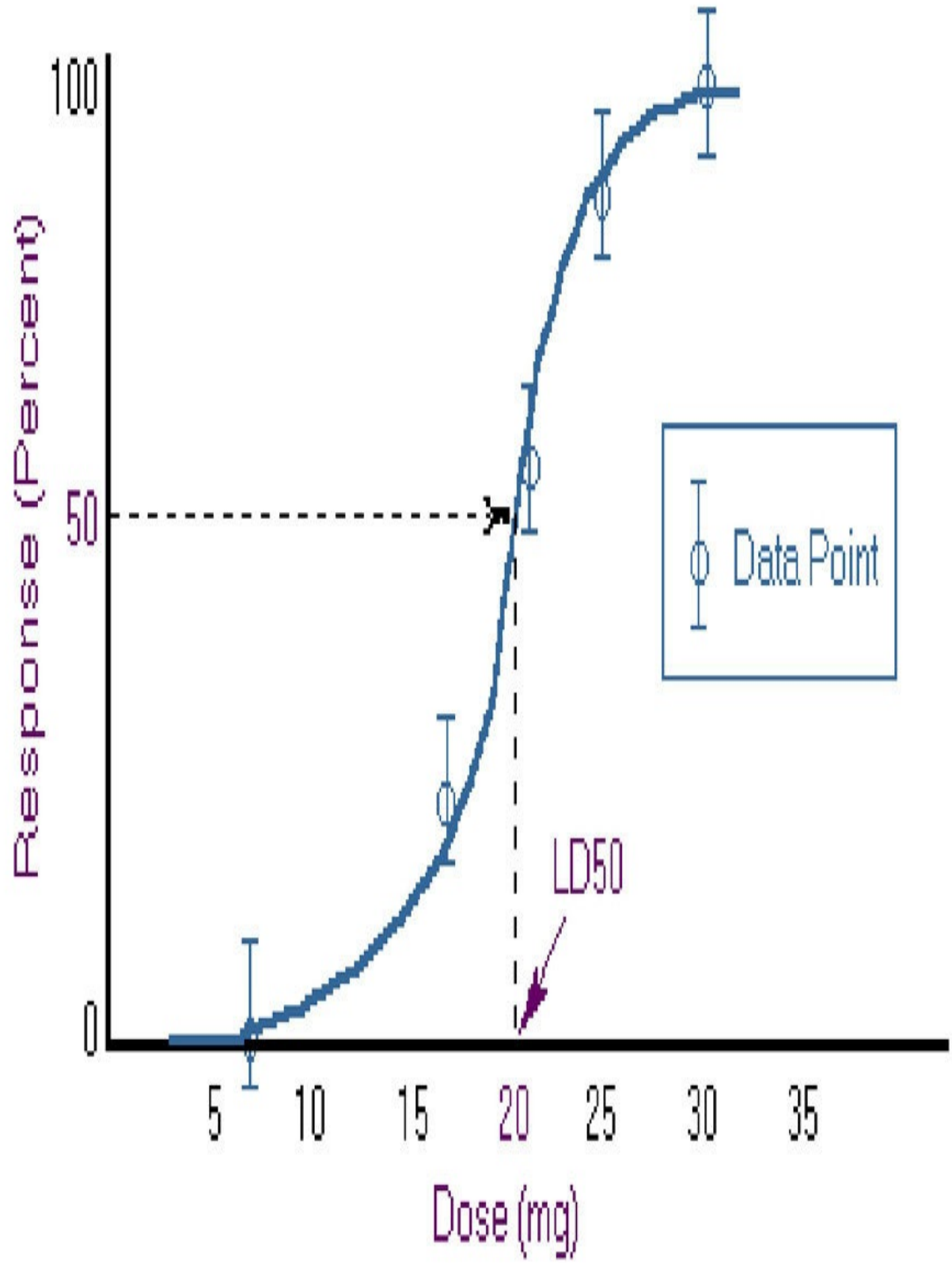


Figura 5

También pueden utilizarse otras estimaciones de dosis. La LD0 (la dosis letal cero) representa la dosis a la cual no se espera mortalidad. Este es simplemente el umbral para la letalidad. Para toxicidad por inhalación, se utilizan concentraciones en el aire para valores de exposición. Se define la LC50 (concentración letal 50 %) como la concentración calculada para un gas letal para el 50 % de la población bajo estudio.

Las dosis efectivas (EDs) se utilizan para indicar la efectividad de una sustancia. Normalmente, la dosis efectiva se refiere a un efecto benéfico (ej., alivio del dolor). También puede referirse a un efecto dañino (parálisis). O sea que el efecto buscado debe indicarse con precisión.

Las dosis tóxicas se utilizan para indicar dosis que causan efectos tóxicos adversos.

El conocimiento de los niveles de dosis efectiva y dosis tóxica ayuda a determinar la seguridad relativa de compuestos farmacéuticos. Como se muestra en la figura anterior, pueden representarse para la misma sustancia dos curvas dosis respuesta, una para la efectividad y otra para la toxicidad. En este caso particular, una dosis que es 50-75 % efectiva no causa toxicidad, mientras que una dosis 90 % efectiva puede resultar en una toxicidad baja (Fig. 6).

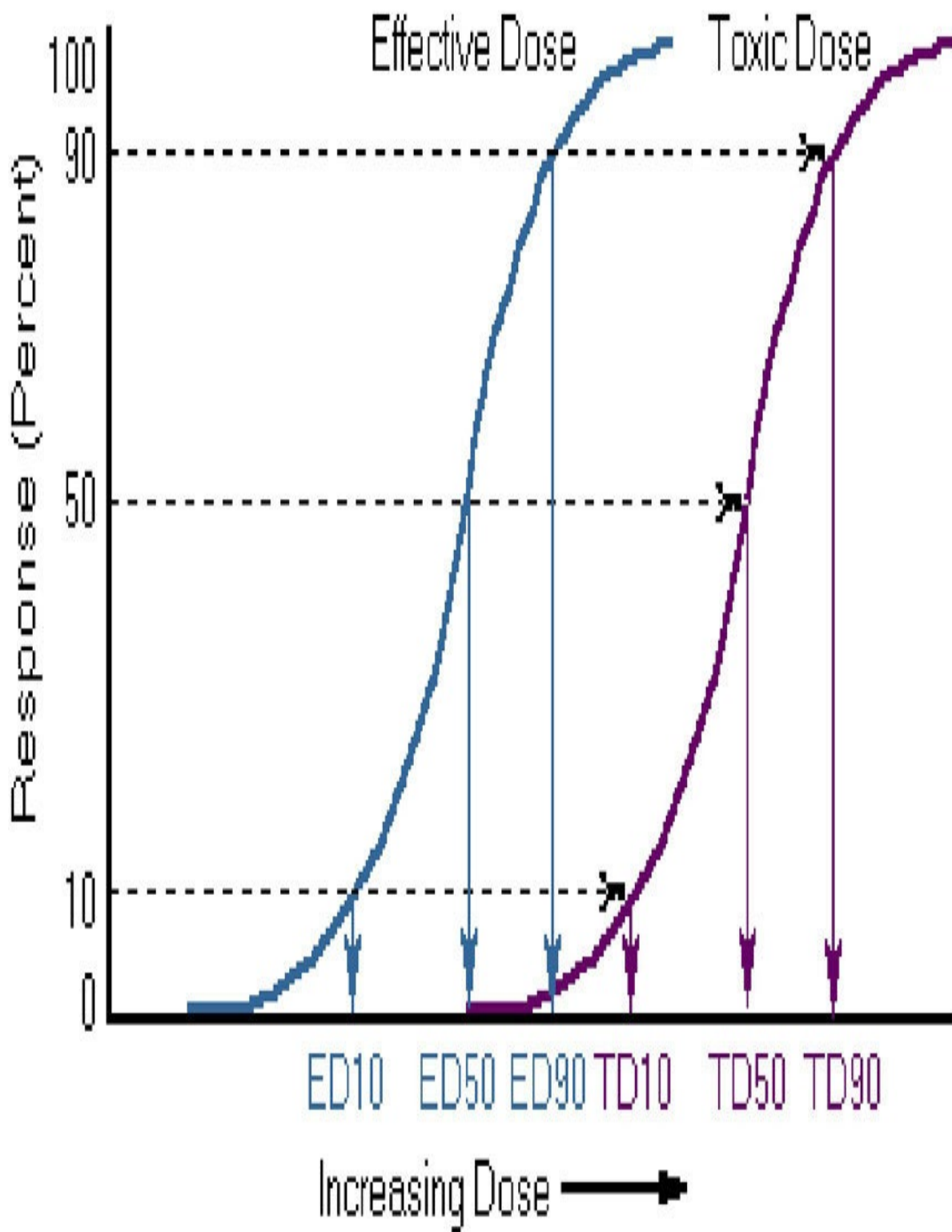


Figura 6

Índice terapéutico

El índice terapéutico (TI) se utiliza para comparar la dosis efectiva terapéutica con la dosis tóxica. El índice terapéutico es un parámetro de seguridad relativa para una droga. Es la relación entre la dosis que produce toxicidad y la dosis necesaria para producir la respuesta terapéutica deseada. El modo común utilizado para definir este valor es a través de los puntos dosis respuesta 50 %. Por ejemplo, si la LD50 es 200 mg y la ED50 es 20 mg, el TI sería 10 (200/20). Un médico consideraría una droga más segura si esta tuviera un TI de 10 que si tuviera un TI de 3.

El uso de la ED50 y de la LD50 para determinar el TI puede ser incorrecto como estimación de la seguridad, dependiendo esto de la pendiente de las curvas dosis respuesta para los efectos terapéutico y letal. Para contemplar esta limitación, los toxicólogos utilizan a menudo otro término para denotar la seguridad de una sustancia; el margen de seguridad (MOS).

El margen de seguridad se calcula usualmente como la relación de dosis que se obtiene dentro del rango letal respecto de la dosis que es efectiva en un 99 %. O sea, $MOS = LD_{01}/ED_{99}$ (Fig. 7). Un médico debería tener precaución al prescribir una droga para la cual el MS sea menor que uno.

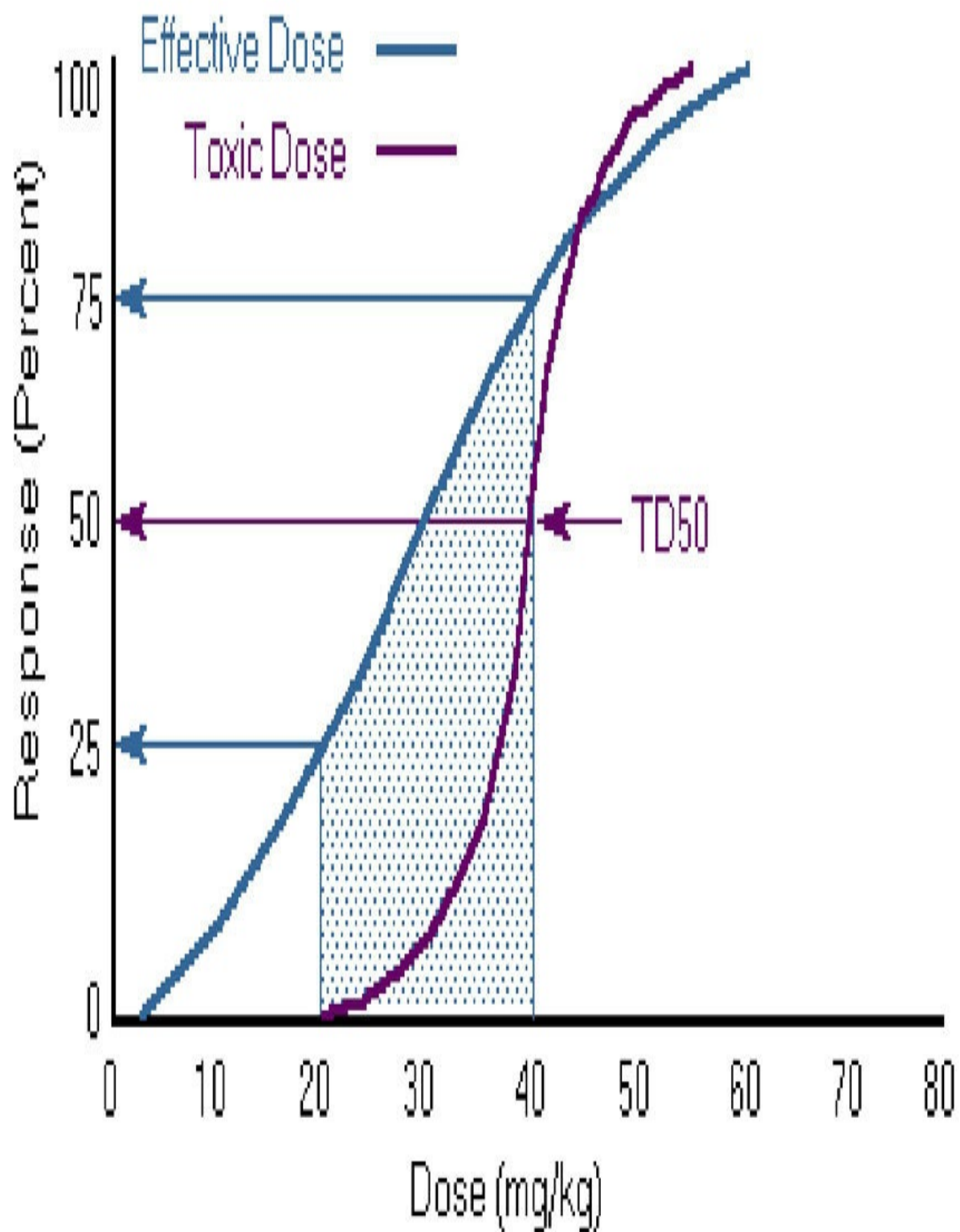


Figura 7

Debido a las diferencias en las pendientes y en las dosis umbral, las dosis bajas pueden ser efectivas sin producir toxicidad. Si bien muchos pacientes pueden beneficiarse con dosis más altas, esto es más riesgoso por la probabilidad de que ocurra mayor toxicidad. En la Figura 8 ilustramos la relación entre la respuesta dosis efectiva y la respuesta dosis tóxica.

El conocimiento de la pendiente es importante al comparar la toxicidad de sustancias distintas. Para algunos tóxicos, un pequeño incremento en la dosis causa un aumento grande en la respuesta (tóxico A, pendiente abrupta). Para otros tóxicos se requiere un incremento mucho mayor en la dosis para causar el mismo aumento en la respuesta (tóxico B, pendiente más suave).

NOAEL y LOAEL

Dos términos que se mencionan a menudo en toxicología son el nivel de efecto adverso no observado (NOAEL, sigla en inglés) y el nivel de efecto adverso más bajo observado (LOAEL). Ambos son puntos de datos reales obtenidos desde estudios clínicos humanos o experimentales en animales.

Muchas veces encontraremos también en la literatura los términos «nivel de efecto no observado (NOEL)» y «nivel de efecto observado más bajo (LOEL)» (Fig. 9). Estos conceptos no implican necesariamente toxicidad o efectos dañinos y pueden utilizarse para describir también efectos beneficiosos de las sustancias químicas. Todos estos términos tienen una gran importancia en la realización de evaluaciones de riesgo toxicológico.

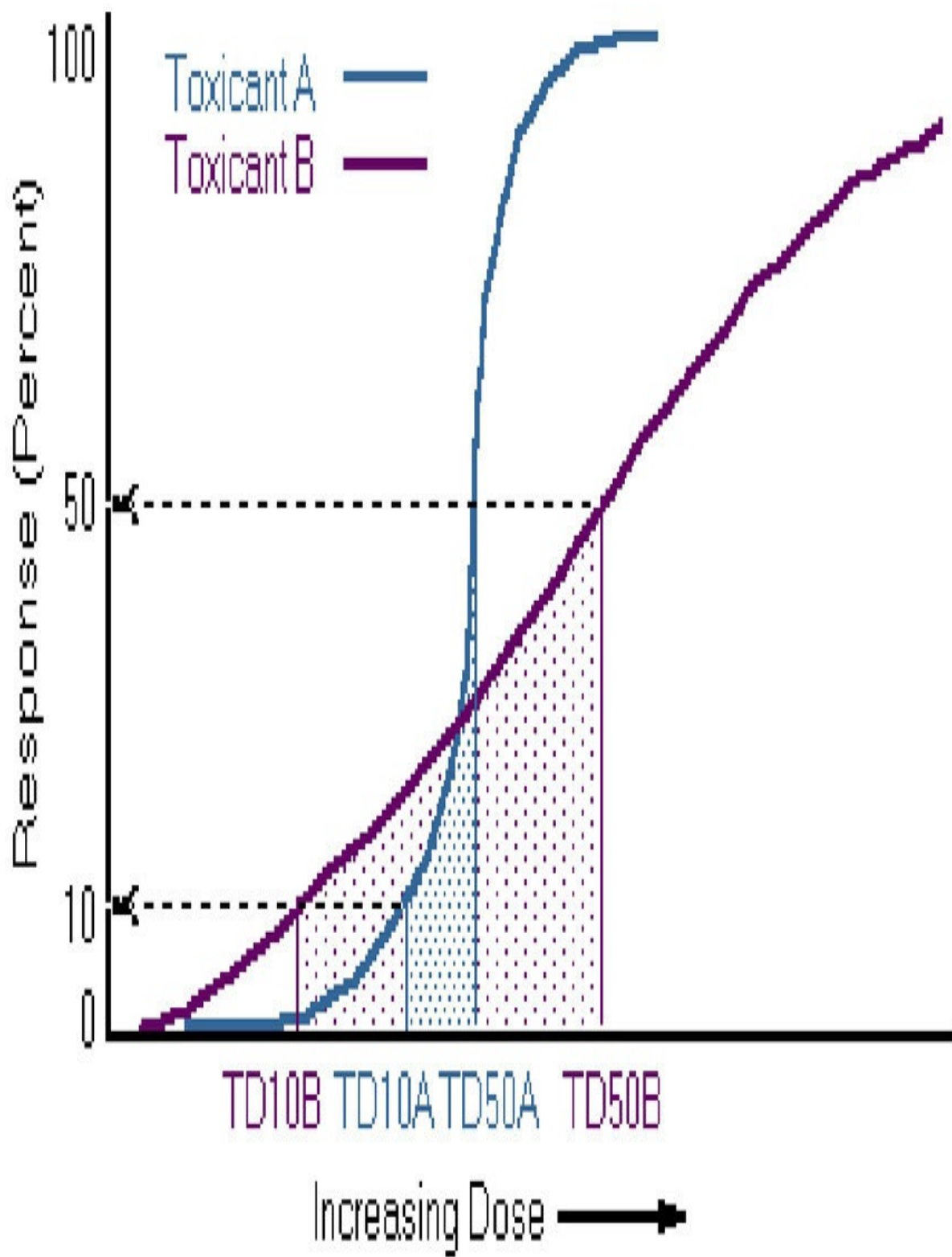


Figura 8

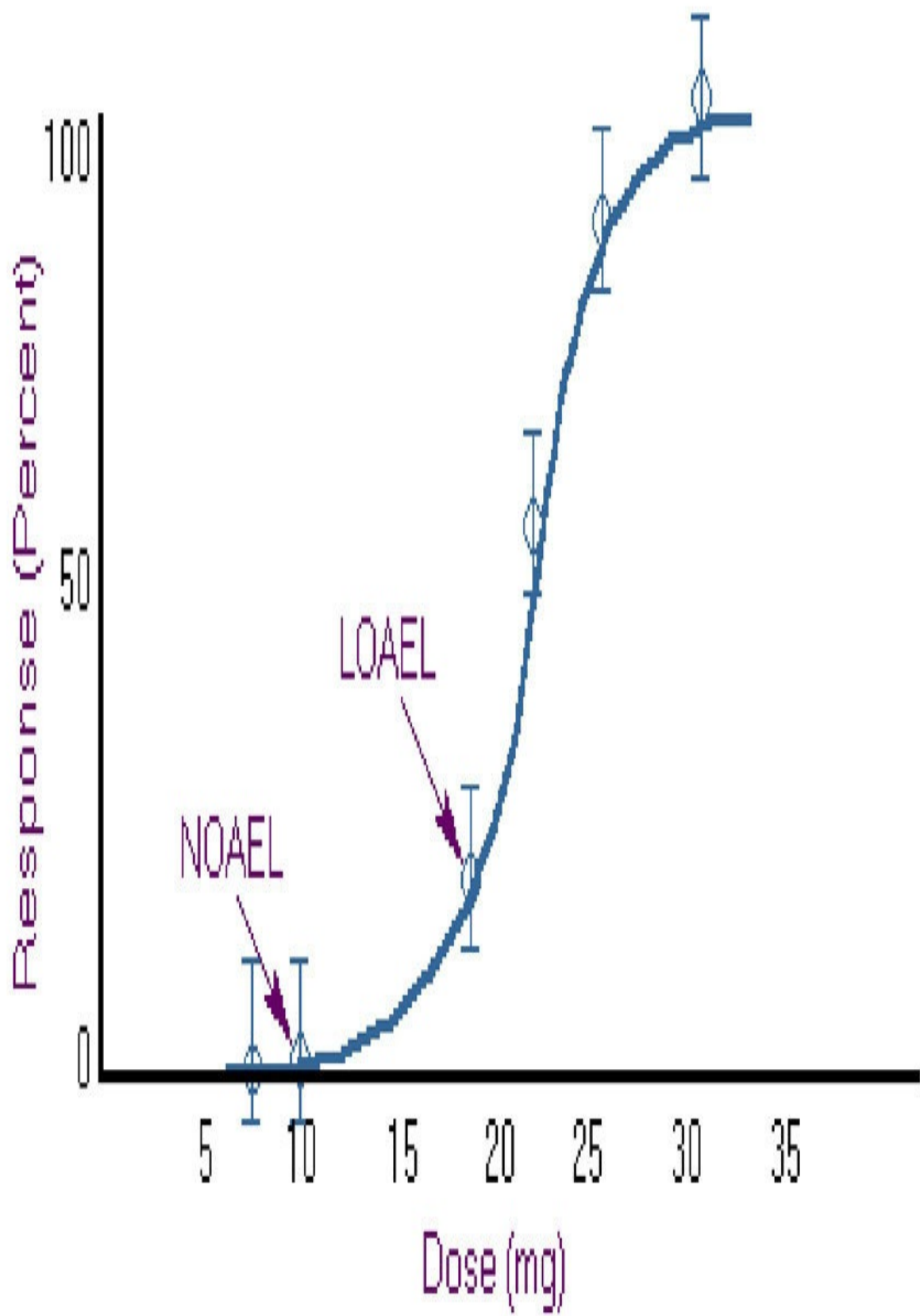


Figura 9

Efectos tóxicos

La toxicidad es un fenómeno complejo con muchos factores que influyen; la dosis es el más importante. Los xenobióticos causan variados tipos de toxicidad por una diversidad de mecanismos. Algunas sustancias químicas son tóxicas por sí mismas, otras deben metabolizarse (cambiar químicamente dentro del organismo) para que puedan causar toxicidad.

Muchos xenobióticos se distribuyen en el organismo y, a menudo, afectan solamente órganos blanco específicos, otros pueden producir daños en cualquier tejido o célula donde lleguen. Los órganos blanco que son afectados pueden variar dependiendo de la dosis y de la ruta de exposición. Por ejemplo, el blanco de una sustancia química luego de la exposición aguda puede ser el sistema nervioso, pero luego de la exposición crónica puede ser el hígado.

La toxicidad puede resultar de cambios adversos celulares, bioquímicos o de la alteración de macromoléculas.

Factores que influyen en la toxicidad

La toxicidad de una sustancia química depende de los siguientes factores:

Naturaleza y actividad química de la sustancia,

La dosis, en especial la relación dosis tiempo,

La ruta de exposición,
La especie afectada,
Edad del individuo expuesto,
Sexo del individuo,
La capacidad para ser absorbida,
La distribución dentro del organismo,
El metabolismo que pueda sufrir,
Cómo pueda excretarse,
La presencia de otras sustancias químicas,
La presencia de patologías de base o crónicas,
El estado nutricional,
Presencia de inmunosupresión.

El metabolismo, también conocido como biotransformación, es un factor clave para determinar la toxicidad. Los productos del metabolismo se conocen como metabolitos. Hay dos tipos de metabolismo, la detoxificación y la bioactivación. Por detoxificación entendemos el proceso por el cual un xenobiótico se transforma en una especie química menos tóxica. Este es un mecanismo natural de defensa del organismo. La bioactivación es el proceso por el cual un xenobiótico puede convertirse en una forma más reactiva o tóxica.

La distribución de los tóxicos y de sus metabolitos a través del organismo determina, en última instancia, los sitios donde ocurre la toxicidad. Un factor que determina si una sustancia tóxica dañará las células es su solubilidad en lípidos. Si un tóxico es soluble en lípidos, penetrará rápidamente las membranas celulares. Muchos tóxicos son almacenados en el organismo. La grasa, el hígado, los riñones y los huesos son los depósitos de almacenamiento más comunes. La

sangre sirve como la vía principal de distribución. La linfa también distribuye algunas sustancias.

El sitio y velocidad de excreción es otro de los factores principales que afectan la toxicidad de un xenobiótico. El riñón es el órgano excretor principal, seguido por el tracto gastrointestinal y los pulmones (para gases y sustancias volátiles). Los xenobióticos también pueden excretarse en el sudor, las lágrimas y la leche.

Un gran volumen del plasma sanguíneo se filtra a través del riñón. Los tóxicos liposolubles se reabsorben y se concentran en las células renales. Una función renal dañada causará una eliminación más lenta de los tóxicos y aumentará su potencial tóxico.

La presencia de otras sustancias químicas puede disminuir la toxicidad (antagonismo), aumentar la toxicidad (aditividad) o incrementarla significativamente (sinergismo o potenciación) de algunos xenobióticos.

Efectos tóxicos sistémicos

Los efectos tóxicos se clasifican generalmente de acuerdo con el sitio donde tienen lugar. En algunos casos, el efecto puede ocurrir solamente en una localización. Este sitio se refiere como órgano blanco específico. En otros casos, los efectos tóxicos pueden ocurrir en sitios múltiples. Esto se refiere como toxicidad sistémica. Veamos algunos tipos de toxicidad sistémica:

Toxicidad aguda

Toxicidad subcrónica

Toxicidad crónica

Carcinogenicidad

Toxicidad del desarrollo

Toxicidad genética (células somáticas).

Toxicidad aguda. Por toxicidad aguda entendemos un efecto que ocurre dentro de las 72 h luego de una única exposición. Una exposición aguda usualmente es una única dosis o una serie de dosis recibidas en un período corto de tiempo.

Toxicidad subcrónica. La toxicidad subcrónica resulta de las exposiciones repetidas por varias semanas o meses. Este es un perfil de exposición común en seres humanos para algunos fármacos y agentes ambientales.

Toxicidad crónica. Por toxicidad crónica entendemos un daño acumulativo sobre blancos específicos y que puede llevar meses o años antes de evidenciarse como una enfermedad reconocible clínicamente. El daño debido a las exposiciones individuales subclínicas puede pasar inadvertido. Con exposiciones repetidas o una exposición continua o de largo plazo, el daño de estas exposiciones subclínicas lentamente se acumula (daño acumulativo) hasta que excede el umbral para la toxicidad crónica. En última instancia, el daño se vuelve tan severo que el órgano ya no puede funcionar normalmente y entonces puede resultar una variedad de efectos tóxicos crónicos.

Carcinogenicidad. La carcinogenicidad es un proceso multietapa complejo de crecimiento celular y diferenciación anormales, lo cual puede conducir al cáncer. Por lo menos pueden reconocerse dos etapas. La iniciación, en la cual una célula normal sufre cambios irreversibles, y la promoción, en la cual las células iniciadas son estimuladas para progresar hacia el cáncer. Las sustancias químicas pueden actuar como iniciadores o como promotores.

La transformación neoplástica inicial resulta desde la mutación de los genes celulares que controlan las funciones celulares normales. La mutación puede conducir a un crecimiento celular anormal. Puede involucrar la pérdida de genes

supresores, que usualmente restringen el crecimiento celular anormal. Otros varios factores también pueden estar involucrados (ej., factores de crecimiento, supresión inmune y hormonas).

Un tumor (neoplasma) es simplemente un crecimiento de células descontrolado. Los tumores benignos crecen en el sitio de origen; no invaden tejidos vecinos ni metastatizan y generalmente son tratables. Los tumores malignos (cáncer) invaden tejidos adyacentes o migran a sitios distantes (metástasis). Son, a menudo, más difíciles de tratar y pueden causar la muerte.

Toxicidad del desarrollo. Entendemos por esto los efectos tóxicos adversos sobre el embrión en desarrollo o feto. Ellos pueden resultar de la exposición de los padres al tóxico antes de la concepción o de la madre y su feto en desarrollo.

Las sustancias químicas pueden causar este tipo de toxicidad de dos modos. Pueden actuar directamente sobre las células del embrión, causando muerte o daños celulares, lo cual conduce a un desarrollo anormal de los órganos, o puede inducir una mutación en las células germinales de los padres, que luego es transmitida al óvulo fertilizado. Algunos de estos óvulos fertilizados mutados desarrollan embriones anormales.

Toxicidad genética. La toxicidad genética resulta del daño al ADN y una expresión genética alterada. Este proceso se conoce como mutagénesis. El cambio genético se refiere como una mutación y el agente que la causa es un mutágeno.

Si la mutación ocurre en una célula germinal, el efecto es heredable. No veremos un efecto en la persona expuesta; más bien, ese efecto se traslada a las generaciones futuras. Si la mutación ocurre en una célula somática, puede causar un crecimiento celular alterado (ej., cáncer) o muerte celular (ej., teratogénesis) en la persona expuesta.

Interacciones

Los seres humanos se exponen comúnmente a varias sustancias químicas por vez, más que a sustancias individuales. El tratamiento médico y la exposición ambiental consisten generalmente en exposiciones múltiples.

Normalmente, la toxicidad de una sustancia química específica se determina a través del estudio de animales expuestos a un solo compuesto por vez. Los ensayos toxicológicos de mezclas son muy raros, debido a que usualmente es imposible predecir las combinaciones de sustancias que pueden estar presentes en situaciones de exposiciones múltiples.

Los xenobióticos administrados simultáneamente pueden actuar cada uno independientemente del otro. Sin embargo, en muchos casos, la presencia de una sustancia puede afectar drásticamente la respuesta a otras sustancias. La toxicidad resultante de una combinación de sustancias químicas puede ser menor o mayor que lo que podría predecirse desde los efectos conocidos para cada sustancia individual. El efecto que una sustancia tiene sobre el efecto tóxico de otra se conoce como una interacción.

Ecotoxicología

Introducción

La ecotoxicología surge de la fusión de dos disciplinas científicas, la ecología y la toxicología. El término ecotoxicología fue empleado por primera vez por René Truhaut, un toxicólogo francés durante un encuentro en 1969 del International Council of Scientific Unions.

Truhaut define a la ecotoxicología como «la rama de la toxicología que comprende el estudio de los efectos tóxicos causados por los contaminantes, naturales o sintéticos, sobre los componentes de los ecosistemas, animales (incluyendo al hombre), vegetales y microorganismos, en un contexto

integrado». La ecotoxicología fue concebida por Truhaut como una extensión natural de la toxicología, donde la toxicología estudia los efectos de las sustancias sobre los organismos individuales y la ecotoxicología estudia los efectos de los contaminantes sobre los ecosistemas. Moriarty (1983), un ecólogo, define a la ecotoxicología como el estudio de los efectos de los contaminantes en los ecosistemas.

En la década de 1930, los ecólogos establecieron una relación entre la contaminación de origen industrial y ciertos efectos observados sobre las plantas y los animales. Así, estudios realizados en Dinamarca en 1932 demostraron una disminución de la diversidad en comunidades acuáticas por efecto de la lluvia ácida. En las islas británicas se realizaron estudios sobre las poblaciones de una mariposa que habita en los bosques. Algunos ejemplares de estas mariposas son de color claro (formas claras) y otros son pigmentados, de color oscuro; la pigmentación está genéticamente determinada. Las mariposas tienen hábitos nocturnos y posan inmóviles sobre los troncos de los árboles, especialmente de los abedules que son de color claro. Antes de 1850, las formas claras eran las dominantes y las formas oscuras aparecían raramente en la población. A partir de 1850, se registró un cambio en la frecuencia de las formas de color claro y oscuro de las mariposas: las formas oscuras eran las más frecuentes en las regiones urbanas y las formas claras, en zonas rurales. Este cambio en la frecuencia de una y otra forma en la población fue asociado con la contaminación del aire con productos de la combustión, y coincide en el tiempo con la industrialización en la región. Los productos de combustión provocaron un oscurecimiento de los troncos de los árboles en las áreas urbanas, así, las mariposas de color claro eran vistas con mayor facilidad por los pájaros que se alimentaban de estas mariposas. Como consecuencia, las formas claras tenían mayor probabilidad de servir de alimento a los pájaros que las formas oscuras, disminuyendo la población. En las zonas rurales, no se producían modificaciones en la frecuencia de formas claras y oscuras, dado que no se habían modificado las condiciones del medio. La población de mariposas se adaptó a su ambiente, por un mecanismo de selección natural; el componente genético de la población se modificó.

Si bien la relación entre la contaminación y los efectos sobre los ecosistemas habían sido establecidos, el surgimiento de la ecotoxicología está vinculado al desarrollo de la industria química y de la agricultura luego de la Segunda Guerra con el consiguiente aumento del uso de sustancias y productos químicos. Las sustancias aparecen en el ambiente luego de su uso, a través de su descarga a

cuerpos de agua, al aire y suelos, en algunos casos en forma deliberada (pesticidas) y en otros casos como consecuencia de actividades industriales o de la presencia de poblaciones humanas.

El surgimiento de la ecotoxicología también ha sido relacionado con algunos episodios ligados a efectos de la contaminación.

1) Bahía de Minamata: envenenamiento con metales pesados a partir de alimentos contaminados que ocurrió en Japón en 1950, donde el mercurio volcado a las aguas de la Bahía fue transferido (como metilmercurio) a través de la cadena trófica marina, teniendo lugar un proceso de biomagnificación; el consumo de los peces contaminados con mercurio provocó el envenenamiento de cientos de personas (enfermedad de Minamata). (Biomagnificación: aumento en la concentración del contaminante a lo largo de la cadena trófica debido a su acumulación). En la región de Toyama, las personas sufrieron el envenenamiento por consumir arroz contaminado con cadmio; esta contaminación fue relacionada con la irrigación de los cultivos con agua contaminada con desechos de la actividad minera. La enfermedad producida es conocida con el nombre de itai-itai.

2) Durante las décadas del 50 y 60, algunos plaguicidas de uso agrícola manifestaron su efecto sobre la fauna salvaje. La preocupación por el efecto sobre especies distintas del hombre fue creciendo, tal es el caso de los pesticidas, como el DDT, los cuales se acumularon en especies silvestres hasta concentraciones que causaron toxicidad directa y efectos subletales sobre los animales afectados. Desde 1957 a 1960 se documentaron muertes de pájaros en California como resultado de la acumulación de DDT a lo largo de la cadena trófica acuática. El DDT y su metabolito el DDE, compuestos de relativa baja toxicidad para humanos, actúan inhibiendo las enzimas en la glándula productora de la cáscara de huevo (ATPasa Ca dependiente); la acumulación en tejidos causa el afinamiento de la cáscara de los huevos de pájaros, con el consiguiente aumento del riesgo de quebrarse la cáscara antes de finalizar el período necesario para el nacimiento de las crías. El DDT y el DDE son muy resistentes a la degradación y tienden a acumularse en lípidos, esta característica hace que su concentración aumente con cada paso a través de la cadena trófica.

3) El éxito reproductivo de aves predatoras y aves que se alimentaban de peces se vio disminuido, tanto en América del Norte como en Europa, debido a los pesticidas. Estos eran esparcidos deliberadamente en el ambiente y no actuaron

solamente sobre las plagas, sino que ejercieron efectos sobre otros organismos, produciendo la biomagnificación del contaminante a través de la cadena trófica, alcanzando en los organismos concentraciones mucho más elevadas que las concentraciones ambientales. Estos hechos (Minamata y declinación de las poblaciones de aves rapaces por efecto de la acumulación de DDT) fueron una advertencia acerca de los peligros potenciales sobre la salud humana y la fauna silvestre causados por la presencia de contaminantes en los ecosistemas.

La ecotoxicología en la legislación ambiental

Se sabe que muchas sustancias producen un impacto sobre los organismos acuáticos y terrestres, y afectan la estructura y funcionamiento de los ecosistemas cuando son volcadas al ambiente; por ese motivo, existe legislación que establece para muchas de esas sustancias concentraciones máximas de vuelco al ambiente.

Estos límites de emisión están fijados con el objetivo de proteger sistemas biológicos, tales como la vida acuática, la vida silvestre y también la salud humana.

En la mayoría de los casos, los límites se expresan en forma de una medición química numérica. Estos valores (por ejemplo, concentraciones máximas de cromo, plomo, cobre o pesticidas en efluentes) fueron fijados a partir de la información de los estudios acerca de:

los efectos de los compuestos químicos sobre los organismos,

información acerca de la persistencia de los compuestos químicos en el ambiente,

información acerca del potencial de bioacumulación de esos compuestos.

Cuanto más tóxica sea una determinada sustancia, menor será su concentración en el ambiente. La persistencia del compuesto en el ambiente y su potencial de bioacumulación son también considerados en el momento de fijar las concentraciones ambientales que no representen un riesgo para los organismos y los ecosistemas.

Los ensayos de toxicidad con organismos acuáticos y terrestres han sido incorporados a distintas legislaciones para:

control de efluentes,

caracterización de suelos y sitios contaminados.

Los ensayos de toxicidad para el control de efluentes

Las descargas de efluentes industriales y domésticos sin un tratamiento previo adecuado pueden producir impactos negativos sobre los ecosistemas.

Algunas legislaciones (Estados Unidos, Francia, Brasil, Alemania) han incorporado los ensayos de toxicidad para controlar las descargas de efluentes industriales y cloacales a cuerpos de agua.

La ley de agua limpia de EE.UU., Clean Water Act, establece como política nacional prohibir la descarga de contaminantes tóxicos en cantidades tóxicas. Para lograr este objetivo, se propone controlar la descarga de compuestos tóxicos. La EPA (Environmental Protection Agency) es el organismo gubernamental encargado de aplicar esta legislación. En el marco de esta ley, en lo que respecta a la protección de la vida acuática, la EPA propone una estrategia integrada, que comprende:

- 1) un monitoreo químico, control de sustancias específicas (similar al implementado en Argentina en las regulaciones sobre vuelco de efluentes a colectoras cloacales o cuerpos de agua);

2) la evaluación de la toxicidad del efluente como un todo (en inglés, Whole Effluent Toxicity, aparece muchas veces con sus iniciales como WET);

3) un monitoreo biológico, que consiste en la evaluación del cuerpo de agua mediante el estudio de los organismos residentes en él.

Evaluación del efluente como un todo (WET)

En la evaluación del efluente como un todo (WET), se evalúa el efecto tóxico del efluente mediante un ensayo de toxicidad. Se estudia de esta forma el efecto sobre los organismos causado por todas las sustancias presentes en el efluente.

Cuáles son las ventajas de realizar ensayos de toxicidad sobre efluentes:

El ensayo de toxicidad evalúa la toxicidad conjunta de todos los tóxicos presentes (permite detectar efectos sinérgicos, aditivos).

Evalúa la toxicidad de aquellos tóxicos que se encuentren biodisponibles.

No se requiere un conocimiento detallado de las sustancias presentes.

Es una herramienta que puede emplearse para prevenir impactos.

Cuáles son sus limitaciones:

No da información sobre la presencia de tóxicos específicos.

No da información acerca de efectos sobre la salud humana.

No da información sobre el tratamiento y persistencia de los compuestos que

están causando toxicidad.

Los ensayos de toxicidad se realizan empleando procedimientos normalizados; los más frecuentemente empleados son los que utilizan dafnias, algas, peces y bacterias luminiscentes como organismos para los ensayos.

Distintas normas, (ISO, AFNOR, EPA, etc.) describen los procedimientos para la realización de estos ensayos.

En Argentina, el IRAM (Organismo Nacional de Normalización) a la fecha ha publicado tres normas, la Guía para el bioensayo de muestras, la Norma para el ensayo de toxicidad con dafnias y la Norma para el ensayo de toxicidad con algas. Se encuentran en preparación las normas para la realización de ensayos de toxicidad empleando peces y semillas.

Dependiendo de la composición química, algunos efluentes son tóxicos sobre uno u otro organismo ensayado, por lo que se recomienda realizar ensayos sobre más de una especie; de esta manera, se puede emplear el resultado obtenido con la especie más sensible.

¿Cómo se lleva a cabo el procedimiento para evaluar la toxicidad de un efluente?

Recolección de la muestra de efluente

Constituye una parte fundamental de cualquier programa de monitoreo.

El caudal y la concentración de sustancias en los efluentes varían como resultado de distintos factores, como por ejemplo, ciclos de producción discontinuos o variaciones en la efectividad de los sistemas de tratamiento.

En el caso de industrias, aun cuando operen en forma continua, las variaciones en la calidad de la materia prima o las distintas corrientes que se vuelcan hacen que la composición y volúmenes de efluente no sean constantes.

La decisión respecto del tipo de muestra, si puntual o compuesta, depende del conocimiento que se tenga acerca de las actividades de la industria y del objetivo de los ensayos de toxicidad.

Preservación de las muestras

Se recomienda que los ensayos sean iniciados inmediatamente de recolectada la muestra. En caso de no ser posible, la muestra puede ser conservada durante 48-36 horas a 4°C o durante 1 mes a 20°C.

Ensayos de toxicidad, expresión de resultados

Una vez realizados los ensayos de toxicidad los resultados se expresan como:

*Ensayo con *Daphnia magna*:*

Concentración Efectiva 50

Efecto evaluado: inmovilidad luego de 24 y 48 h de exposición.

Ensayo con algas:

Concentración Inhibitoria 50

Efecto evaluado: inhibición del crecimiento luego de 72-96 horas de exposición.

Ensayo con peces:

Concentración letal 50

Efecto evaluado: mortalidad luego del período de exposición.

Ensayo con bacterias luminiscentes:

Concentración inhibitoria 50

Efecto evaluado: inhibición de la emisión de luz luego de 5, 15 y 30 minutos de exposición.

Dado que la CE50 está en relación inversa con la toxicidad de la muestra (o sea, menor es el valor de la CE50, mayor es la toxicidad), los resultados pueden también expresarse como unidades tóxicas. La unidad tóxica es la inversa de la CE 50.

Unidad Tóxica Aguda (UTa): $100/CE\ 50$

CE 50: concentración de muestra expresada en porcentaje, establecida a partir de un ensayo de toxicidad agudo.

Unidad Tóxica crónica (UTc): $100/NOEC$

NOEC: concentración de muestra expresada en porcentaje, establecida a partir de un ensayo de toxicidad crónico.

En Brasil, cada Estado puede establecer los ensayos de toxicidad que va a utilizar para el control de los efluentes que se vuelcan a cuerpos de agua; en muchos casos, los ensayos se realizan con especies de la zona para las cuales se han desarrollado protocolos de ensayo normalizados.

¿Cómo se evalúan los resultados?

En el marco del control de efluentes, los ensayos de toxicidad tienen como propósito determinar si los compuestos químicos tóxicos se encuentran en cantidades tóxicas en las descargas.

Entonces, ¿cuál es el nivel de toxicidad que es aceptable para un efluente?

La EPA y CETESB (el organismo que regula el tema ambiental en el estado de San Pablo en Brasil) establecen la magnitud del parámetro toxicidad, expresado como concentración, que puede aceptarse o es permisible para un efluente. Se recomiendan dos magnitudes para la toxicidad (evaluada mediante un ensayo de toxicidad, WET), una con el objetivo de proteger contra efectos agudos (a corto

plazo), y otra para proteger contra efectos crónicos (a largo plazo).

Efectos agudos

Experimentalmente se ha demostrado que, cuando la concentración es 1/3 de la CE50 o CL50, cesan prácticamente los efectos agudos. Por lo tanto, este es el nivel de toxicidad recomendado para prevenir efectos agudos.

¿Cómo se verifica que se cumpla con esta recomendación? En primer lugar, hay que considerar cuál será la concentración que alcanzará el efluente en el cuerpo receptor. Para el caso de un vuelco a un río, cuando la mezcla es completa, se establece la concentración que va a alcanzar el efluente en el río (Concentración Efectiva en el Río), en porcentaje, de la siguiente manera:

CER: $\text{Caudal del efluente} \times 100$

$\text{Caudal } 7/10 \text{ del río}^* + \text{caudal del efluente}$

CER: $\text{Concentración efectiva en el río}$

$\text{Caudal del río } 7/10$: mínimo caudal del río obtenido durante 7 días consecutivos, en un período de 10 años.

Luego se debe comparar la concentración obtenida mediante los ensayos de toxicidad (CE 50) con la concentración de efluente en el cuerpo receptor.

Comparando la CER con la CE 50 obtenida en los ensayos de toxicidad, se establece que, para alcanzar el nivel de toxicidad aguda recomendado, el efluente debe alcanzar una concentración en el cuerpo receptor menor o igual a la CE50/3.

Concentración del efluente en el cuerpo receptor CER (%) \leq CE 50(%)

Se recomienda realizar los ensayos de toxicidad con distintas especies, generalmente tres. Cuando los ensayos se realizan con una sola especie se generan incertidumbres al estimar la toxicidad del efluente, dado que existen diferencias en la sensibilidad a los tóxicos entre distintos organismos.

Otra variable que genera incertidumbre son las variaciones en la composición del efluente en el tiempo (normalmente las determinaciones se realizan sobre muestras puntuales).

Una de las formas de resolver esto en la práctica es utilizando factores de aplicación.

Los factores más utilizados son:

un factor de 10 para considerar las diferencias de sensibilidad de los distintos organismos.

un factor de 10 para considerar las diferencias en la toxicidad del efluente a lo largo del tiempo.

Considerando estas fuentes de incertidumbre y aplicando los factores de aplicación, se establece la concentración para alcanzar el nivel recomendado para efectos agudos:

Concentración del efluente en el cuerpo receptor $CER (\%) \leq CE50 / 300$.

Efectos crónicos

En este caso, se deben realizar ensayos de toxicidad crónicos y se establece la concentración para la cual no se observan efectos (NOEC: Non Observed Effect

Concentration); dado que en muchos casos no se realizan ensayos crónicos, también se utilizan factores de aplicación. A partir de un estudio con más de 100 efluentes, se estableció que la relación agudo/crónico (ACR: acute/chronic ratio) entre la CL 50 o CE 50 y el NOEC está en el orden de 1/10. Por lo tanto, el factor de aplicación para transformar los datos de toxicidad aguda a crónica es de 10. (NOEC: 1/10 CE 50).

Entonces, la magnitud del parámetro toxicidad para proteger contra efectos crónicos se establece dividiendo la CE 50 por 10.

Comparando la CER con la NOEC, se establece que, para no causar efectos crónicos, y considerando los factores de incertidumbre mencionados anteriormente, el efluente debe alcanzar una concentración en el cuerpo receptor menor o igual a la CE50/1000.

Concentración del efluente en el cuerpo receptor $CER (\%) \leq CE 50(\%)1000$

Criterios para la emisión de efluentes tóxicos

a) mezcla completa

El efluente se mezcla completa e inmediatamente en el cuerpo receptor. El efluente alcanza ambos márgenes del río; es, por lo tanto, establecido un límite máximo permisible de toxicidad para el efluente de modo de garantizar el paso de organismos en ese trecho del cuerpo receptor sin que ocurran efectos agudos o crónicos (ver punto anterior).

b) mezcla incompleta

Se establece una zona de mezcla, que es el área del cuerpo receptor contigua a la descarga. La extensión de la zona de mezcla se define según criterios de la autoridad de aplicación. En el límite de la zona de mezcla no deben producirse efectos agudos o crónicos.

Los ensayos de toxicidad en el marco del control de efluentes se realizan con el

propósito de determinar si los compuestos químicos tóxicos se encuentran en cantidades tóxicas.

Los resultados de los ensayos de toxicidad no pueden ser extrapolados al nivel de lo que pueda ocurrir en los ecosistemas: un efecto nocivo detectado mediante estos ensayos de toxicidad no permite afirmar que el mismo efecto se producirá sobre las poblaciones y el ecosistema.

Sin embargo, muchos estudios han demostrado la existencia de una asociación significativa entre los resultados de los ensayos y la observación de efectos sobre los ecosistemas.

En la norma argentina IRAM, 29012, Guía para el bioensayo de muestras, se señala que un efecto nocivo detectado mediante estos ensayos (se refiere a los ensayos de toxicidad) puede alertar acerca de peligros potenciales sobre los ecosistemas como consecuencia de la exposición a estas sustancias.

En muchos casos, se ha establecido una correlación entre los resultados obtenidos en los ensayos de toxicidad (WET) y las observaciones realizadas en el monitoreo biológico.

Caracterización de suelos contaminados

Los ensayos de toxicidad fueron incluidos recientemente (2005) en la legislación española a los fines de considerar un suelo como contaminado. El decreto 9/2005 establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.

Para considerar un suelo como contaminado, esta legislación propone la realización de ensayos de toxicidad con organismos del suelo y con organismos acuáticos.

Entre los ensayos con organismos del suelo, se encuentran el ensayo de germinación y crecimiento de semillas en plantas terrestres, y el ensayo de toxicidad aguda en lombriz de tierra. Entre los ensayos con organismos acuáticos

(realizados sobre lixiviados de suelos), se encuentran el de inhibición del crecimiento en algas, inhibición de la movilidad en *Daphnia magna* y el de toxicidad aguda en peces.

Un suelo será considerado como contaminado cuando:

la CE50 o CL50 sea inferior a 10 mg de suelo contaminado/g de suelo en los ensayos con organismos terrestres.

la CE50 o CL50 sea inferior a 10 ml de lixiviado/l de agua en los ensayos con organismos acuáticos.

La ecotoxicología en la gestión de sustancias y productos químicos

Clasificación de sustancias químicas

Los ensayos de toxicidad con organismos acuáticos y terrestres que hemos visto en el punto anterior han sido incorporados a distintas legislaciones para:

clasificación de sustancias y productos químicos,

caracterización de residuos.

La conferencia de Naciones Unidas sobre Ambiente y Desarrollo en 1992 identificó la necesidad de una armonización internacional de la clasificación y rotulado de sustancias químicas, y la incluyó como un programa dentro de la Agenda 21.

Los objetivos de una armonización internacional son:

Mejorar la protección del hombre y del ambiente proveyendo un sistema comprensible para la comunicación de riesgo.

Proveer a aquellos países que no tengan un sistema de clasificación un esquema reconocido.

Reducir la necesidad de ensayar y evaluar las sustancias químicas.

Facilitar el comercio internacional de aquellos compuestos cuyos peligros han sido apropiadamente ensayados e identificados sobre una base reconocida internacionalmente.

La OECD (Organization for Economic and Development) ha trabajado en este sistema de clasificación armonizado e integrado para salud humana y peligros sobre el ambiente de sustancias químicas y mezcla de sustancias, y ha publicado un documento (www.oecd.org). Una de las secciones del documento describe el sistema armonizado para la clasificación de los compuestos químicos desde el punto de vista de su peligrosidad para el ambiente acuático.

Los elementos básicos que se toman en cuenta en el sistema armonizado son:

Toxicidad acuática aguda

Potencial de bioacumulación

Degradación (biótica o abiótica) de compuestos orgánicos

Toxicidad acuática crónica.

Estos datos deben ser obtenidos utilizando normas de ensayo reconocidas internacionalmente; cuando eso no sea posible, se consideran los mejores datos

disponibles.

Fundamento del sistema de clasificación

El sistema de clasificación reconoce que el peligro para los organismos acuáticos está representado por las propiedades intrínsecas de la sustancia, toxicidad aguda y crónica de una sustancia. Los datos de toxicidad aguda son los más frecuentes y los ensayos usados están estandarizados.

Para sustancias que se transportan a granel, que por causa de accidentes o derrames pudieran dar lugar a efectos a corto plazo, la toxicidad aguda representa una propiedad clave para definir el peligro.

Para sustancias que se transportan envasadas, se considera que el riesgo principal está definido por la toxicidad crónica, aunque valores de toxicidad aguda a niveles de $CL_{50} \leq 1 \text{ mg/l}$ se consideran también riesgosos. Concentraciones de hasta 1 mg/l de sustancias se consideran posibles en el ambiente acuático luego del uso normal y la disposición de la sustancia.

Muchas veces no se dispone de datos de toxicidad obtenidos mediante ensayos crónicos; las propiedades intrínsecas de la sustancia, biodegradabilidad, potencial de bioacumulación y su toxicidad aguda se utilizan para asignar a una sustancia una clase de riesgo crónico (una sustancia no biodegradable o bioacumulable permanece más tiempo en el ambiente).

Cuando el NOEC obtenido mediante la realización de ensayos crónicos es mayor a 1 mg/l , se considera que no es necesario clasificar la sustancia dentro de una clase de riesgo crónico.

Para sustancias con $CE(L)_{50} > 100 \text{ mg/l}$, la toxicidad se considera insuficiente para incluirlas dentro de la clasificación (no son clasificadas como peligrosas para el ambiente).

Las sustancias que se degradan fácilmente pueden ser removidas con rapidez del ambiente. Los efectos que puedan ocurrir en el caso de un derrame o accidente

serán de corta duración y se mantendrán localizados. Las sustancias no degradables pueden causar efectos durante un período de tiempo prolongado.

Categorización de residuos según el Convenio de Basilea

El texto del convenio, así como los documentos de trabajo actualmente en discusión, se puede consultar en la página: www.basel.int.

Objetivo del Convenio de Basilea: que el manejo y movimiento transfronterizo de residuos sea consistente con la protección de la salud humana y ambiental.

Según este convenio, un residuo es considerado peligroso cuando pertenece a alguna de las categorías que aparecen en el Anexo I del convenio (por ejemplo, residuos provenientes de la preparación de tintas, residuos que contienen aceites minerales, residuos que contienen plomo, etc.) a menos que no presente las características de riesgo listadas en el Anexo III (por ejemplo, inflamabilidad, corrosividad, toxicidad, ecotoxicidad. Estas categorías son equivalentes a las que aparecen en la Ley Nacional de Residuos Peligrosos, 24051).

Definición de la categoría H12: ecotóxico

Son sustancias o residuos que, si son liberadas, presentan o pueden presentar un impacto adverso inmediato o mediato sobre el ambiente, sea por bioacumulación o/y otros efectos tóxicos sobre los sistemas bióticos.

La clasificación es internacional y, por lo tanto, debe ser independiente de las condiciones locales o regionales. El Convenio de Basilea regula el movimiento transfronterizo de residuos peligrosos y los principios para la evaluación deben estar armonizados para facilitar la aplicación del convenio.

El sistema de clasificación internacional se usa en distintos países, con diferentes

condiciones ambientales y niveles de desarrollo. Dado que los criterios de clasificación están basados en las propiedades intrínsecas, las cuales no toman en cuenta las situaciones específicas de exposición o las condiciones ambientales específicas, la clasificación es independiente del momento y lugar, e indica el potencial impacto sobre los organismos si la sustancia se libera y tiene lugar una exposición.

H12 Ecotóxico se refiere al peligro intrínseco del residuo a causa de las sustancias tóxicas que contiene. No incluye la evaluación de riesgo o efectos.

Los criterios para peligro ecotóxico deben estar basados en las propiedades de las sustancias, tales como toxicidad, degradabilidad y capacidad para bioacumularse (clasificación OECD). Por el momento, se está trabajando en la propuesta para la evaluación de los residuos para establecer si presentan la característica de peligrosidad ecotóxica (H12). La propuesta está basada en el contenido de sustancias químicas clasificadas como tóxicas para organismos acuáticos que contenga el residuo y en la utilización de ensayos de toxicidad.

Referencias bibliográficas

Casarett & Doull's (2019). Toxicology: The Basic Science of Poisons. New York: Mc Graw-Hill Education, 9th edition.

Lauwerys, R. R. (1994). Toxicología industrial e intoxicaciones profesionales. Barcelona: Ed. MASSON S. A.

Lazcano, R. (2003). Toxicología clínica. Buenos Aires: Librería Akadia Editorial.

HERRAMIENTAS BÁSICAS PARA EL MUESTREO AMBIENTAL

▪

Carlos Héctor Colangelo

Doctor de la Universidad de Morón (UM). Licenciado en Ciencias Químicas (UM). Especialista consultor permanente en Toxicología (Consejo Profesional de Química- CPQ). Máster en Toxicología (Universidad de Sevilla). Docente de la Universidad de Morón, Universidad Nacional de La Plata, Instituto Argentino de Seguridad (IAS) (Carrera Especialización en Protección Ambiental). Se desempeñó en el Poder Judicial de la Provincia de Buenos Aires como perito químico oficial y desarrolló más de 10.000 estudios técnicos científicos. Actualmente, desarrolla cursos in Company, habiendo brindado cursos en: AYSA, Chevron, Pan-American Energy, Medicina Corporativa, Cerro Vanguardia, etc.

Contacto: ccolangelo@unimoron.edu.ar / toxicolangelo@gmail.com

Gabriel Oscar Rivera

Licenciado en Seguridad e Higiene Laboral y especialista en Ingeniería Ambiental. Técnico en manejo de residuos peligrosos de la Universidad de Texas (A and M), instructor certificado NFPA 1041, USA Professional Board, en la Universidad de Texas. Desarrolló tareas en el Cuerpo de Bomberos, como extinción de incendios, explosivos y rescate. Titular de cátedra de las materias de Seguridad Ambiental, Defensa Civil y Análisis de Riesgo de la Universidad Católica de la Plata en la carrera de licenciatura en Seguridad Pública. Se especializa en análisis de causas judiciales ambientales, asesorando al Poder Judicial como perito oficial tanto en la provincia de Buenos Aires como en la Justicia federal. Trabaja en conjunto con autoridades de aplicación en materia ambiental tales como ACUMAR, OPDS, ADA, Dirección Provincial de Minería, Senasa y otros en la dilucidación de casos en los que se investiga tanto

la contaminación como la afectación de las personas.

Contacto: gabrieloscarrivera@gmail.com

En este capítulo se describirán en forma elemental algunas herramientas básicas para el muestreo ambiental, abarcándolo en suelos, en aire y en aguas, respectivamente.

Muestreo de suelo

El muestreo de suelo implicará la utilización de las siguientes herramientas:

Barrenos

Existen, básicamente, dos tipos de barrenos. Los que son completos y vienen en estuche con diferentes cabezales (Fig. 1), que serán utilizados de acuerdo a las características del terreno (arenoso, arcilloso, franco arcilloso, franco limoso). Estos cuentan con dispositivos telescópicos para llegar a profundidades de hasta dos metros. Son equipos importados y, por ende, muy caros.

Otros barrenos

Existen barrenos específicos para suelos arenosos o con alto contenido de limo o arcilla, mucho más económicos. Se debe prever el tipo de suelo que se va a muestrear y llevar el adecuado (por ejemplo, el de la Fig. 2). No se recomiendan

los tipos caña cerrada como el de la Figura 3 para suelos limosos o arcillosos, ya que la extracción de la muestra es muy dificultosa.



Figura 1. Fuente de la imagen: <https://mecanicacitesa.com/mantenimientos/>

(Fecha de consulta: 21 de junio 2021).

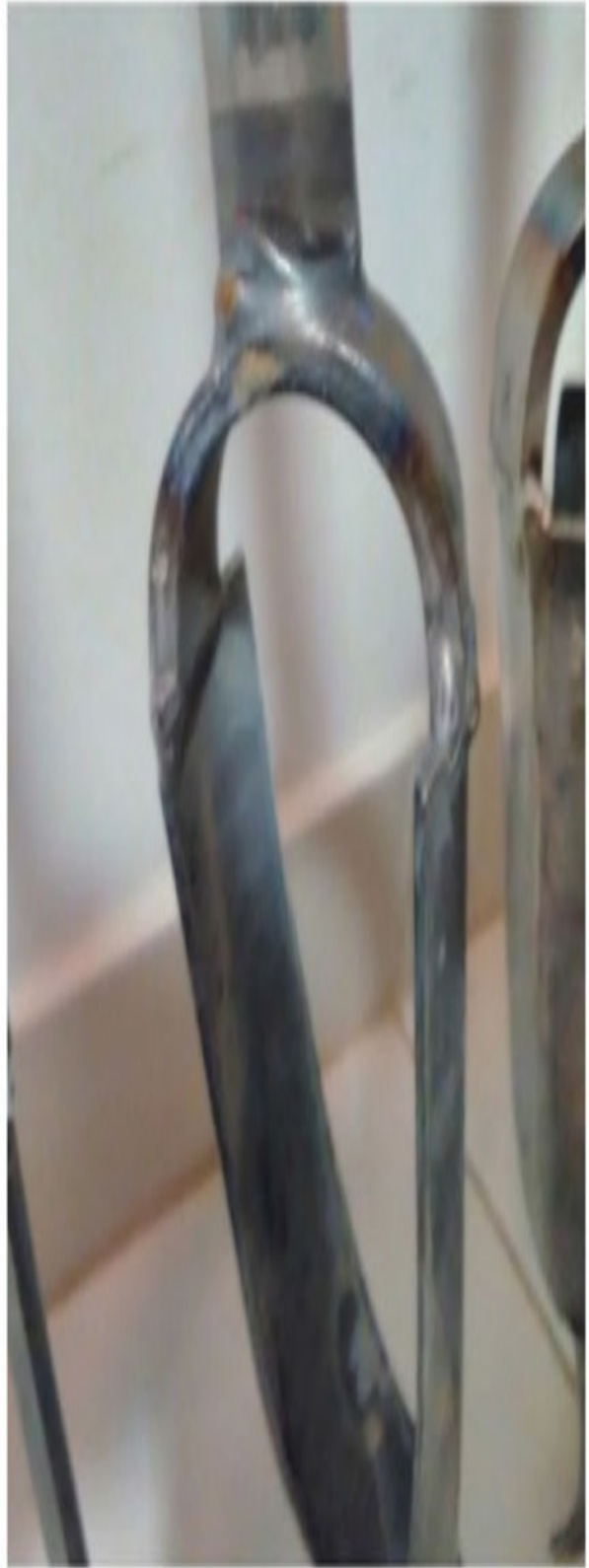


Figura 2. Fotografía de los autores. (82) Figura 3

Los barrenos tipo Iwan Auger pueden ser utilizados para la extracción de sedimentos relativamente duros a bajas profundidades de agua, como es el caso de los representados en las Figuras 4 y 5, respectivamente.



Figura 4 Figura 5

Conos de señalización para marcar diferentes sitios en superficies extensas

En el caso de llevar a cabo un muestreo múltiple en una zona amplia, se deberá contar con conos de señalización para marcar adecuadamente el terreno, georreferenciarlo y etiquetarlo con los datos adecuados de identificación de muestra (Figs. 6 a 9).



Figura 6 Figura 7



Figura 8 Figura 9

GPS (Sistema de Posicionamiento Global)

Este dispositivo (Fig. 10) es fundamental a la hora de marcar con la mayor exactitud posible el sitio de muestra. Se recomienda usar una plataforma compatible con el programa Google Earth para compatibilizar todos los puntos tomados en campo y trasladarlos a la computadora.

Se pueden utilizar GPS vehiculares, los cuales son fácilmente compatibles con el programa Base Camp de Garmin que permite pasar datos desde la computadora y hacia ella, sobre la cual trabajamos la planificación de campo y anotaciones. Si bien los GPS de aventura pueden llegar a ser más exactos, muchos de ellos no son compatibles con el manejo de datos en la computadora.



Figura 10

Tamices

Los tamices también son importantes a la hora de muestrear en terrenos muy heterogéneos como basurales. Se pueden comprar de acero inoxidable, generalmente son vendidos por casas especializadas en agricultura, o hacerlos caseros con metal desplegado, de la apertura adecuada para obtener la granulometría requerida para la muestra. Pueden verse en las Figuras 11 y 12 algunos modelos de tamices.



Figura 11. Fuente: <https://docplayer.es/66609111-Laboratorio-de-mecanica-de-su>

Paño para cuarteo

El paño para cuarteo debe ser de plástico y de una extensión mínima de 1,5 x 1,5 m. En él se extenderá la tierra que tomamos para su posterior cuarteo y homogenización, como se ejemplifica en las Figuras 13 y 14.



Figura 13 Figura 14

Barreno a motor

Los barrenos con motor se implementarán en suelos muy duros, tales como los que están muy antropizados y con una alta dureza debido a los materiales de relleno. Se los puede observar en las Figuras 15 y 16.



Figura 15 Figura 16

Retroexcavadoras

Se ejemplifican en las Figuras 17 a 20. Pueden utilizarse en basurales para llegar al verdadero suelo que queremos muestrear e, inclusive, hasta es posible encontrarse con la napa freática para un muestreo orientativo de agua.



Figura 17 Figura 18



Figura 19 Figura 20. Tomada de: <https://s7d2.scene7.com/is/image/Caterpillar/C0>

Cinta métrica para medición de calicatas

La cinta métrica es infaltable en cualquier trabajo de campo, en este caso nos será muy útil para medir las profundidades de las muestras, así como también los sustratos observados en las calicatas practicadas. Las vemos en las Figuras 21 y 22.



Figura 21 Figura 22

Rastrillo y palita de jardín

Elementos básicos y sencillos pero muy efectivos en el tratamiento delicado de la muestra, especialmente cuando se cuartea y homogeniza (Fig. 23).

Recipientes para muestras

Preferentemente de plástico y boca ancha para la fácil introducción del material. Se recomienda llevar los de un litro como mínimo (Fig. 24) para que no falte material en caso de hacer una muestra con varios analitos.

Etiquetas, bolsas, precintos, cinta autoadhesiva

Las etiquetas serán fundamentales para la identificación de la muestra y los datos generales. Se pueden utilizar etiquetas de sellado también que solo cumplen el rol de sellar la tapa con rosca. Las bolsas plásticas pueden servir tanto para llevar a cabo la homogeneización de la muestra después del cuarteo como para preservar la muestra misma. Los precintos se utilizarán en caso de embolsar los frascos para mayor seguridad o de introducir la muestra directamente en la bolsa.

Las Figuras 25 a 30 tienen ejemplos representativos de los elementos referenciados en este apartado.



Figura 23 Figura 24

Figura 25 Figura 26



Figura 27 Figura 28



Figura 29 Figura 30

Muestreo en aire

El muestreo en aire puede ser:

1. Muestreo

- Muestreo pasivo

En este caso se colecta un contaminante específico por medio de la adsorción y/o absorción en un sustrato químico. Luego de un periodo de tiempo adecuado de muestreo, que puede variar desde una hora hasta meses o inclusive un año, la muestra se lleva al laboratorio donde se desorbe el contaminante para ser identificado cualitativamente y cuantificado. Estos equipos se denominan muestreadores pasivos y se presentan en diversas formas y tamaños, principalmente en forma de tubos o discos.

Ventajas: simples de emplear y bajo costo (no requiere energía eléctrica). La simplicidad operativa del sistema y su mínima necesidad de mano de obra. La facilidad de su empleo debido a que no son necesarias actividades de mantenimiento ni calibración de bombas de aire. Mínima probabilidad de comisión de errores personales.

Desventajas: no están desarrollados para todos los contaminantes; arrojan valores promedio con resoluciones típicas semanales o mensuales; no tienen gran exactitud (sirven solo como valor referencial), en general, requieren de análisis de laboratorio. Los captadores pasivos deben mantenerse en todo momento, aparte del periodo de muestreo, perfectamente cerrados o al abrigo de sus envoltorios de protección. Por esta razón, la apertura y preparación de estos dispositivos deberá realizarse de modo inmediato antes de iniciar la toma de muestras.

- Muestreo activo

Los equipos en esta categoría necesitan emplear energía eléctrica para poder tomar el aire del ambiente a un colector físico o químico.

Asimismo, el volumen de aire que puede tomarse es muy alto, lo que aumenta el límite de detección del analito. Los muestreadores activos pueden clasificarse en burbujeadores (para análisis de gases) e impactadores (para partículas).

Ventajas: fáciles de operar, muy confiables y costo relativamente bajo (requieren energía eléctrica).

Desventajas: requieren análisis de laboratorio.

- Método automático

Estos métodos permiten llevar a cabo mediciones de forma continua para concentraciones horarias y menores. El espectro de contaminantes que se pueden determinar va desde los contaminantes de diferentes tipos, tales como PM10-PM2.5, CO, SO₂, NO₂, O₃, hasta tóxicos en el aire, como mercurio y algunos compuestos orgánicos volátiles.

En la Figura 31, puede verse una estación automática para monitoreo de algunos contaminantes como PM10, CO, SO₂, NO₂, y O₃.

Las muestras colectadas se analizan utilizando una variedad de métodos, los cuales incluyen la espectroscopia y cromatografía de gases, y arrojan de manera automática y en tiempo real las lecturas de los diferentes contaminantes.

Ventajas: valores en tiempo real, alta resolución; dan lecturas de concentraciones máximas y mínimas; permiten por la detección de valores máximos en tiempo real establecer situaciones de alerta para implantar las respectivas medidas de contingencia.



Figura 31. Tomada de: <http://m.oceanusmonitor.com/environmental-monitoring-instrument/aqm-09-ambient-air-quality-monitor-station.html> (Fecha de consulta: 24 de abril 2021).

Desventajas: costo elevado de adquisición y operación; requieren personal capacitado para su manejo; requieren mantenimiento y calibración constantes.

- Métodos ópticos

Con transmisión remota de datos, generalmente basados en técnicas espectroscópicas. Con ellos es posible hacer mediciones en tiempo real de la concentración de muchos contaminantes, tales como NO₂ y SO₂.

2. Análisis de muestras

Los métodos de medición que utilizan muestreadores requieren, por lo general, que una vez que se ha muestreado el contaminante se analice por algunos de los siguientes métodos:

- Métodos volumétricos

La cantidad del contaminante detectado se deduce del volumen de la solución que se ha consumido en una reacción. Estos métodos cuantifican muestras en solución mediante su valoración por medio de técnicas como la titulación.

- Titulación y valoración

Es la técnica volumétrica que se utiliza para determinar la concentración de un soluto en un solvente, mediante la adición de un volumen de solución de concentración perfectamente conocida a la disolución. Es la acción y efecto de

valorar o cuantificar una disolución. La valoración de una solución siempre será una titulación.

- Métodos gravimétricos

Son métodos analíticos cuantitativos en los cuales las determinaciones de las sustancias se llevan a cabo por una diferencia de pesos, donde se determina la masa pesando el filtro, a temperatura y humedad relativa controladas, antes y después del muestreo. Esto aplica para el caso de material particulado.

Existen métodos gravimétricos para conocer la concentración de una muestra en solución, en los que se llevan a cabo precipitaciones de las muestras por medio de la adición de un exceso de reactivo aprovechando el efecto del ion común.

- Métodos fotométricos

Estos métodos (colorimétricos) basan la determinación de la concentración de una solución en la medida de la intensidad de la luz que se transmite a través de ella, comparándola con una curva patrón de las intensidades de luz de igual longitud de onda que se transmiten a través de una serie de soluciones de concentraciones conocidas.

- Espectrofotometría

Es la medida de la cantidad de energía radiante absorbida por las moléculas a longitudes de onda específicas. Cada compuesto tiene un patrón de absorción diferente que da origen a un espectro de identificación. Este consiste en una gráfica de la absorción y la longitud de onda, y se presenta en márgenes que abarcan longitudes de onda desde la ultravioleta a la infrarroja.

3. Muestreo de las emisiones contaminantes

Este método consiste en tomar una muestra de la emisión que permita determinar la concentración del contaminante y el flujo del gas portador, con el fin de calcular el flujo másico del contaminante.



Figura 32. Tomado de:

<http://www.inteconinc.com/latam/index.php/productos/muestreadores-isocineticos?format=raw&task=download&fid=371> (Fecha de consulta : 21 de junio 2021).

La muestra debe tomarse cumpliendo con el requisito de no generar una separación mecánica de los contaminantes con respecto al gas portador, en otras palabras, la toma de la muestra debe realizarse a la misma velocidad en que son transmitidos los contaminantes en el ducto de muestreo; al cumplimiento de este requisito se le denomina muestreo isocinético. Puede verse en la Figura 32 un ejemplo de estos equipos.

4. Medición de calidad de aire

Para llevar a cabo el monitoreo de calidad del aire se utilizan diversos equipos, como analizadores, monitores y sensores que se agrupan en un espacio físico confinado denominado estación de monitoreo. Un grupo de estaciones de monitoreo forma redes de monitoreo, las cuales forman parte del sistema de medición de la calidad del aire.

- Estaciones de monitoreo

Una estación de monitoreo consiste en una caseta que contiene, como se mencionó, diversos equipos, como analizadores automáticos, monitores, sensores meteorológicos, entre otros, destinados a monitorear las concentraciones de uno o más contaminantes del aire y, por lo general, algunos parámetros meteorológicos, con la finalidad de evaluar la calidad del aire en un área determinada. Los criterios de ubicación de las estaciones son diferentes según los objetivos de monitoreo que hayan sido establecidos.

Sin embargo, en cualquier caso es necesario que el lugar cuente con una fuente adecuada de energía, con seguridad y que esté debidamente protegido de los elementos climáticos.

- Redes de monitoreo

Se denomina red de monitoreo al conjunto de dos o más estaciones de monitoreo. Es común que las estaciones de monitoreo se encuentren agrupadas en redes que puedan cubrir grandes extensiones geográficas.

- Sistemas de medición de la calidad del aire

Un sistema de medición de la calidad del aire está destinado a medir, registrar y procesar información sobre calidad del aire. Está conformado por estaciones de muestreo, de monitoreo y de estaciones meteorológicas.

Muestreo de aguas

De superficie en cuerpo receptor abierto

La toma de muestra en superficie, en cuerpo receptor abierto, solo requiere de un recipiente para captar el agua. En la Figura 33 se observa un dipper, que consiste en un recipiente con un mango extendido con el que se puede extraer agua desde una distancia determinada desde la misma altura en sector de orilla.

Como estos elementos no se encuentran disponibles en el país, se deben improvisar o fabricar de manera casera, lo cual no resulta tan complicado.

La solución más sencilla, generalmente, termina siendo un recipiente unido a una soga que es arrojado hacia el cuerpo de agua y luego es extraído tirando. Aunque arcaico, este método prueba ser efectivo inclusive cuando se intenta extraer agua desde una distancia considerable de la orilla (Fig. 34).

Este método rudimentario es muy aprovechable cuando se extrae agua del centro del cauce de un río, arroyo o canal desde un puente (Figs. 35 a 40).



Figura 33 Figura 34



Figura 35 Figura 36



Figura 37 Figura 38



Figura 39 Figura 40

En ciertas circunstancias, se deben utilizar embarcaciones para llegar a los puntos de muestreo superficial, para ello se deberá disponer de botes (Figs. 41 y 42) lo suficientemente estables como para anclar en un lugar exacto y permitir el manejo de los recipientes y frascos adecuados para la toma de muestra, así como también un GPS con el objeto de georreferenciar lo más exactamente posible el punto de muestreo.

Determinaciones in situ

Las determinaciones in situ son exigidas para determinados parámetros para los cuales no existe tiempo de conservación. Sin perjuicio de ello, también son útiles a los efectos de determinar en el momento estos valores con el objeto de reflejarlos en el acta correspondiente, así como en especial para determinar la estabilidad del agua subterránea; generalmente se toma: pH, conductividad, oxígeno disuelto (OD) (Figs. 43 y 44).

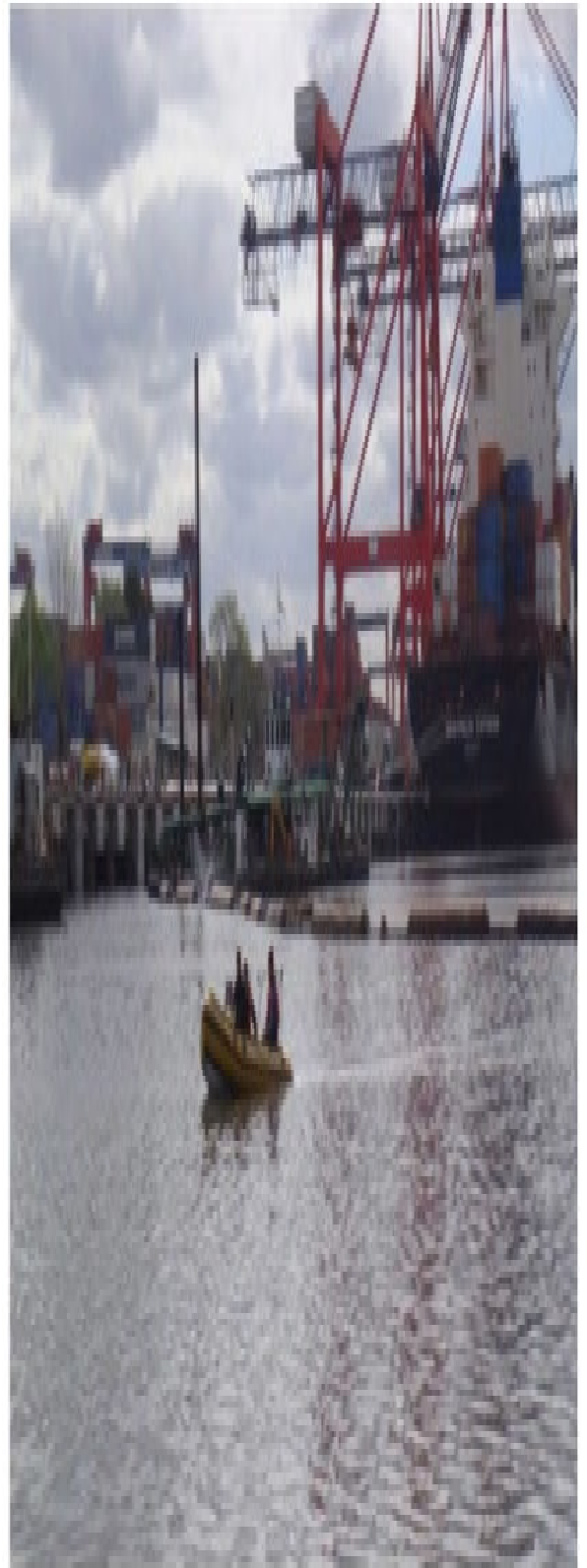
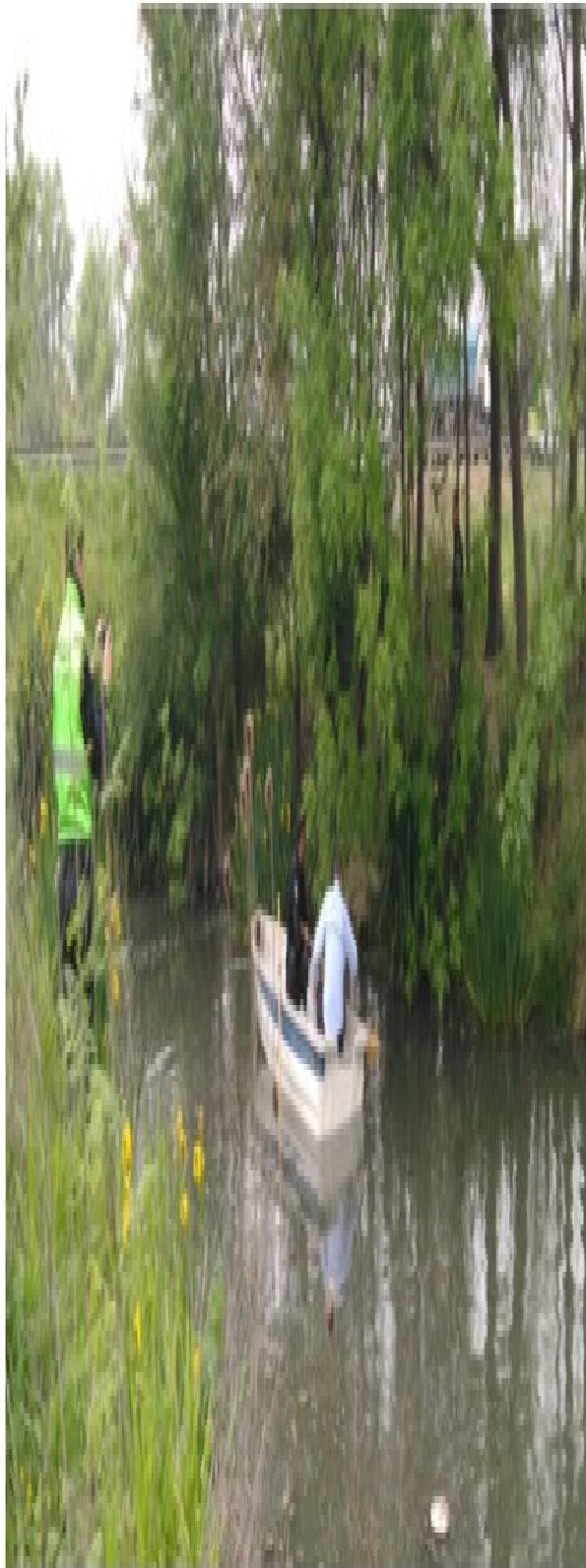


Figura 41 Figura 42

Figura 43 Figura 44

Muestreo de sedimentos

El muestreo de sedimentos se puede realizar fácilmente si la profundidad del agua no es mucha (hasta 1,2 m aproximadamente), sin embargo, más allá de las profundidades de 1,5 m se debe usar un elemento que penetre en el sedimento mediante peso e hidrodinamia arrojándolo tal como se observa en la Figura 45. Cuando se supera esa profundidad, es necesario apelar a un equipo profesional de buzos (Fig. 46) que descienda hasta el fondo para así recolectar la prueba requerida.

En las Figuras 47 y 48 se observa un muestreador tubular con desarme para extracción facilitada del sedimento captado.

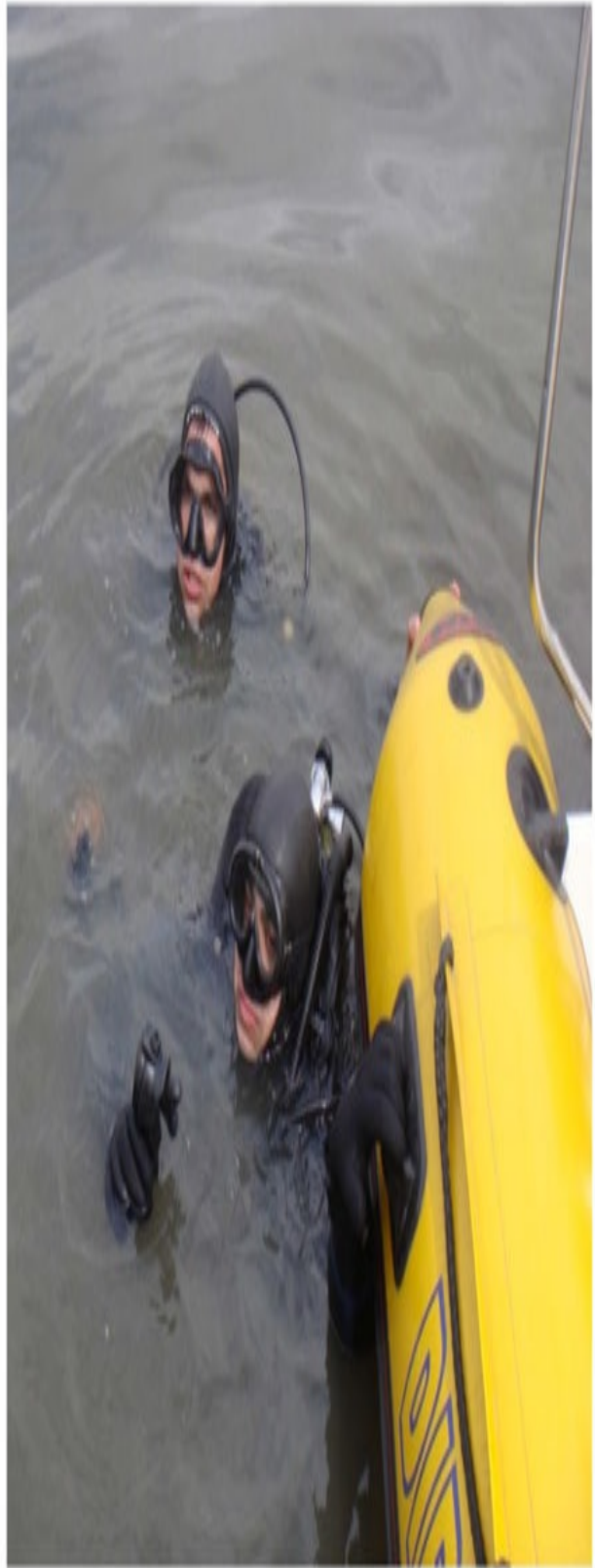


Figura 45 Figura 46



Figura 47 Figura 48

Muestreo en agua subterránea

El muestreo en agua subterránea requiere un conjunto de herramientas específicas y es, quizás, dentro del tema, el más complejo. Se requerirá para ello, obviamente, una perforación construida adecuadamente llamada freatímetro. En él se deben usar diferentes implementos con el objeto de llevar a cabo la toma de muestra de manera que esta sea representativa del acuífero subterráneo del cual se toma. El primer elemento que vamos a necesitar es una sonda de profundidad, que introduciremos y nos proveerá el dato de la profundidad del pelo de agua. Luego de ello, podemos proceder de dos maneras: efectuamos el cálculo de volumen de agua alojada o estancada en la base del freatímetro y extraemos 5 volúmenes de ella, luego de lo cual se considerará la representatividad del fluido para muestrear, evitando extraer agua estancada que no pudiera reflejar acabadamente las condiciones del acuífero. La otra manera de hacerlo es extrayendo agua con una bomba peristáltica de bajo flujo midiendo, periódicamente, las fluctuaciones de ciertos parámetros tales como pH, conductividad y OD, y al llegar a la menor fluctuación estaremos en presencia de agua representativa del acuífero. Esto requiere de una sonda multiparamétrica de muy alto costo o bien se pueden utilizar aparatos individuales, de mucho menor costo y cinta de pH o peachímetro electrónico individual.

En la Figura 49 se observa un típico freatímetro luego de abrir su cobertura de seguridad. En la Figura 50 el personal toma la profundidad de pelo de agua con una sonda. Además de ello es recomendable utilizar en todo momento un GPS para registrar el lugar exacto del pozo de extracción.



Figura 49 Figura 50

Muestreo en cámara toma muestras (CTM) y aforo (A)

La extracción de muestra de la CTM y A (Fig. 51) es relativamente sencilla y requiere de herramientas básicas, ya que no existen grandes distancias o profundidades a las cuales tomar las muestras. Estos implementos son muy básicos, sencillos y consisten solo en recipientes tales como baldes de acero inoxidable correctamente higienizados.

Muestreo de agua de bebida

El muestreo de agua de bebida debe ser llevado a cabo teniendo en cuenta dos partes fundamentales: el análisis fisicoquímico y el análisis bacteriológico. El primero puede ser llevado a cabo con un recipiente sin mayores condiciones técnicas, solo se requiere que se encuentre limpio y seco. El segundo, el biológico, debe ser un recipiente estéril indefectiblemente. Para ello se lo pediremos al laboratorio con esa condición, pero, además, deberemos tener la precaución de esterilizar adecuadamente la canilla, para eso usaremos un flameador (tal como se observa en la Fig. 52) que consiste en un aerosol de butano-propano, o un dispositivo mucho más sencillo, un algodón embebido en alcohol etílico envuelto alrededor de un alambre, que se enciende y oficia de esterilizador por calor. En esta circunstancia aprovecharemos para mojar la canilla con alcohol etílico para completar o aumentar la eficacia de la esterilización.



Guías acero inoxidable para clausura legal del vuelco

Aforador

Deflector energía

Ingreso efluente.

Figura 51

En la Figura 52 se observa el flameador que se utiliza para la desinfección de la canilla, a un lado de él se observa el frasco de plástico esterilizado en su bolsa de protección y, a la derecha, una botella de vidrio color caramelo para la muestra de análisis fisicoquímico. En la Figura 53 se observa el envase estéril en su correspondiente bolsa de protección que se utilizará para recolectar la muestra para análisis biológico.

Conclusiones

Hemos visto que hay un gran número de herramientas y métodos para la toma de muestras ambientales, tanto para suelos, aire y aguas, respectivamente.

Son necesarios para el logro del objetivo que es la toma de muestras representativas, sumado a la cadena de custodia de cada una de ellas para garantizar la representatividad e integridad desde la toma de muestras hasta que sean desechadas.

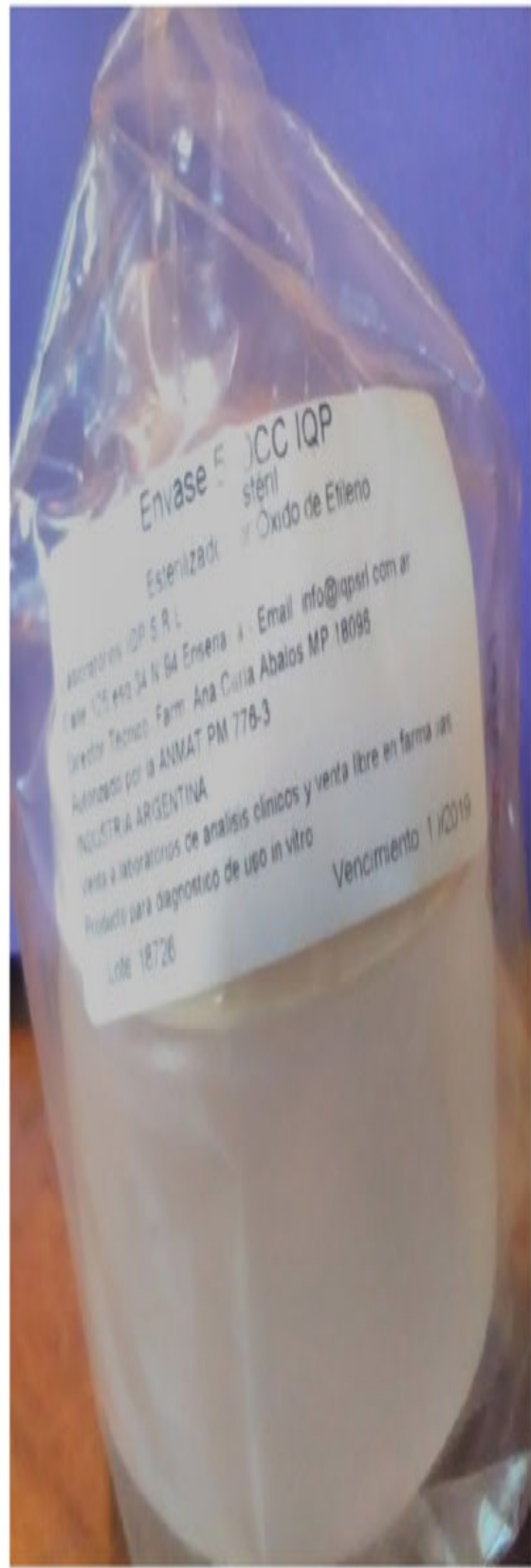


Figura 52 Figura 53

Se recomienda siempre consultar con el proveedor sobre el correcto uso de los equipos adquiridos, mantenerlos y cuidarlos apropiadamente para garantizar los resultados, ya que de ello depende el cumplimiento o no de valores de vuelco en efluentes industriales, o concentraciones de contaminantes en emisión o en calidad de aire, entre otras cuestiones.

Referencias bibliográficas

Bautista Zuñiga, F. (2011). Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Segunda Edición. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Cámara, C. (2002). Toma y tratamiento de muestras. España: Editorial Biblioteca de Químicas.

Castellanos, J. Z., Uvalle-Bueno, J. X. y Aguilar-Santelises, A. (2000). Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. México: Instituto de capacitación para la productividad agrícola.

Colangelo, C. H. y Abbiatti, H. N. (2003). Contaminación ambiental: análisis multidisciplinario. Buenos Aires, Argentina: Ediciones Praia.

Crespo, E. (2008). Técnicas de Muestreo. Módulo: Contaminación Atmosférica. Máster en Ingeniería y Gestión Medioambiental. Recuperado de: <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/20035/tecnicas-de-muestreo-contaminacion-atmosferica>

Fernández Cirelli, A. El agua: un recurso esencial. Química Viva [en línea]. 2012, 11(3), 147-170. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86325090002>

Menéndez, F. (2016). Sistema de monitoreo de napas freáticas mediante freatímetros electrónicos. Recuperado de: <https://rdu.iaa.edu.ar/handle/123456789/1098>

Molina, E. (2007). Análisis de suelos y su interpretación. San José, Costa Rica: CIA-UCR-Amino Grow International.

Olmos, R. R. (2003). El agua en el medio ambiente: muestreo y análisis. México: Plaza y Valdés Editores.

Romero Placeres, M.; Diego Olite, F. y Álvarez Toste, M. (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología, 44(2). Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032006000200008&lng=es&tlng=es

Sepúlveda, T. V. (2005). Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación. España: Ediciones Mundi-Prensa.

Schoeneberger, P. J., Wysocki, D. A., Benham, E. C., Broderson, W. D. y Salazar, J. C. L. P. (2000). Libro de campaña para descripción y muestreos de suelo. Centro Nacional de Relevamiento de Suelos, Servicio de Conservación de Recursos Naturales, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. United States: Natural Resources Conservation Service.

Vivanco, M. (2005). Muestreo estadístico. Diseño y aplicaciones. Chile: Editorial Universitaria.

▪

82. Esto es así para todos los casos en que no se consigne una fuente diferente.

LA GEOINFORMÁTICA Y LA TELEDETECCIÓN COMO HERRAMIENTAS DE APOYO AL PERITAJE AMBIENTAL

■

Marcelo Gaviño Novillo

Ingeniero hidráulico (UNLP, 1980), especialización en Hidrología General (UNESCO/1981), ingeniero civil (UNLP, 1982), especialización en Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica (Organización Meteorológica Mundial/FAO,1985) y un master en Evaluación Ambiental (IIE/UICN, 1999). A lo largo de su carrera profesional ha llevado a cabo proyectos centrados en la planificación y la gestión de los recursos hídricos, así como la evaluación y gestión ambiental. Ha sido profesional principal de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, desempeñando cargos de Subdirector de Saneamiento, Director Nacional de Conservación y Protección de los Recursos Hídricos y Jefe de Gabinete, entre otros. Se ha desempeñado también en la Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Negro y Neuquén (AIC) como representante del Estado Nacional ejerciendo la Presidencia del Comité Ejecutivo (2019). Es actualmente investigador asociado honorario del Instituto Nacional del Agua (INA) y consultor internacional independiente en su especialidad. Ha desarrollado una extensa carrera académica como profesor en las Universidades de La Plata, Buenos Aires, Litoral, La Pampa y Centro de la Provincia de Buenos Aires en Argentina, así como en las Universidades de Padua y Bari (Italia), Algarve (Portugal), Kiel (Alemania), y el IHE (Países Bajos). Es autor de más de 20 trabajos en publicaciones internacionales y en actas de congresos nacionales, así como editor de 4 libros para la UNESCO. Es coautor del trabajo ganador del Premio Internacional otorgado por la International Water Resources Association en el año 2010 por su contribución a la gestión de las inundaciones extremas en América Latina y el Caribe.

Contacto: magavino@gmail.com

Introducción

Como fuera indicado en los capítulos precedentes, el peritaje ambiental tiene como objetivo aportar conocimiento, evidencia y experiencia sobre la existencia de hechos que alteran el estado del ambiente y deben ser analizados en el marco de un proceso de toma de decisión. Las nuevas tecnologías, como la geoinformática y la teledetección, son herramientas que contribuyen al esclarecimiento de un hecho en el marco de una investigación relacionada con el ambiente mediante la provisión de pruebas objetivas en la búsqueda de la verdad, con mayor verosimilitud que las evidencias testimoniales, siempre influenciadas por la subjetividad.

La geoinformática aborda el estudio de la tierra haciendo uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el procesamiento de datos con métodos y técnicas propias de las ciencias de la tierra, mientras que la teledetección o percepción remota (remote sensing) se refiere a la adquisición de datos de la superficie terrestre sin contacto directo.

Un sensor remoto puede ser considerado todo instrumento sensible capaz de captar y evaluar objetos colocados a distancia, como las cámaras fotográficas o un radar, o inclusive nuestros sentidos de la vista o el oído, en contraposición con el sentido del tacto o ciertos instrumentos como una forcípula que requiere estar en contacto directo con un objeto para verificar y/o evaluar un hecho o un fenómeno. Corresponde por tanto a una técnica no destructiva que provee datos sin perturbación de las entidades bajo investigación, constituyendo una importante fuente de información sobre las características del ambiente, sea tanto en formato analógico (fotos) como digital (imágenes satelitarias, fotos digitales), por lo cual, su estudio puede encararse en forma manual o mediante el uso de computadoras.

Con la ayuda de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), y otras tecnologías de teledetección, el perito ambiental puede llevar a cabo una amplia gama de tareas reduciendo los tiempos de inspecciones y constataciones, así como los costos del trabajo de campo, mejorando la comprensión de los fenómenos asociados durante las tareas de gabinete, especialmente en el marco de procesos judiciales relacionados con el ambiente (Alves, 2012).

No obstante, pese a las ventajas de estas nuevas tecnologías, no ha sido fácil su admisión como prueba en el ámbito judicial. Una de las primeras experiencias fue por parte del Tribunal Supremo de España en el año 2004, oportunidad en la que se dejó sentado que la mera incorporación de una imagen satelitaria en una causa no podía ser considerada una prueba, sino el Informe Técnico sustentado en la misma, elaborado por el perito ambiental, el cual otorga el valor probatorio. Si bien la imagen es una constancia gráfica, absolutamente objetiva, es solamente un medio que permite sustentar una explicación del perito, quien hace una interpretación de los datos obtenidos por medio de las nuevas tecnologías y desarrolla su posterior procesamiento informático. Es el mismo caso que se presenta con una radiografía, una ecografía o una resonancia magnética —de cuya virtualidad probatoria nadie duda—, en tanto imágenes obtenidas por instrumentos y herramientas que permiten el estudio de una realidad no perceptible por nuestros propios sentidos (Godio, 2014).

En el caso de Argentina existen varios antecedentes a partir del año 2000 en los cuales la propia Corte Suprema de Justicia de la Nación admitió la validez de la prueba satelital como complemento de una pericia realizada por un perito designado en una causa centrada en la evaluación de daños a un inmueble rural debido a la construcción de canales para la evacuación de excedentes hídricos en la provincia de Córdoba. El mismo tribunal resolvió en 2006 una causa en cuyo marco se usaron imágenes satelitarias para establecer de manera exacta una superficie a ser expropiada. La misma Administración Federal de Ingresos Públicos (AFIP) emplea desde el año 2003 imágenes satelitales con objeto probatorio en procedimientos tributarios para determinar la presunción del real valor de un impuesto empleando imágenes satelitarias como herramienta eficaz para evitar la evasión impositiva (Cámara de Senadores, 2003).

En síntesis, la utilización de la geoinformática y la teledetección permiten el mapeo temático y monitoreo del ambiente en diversos espacios y distintas escalas, almacenando información de manera sistemática, ofreciendo la posibilidad de contar con registros de diversos momentos, permitiendo una posterior verificación o supervisión de cambios en elementos observados u objeto de investigación (Williams, 2009).

La cartografía temática y el uso de la geoinformática y la teledetección

La cartografía temática

Los mapas han sido históricamente el propósito de la cartografía hasta mediados del siglo XVIII como resultado del trabajo de los exploradores, los geógrafos y los cartógrafos, quienes hasta entonces se encargaron de volcar el conocimiento geográfico en ellos. A partir de entonces se sumaron los científicos, quienes comenzaron a expresar en los mapas los atributos espaciales de los datos sociales, así como del clima, la vegetación o la geología, por mencionar algunos, naciendo de esta manera la cartografía temática. Podemos definirla, por lo tanto, como aquella rama de la cartografía que se orienta a la generación de mapas que muestran las características estructurales de la distribución espacial de un fenómeno geográfico particular (López, 1993).

Si la información volcada en el mapa incluye solamente la distribución espacial o la situación de un grupo de datos nominales, es de tipo cualitativo, dado que el lector no puede determinar relaciones de cantidad. Pero si se describen aspectos espaciales o datos numéricos, la información aportada por el mapa es de carácter cuantitativo (Gaviño Novillo, 2010).

Los mapas temáticos en general están compuestos por dos elementos: una base geográfica (mapa base) y una capa de contenido temático. La base geográfica muestra una imagen sintética del territorio en tanto una referencia planimétrica, mientras que el contenido temático superpuesto es finalmente el que proporciona la información espacial específica.

El uso de la geoinformática y la teledetección

El trabajo pericial en el contexto de una investigación puede apoyarse en la geoinformática y la teledetección tanto para la interpretación de las relaciones espaciales entre las características naturales y antrópicas (análisis espacial) como en la reconstrucción del registro histórico de los cambios en las condiciones de

un sitio (análisis multitemporal) por medio de cartografía temática.

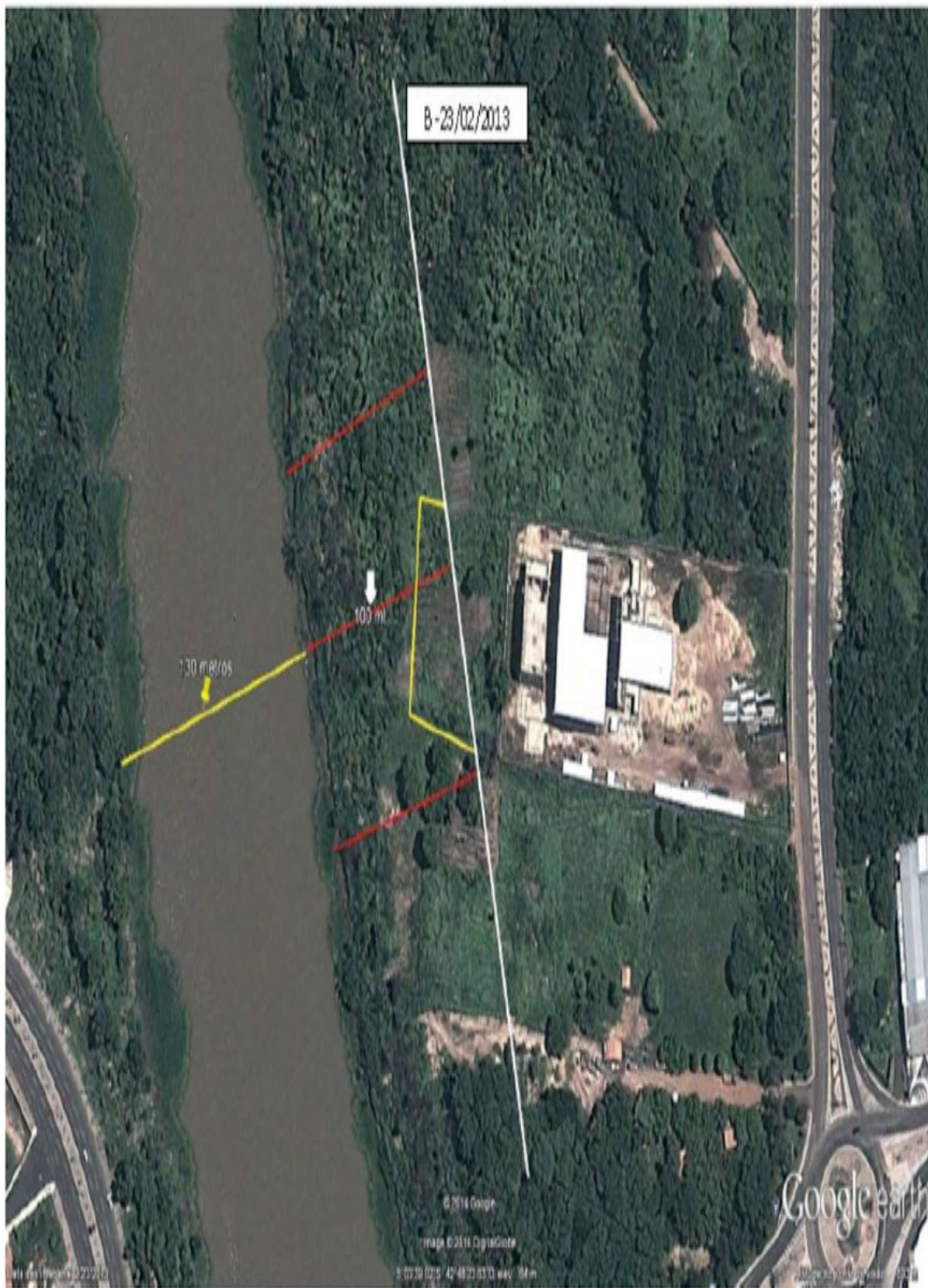
En la mayoría de los casos se requiere determinar la ubicación de un hecho por lo cual es necesario lograr un conocimiento del espacio y las condiciones que lo rodean en determinados momentos, permitiendo la interpretación de la dinámica de los hechos, inclusive de manera indirecta en lugares donde hay un largo período de tiempo entre el hecho investigado y los exámenes expertos por parte de los peritos. Por ejemplo, mediante la geoinformática y la teledetección es posible caracterizar y cuantificar superficies deforestadas, determinar las áreas afectadas por incendios forestales, estimar volúmenes de extracción de minerales, establecer el alcance de inundaciones, las áreas sujetas a vertidos de contaminantes, sectores ocupados clandestinamente de áreas protegidas, así como evaluar sus efectos y consecuencias, entre otros aspectos (Alves et al., 2012).

Los peritos ambientales han usado las fotografías aéreas desde principios del siglo XX como una herramienta valiosa para la evaluación de hechos existentes, dado que a partir de las mismas ha sido posible contar con imágenes objetivas y detalladas de las condiciones de la superficie terrestre en un momento específico. Ha sido y sigue siendo usada incluso en casos en los cuales al perito u observador se deniega el acceso a un área determinada, pudiendo recopilarse información precisa mediante la fotogrametría y preparar mapas ad hoc que muestran el alcance y la ubicación de las características de un sitio, simbolizando el mundo real. Igualmente hay que considerar que los mapas a partir de las fotografías son productos derivados, pudiendo contener sesgos en el contenido y la presentación por lo cual deben estar respaldados por una cuidadosa documentación y protocolos de garantía de calidad.

En la actualidad las imágenes de Google Earth, producto de la teledetección, de acceso libre e ilimitado, son una herramienta que nos permite determinar situaciones en las cuales interviene el perito ambiental. El uso de las nuevas tecnologías permite, por ejemplo, la comparación de imágenes de distintas fechas, como en el siguiente caso (ver Fig. 1), correspondiente a un predio desde el cual se extendieron los límites de la propiedad sobre el dominio público de la margen de un curso de agua, eliminando la vegetación de un área natural protegida.

En este caso se superpuso el catastro del área sobre las imágenes de base, empleando un Sistema de Información Geográfica (SIG), así como la ubicación

de las mediciones efectuadas en el sitio, referenciadas mediante un Sistema de Posicionamiento Global (GPS).



B-23/02/2013

130 metros

100 m

© 2014 Google

Image © 2014 DigitalGlobe

9 05 39 02 S 42 48 23 03 W alt: 84 m

Google earth

(a) Situación sin intervención



(b) Situación intervenida - Objeto pericial

Figura 1. Combinación de herramientas de la geoinformática y la teledetección en la tarea pericial.

Fuente: Aragão & Araújo, (2014).

La capacidad de examinar las relaciones espaciales entre las observaciones ambientales en los diversos momentos del ejemplo nos muestra la potencia conjunta de la geoinformática y la teledetección en tanto herramientas que brindan evidencias a la tarea pericial, las cuales a su vez pueden combinarse con mediciones referenciadas geográficamente en el sitio mediante un GPS, brindando el respectivo control de campo a las informaciones recabadas por el perito ambiental a partir de las cuales puede preparar su respectivo informe técnico de análisis e interpretación de los hechos, basado en evidencia certera.

Con objeto de conocer con mayor detalle estas herramientas tecnológicas, así como su uso en la tarea pericial, a continuación, son descritas de manera general sus capacidades y potencialidades de manera que cualquier perito, independientemente de su formación, pueda conocer cada una de ellas, seleccionarlas y emplearlas en su trabajo pericial.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Objetivos

Entre las alternativas tecnológicas posibles de aplicar para localizar espacialmente hechos y elaborar mapas temáticos se cuenta con los Sistemas de Información Geográfica (SIG) que se han convertido en los últimos 40 años en

una herramienta indispensable para la elaboración de la cartografía digital. Los SIG han sido diseñados para el registro, evaluación y representación de la información georreferenciada, posibilitando la realización de análisis espaciales dinámicos e integradamente multivariados (Gaviño Novillo, 1999).

En el marco de una pericia ambiental pueden ser usados para:

Implementar un Sistema de Información Geográfica como herramienta de un sistema básico orientado a apoyar la toma de decisiones sobre el ambiente,

Almacenar, superponer, integrar, relacionar, analizar y modelar situaciones mediante la gestión de bases de datos espaciales y alfanuméricas mediante el sistema,

Sintetizar información sobre variables, indicadores e índices ambientales,

Generar mapas temáticos para que puedan ser analizados de manera individual y/o superpuestos para una evaluación integrada como apoyo a una síntesis de situaciones ambientales a lo largo del tiempo y espacio,

Automatizar el tratamiento de la información ambiental por medio de la integración de bases de datos espaciales y alfanuméricas relacionales.

Conceptos básicos

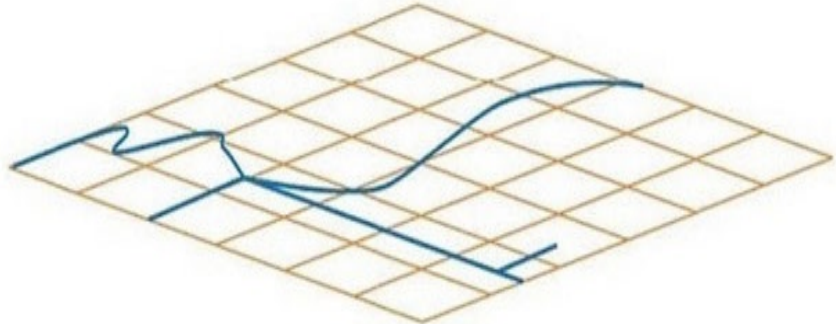
El término Sistema de Información Geográfica (SIG) se aplica actualmente a los sistemas informáticos de almacenamiento, elaboración y recuperación de datos con equipos y programas específicamente diseñados para manejar datos espaciales con referenciación geográfica y sus correspondientes datos cualitativos o atributos. En general la información espacial (fuente de información), como se indicó previamente, se representa sobre un mapa base al cual se agregan digitalmente otros atributos temáticos (capas de información)

que describen, por ejemplo: la topografía, la geología, el drenaje, el uso del suelo, la vegetación, los edificios, la población, la propiedad de la tierra, los límites administrativos o la infraestructura (red vial, vías férreas, sistemas de electricidad o de comunicaciones), entre otros. Una de las funciones más importantes del SIG es la capacidad de generar mapas temáticos sectoriales, así como poder combinarlos en una sola operación conocida como «superposición» (ver Fig. 2).

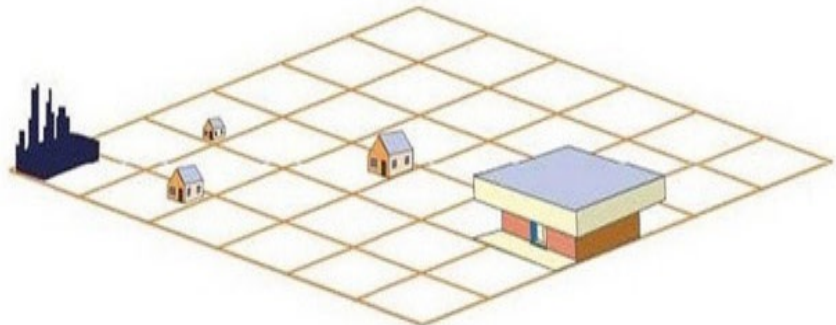
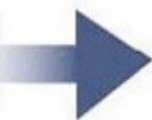
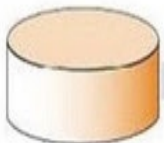
Fuentes de información

Capas de información

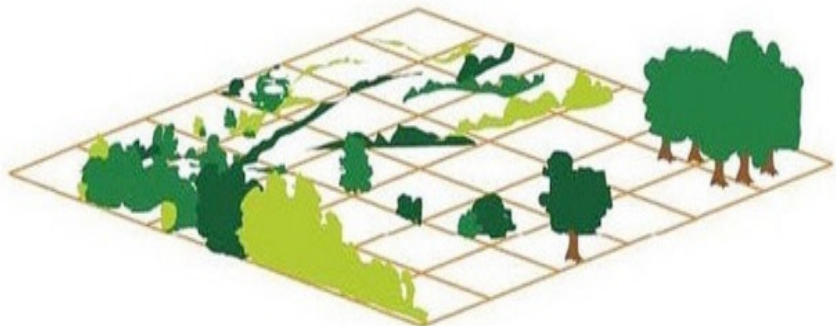
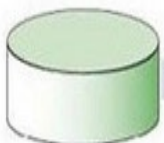
Datos de la red vial



Datos de edificios



Datos de la vegetación



Datos integrados

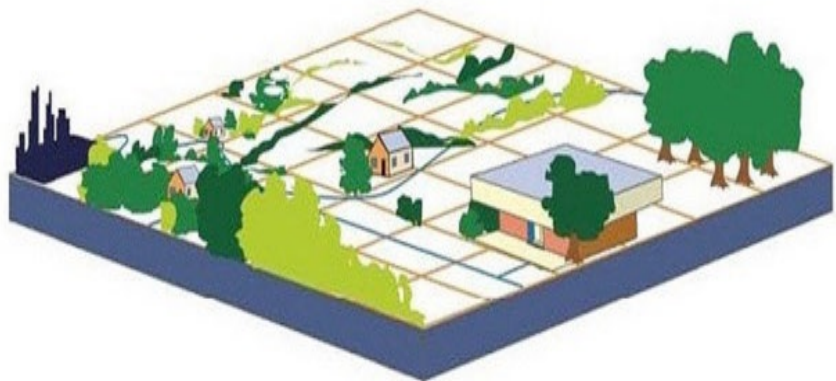


Figura 2. Esquema conceptual de superposición de mapas en un SIG.

Fuente: Adaptado de Koonts (2003).

Operaciones con un SIG

En esencia, un SIG es un Sistema de Gestión de Base de Datos (DBMS) específicamente diseñado para el tratamiento simultáneo de datos espaciales e información descriptiva conexas. Proporciona al usuario una interfaz para el análisis de datos no gráficos, como la información estadística (fuentes de información), juntamente con los datos descriptivos espaciales a los que están relacionados (capas de información). Por ejemplo, si el usuario modifica los datos espaciales, el SIG, deberá introducir automáticamente los cambios necesarios en la base de datos estadística correspondiente. Para que un sistema pueda considerarse un verdadero SIG debe tener precisamente la capacidad de relacionar esos dos tipos de datos (Gaviño Novillo, 2010).

El SIG permite gestionar una gran cantidad de información de distinto tipo, procesarla para convertirla en conjuntos de datos compatibles, combinarla y generar un mapa temático resultante (datos integrados). Algunas de las operaciones estándares de un SIG son:

integración de mapas trazados a distintas escalas y/o proyecciones,

cambios de escala, cambios de proyecciones, inclusión de leyendas, referencias,

superposición de distintos tipos de mapas de una determinada zona para formar un nuevo mapa en el que se incluyen los datos descriptivos de cada uno de ellos,

creación de zonas intermedias o próximas en torno a las líneas o polígonos de un mapa (áreas buffer),

consultas de carácter espacial e informativo a través de la gestión de las bases de datos.

El proceso de superposición de la información espacial y numérica se explica en el siguiente esquema (ver Fig. 3):

Un mapa con tres polígonos (áreas) y 3 clases (1, 2 y 3) se superpone a otro mapa con otros 3 polígonos y otras 3 clases (A, B, y C). El resultado de la superposición resulta en 8 polígonos, cada uno con una nueva clase (A1, A2, A3, B1, B2, B3, C2 y C3). El ejemplo bien podría corresponder al límite de tres jurisdicciones diferentes (provincias, municipios, área natural protegida) y el estado de la vegetación luego de un incendio (superficie, especie, grado de afectación). Se puede obtener como resultado, por ejemplo, la superficie de cada especie dañada en cada jurisdicción luego de un incendio (Sarandón & Gaviño Novillo, 1995; Gaviño Novillo, 1999).

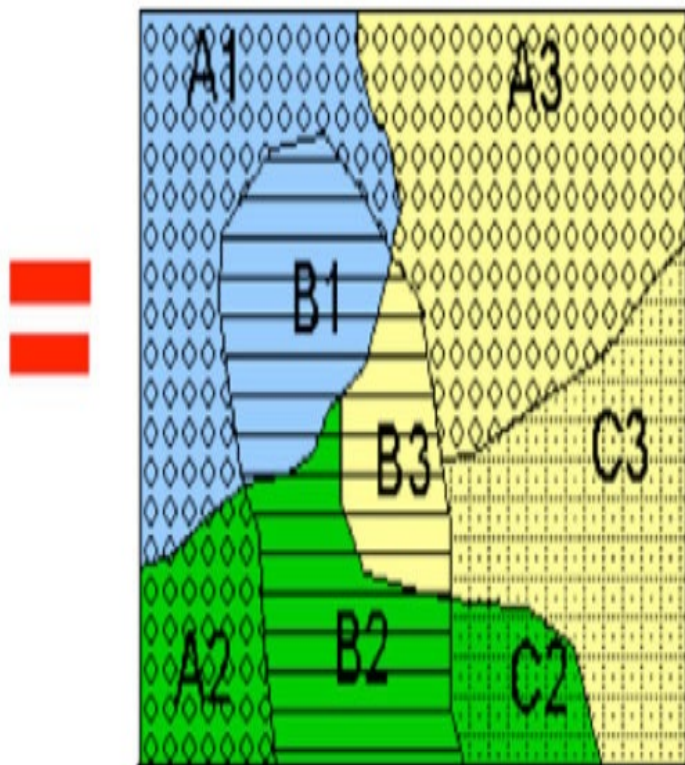
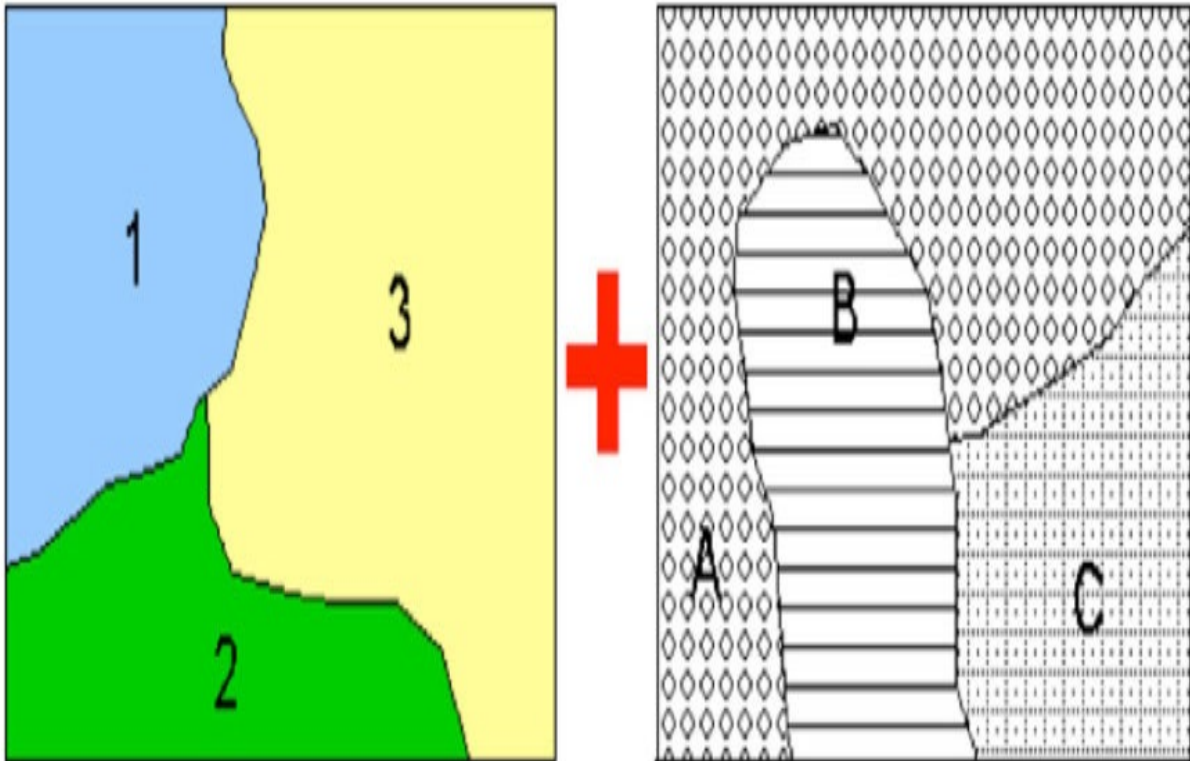
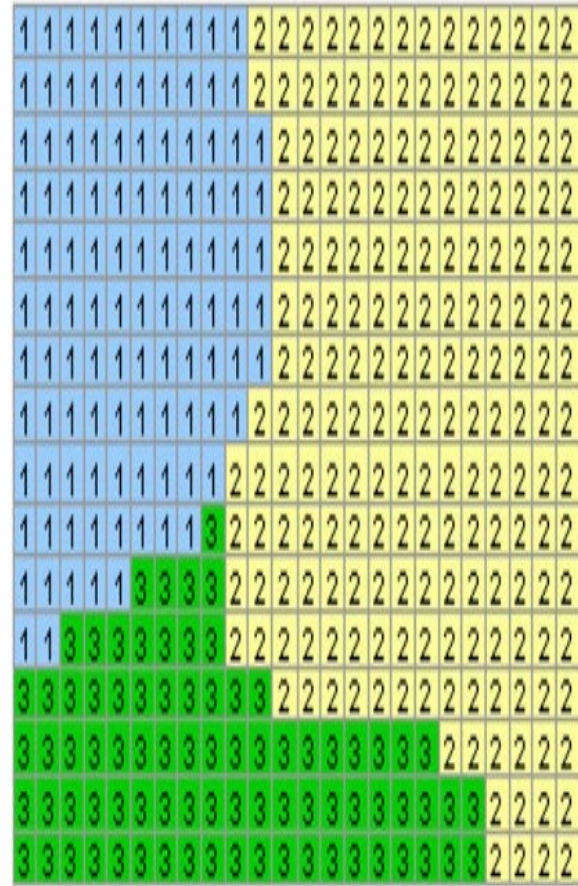
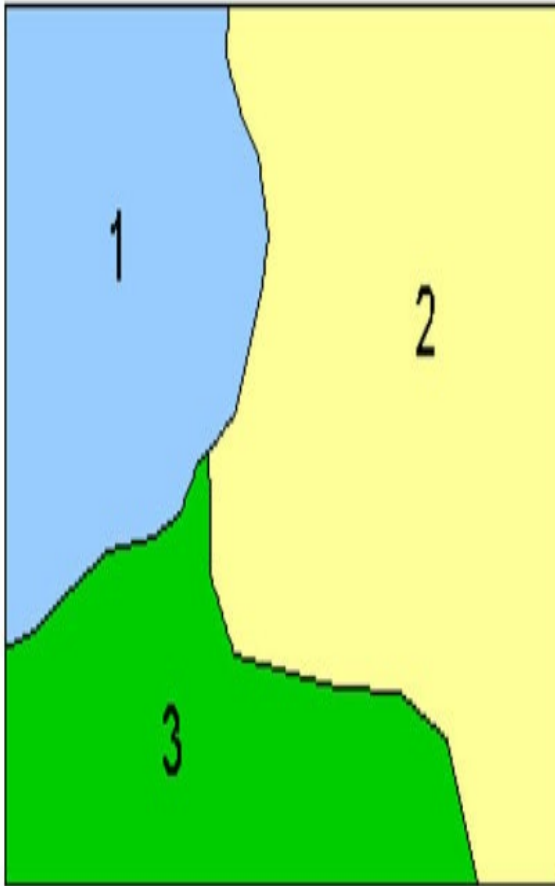


Figura 3. Proceso superposición de mapas temáticos sectoriales y mapa resultante

(Fuente: Adaptado de FAO, 1998)

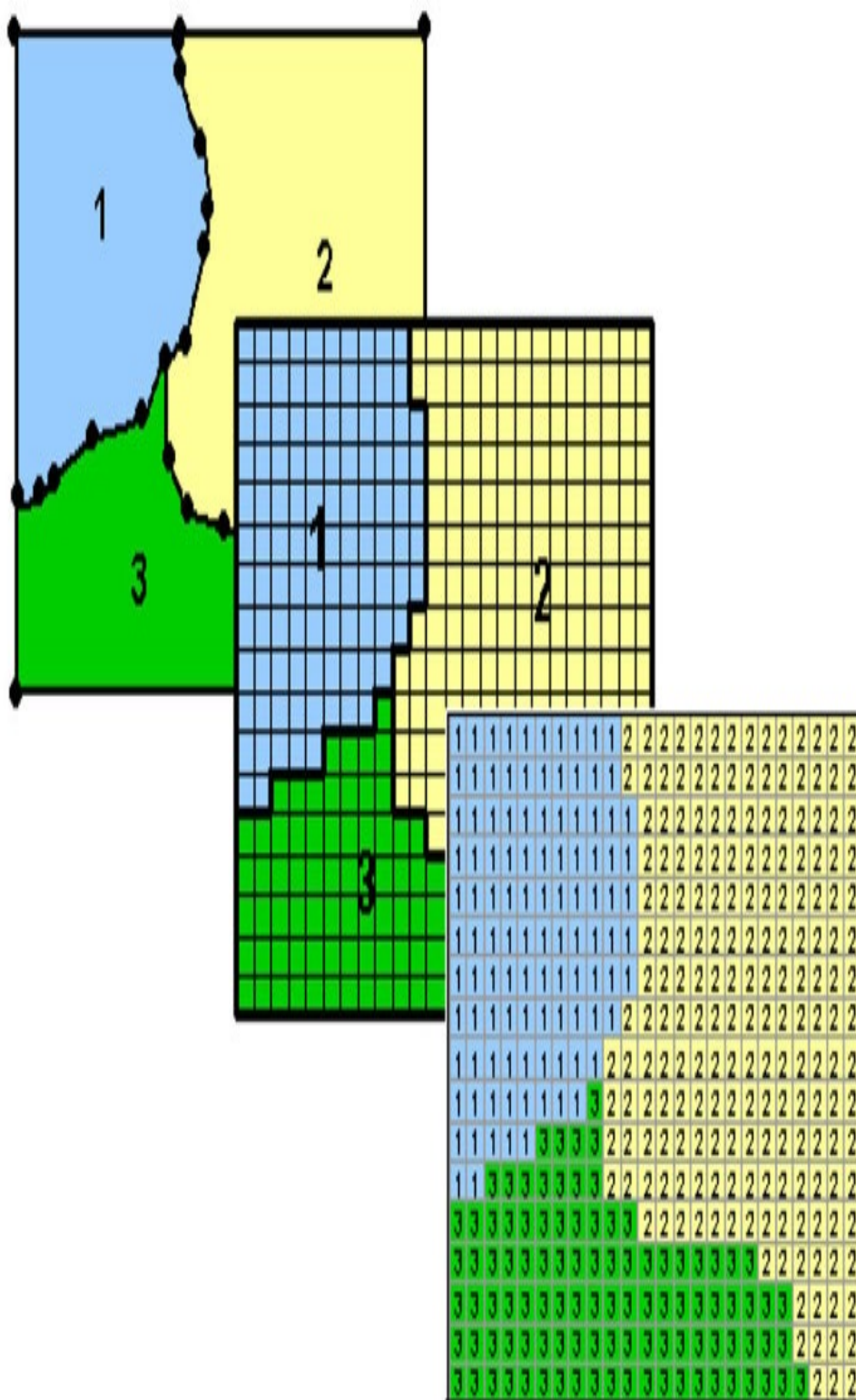
Formatos o modelos de datos: vectorial y ráster

Los SIG realizan la representación gráfica de un mapa de dos formas, como ráster o en forma de vector. Veamos en la siguiente figura las características de cada una (ver Fig. 4 y Tabla 1):



Sistemas vectoriales: Los datos lineales se representan mediante una serie de segmentos rectos llamados vectores, en cuyos extremos se digitalizan las coordenadas (X, Y), y se almacenan de forma explícita. Las conexiones se indican mediante la organización de los puntos en la base de datos.

Sistemas ráster o de celdas: el mapa se representa en formato rectangular mediante celdas rectangulares o cuadradas, cada una de las cuales contiene un atributo. Cada celda se denomina pixel, cuyas dimensiones definen la resolución y precisión de la información que contiene.



Proceso de conversión de un mapa en formato vectorial a uno ráster.

Figura 4. Formatos de archivos: (a) vectorial, (b) ráster y (c) transformaciones entre formatos

Fuente: Adaptado de FAO, 1998

Tabla 1

Formato	Ventajas
Ráster	El tratamiento de los algoritmos es mucho más sencillo y simple de e
Vectorial	Las necesidades de almacenamiento son mucho menores en compara

La teledetección o percepción remota

Definición y clasificación

La teledetección es una tecnología que permite obtener información acerca de objetos tomando y analizando datos sin que los instrumentos empleados para adquirirlos estén en contacto directo con ellos (Adaptado de ESA). Las herramientas de la teledetección o percepción se pueden clasificar en cuatro grandes grupos según la plataforma en la que se encuentren montados (ver Figura 5):

1. Espaciales (10-1000 km): tecnologías basadas en satélites.
2. Aerotransportadas (0-10 km): tecnologías basadas en aeronaves tripuladas o no tripuladas.
 - 2.1. Sistemas de gran altitud: aviones tripulados y no tripulados
 - 2.2. Sistemas de baja altitud: drones (máx. 120 m)
3. Terrestres: recolección de datos mediante estaciones o sensores en un lugar fijo (DCP), Sistemas de Posicionamiento Satelitario Global (GPS), que pueden ser usados desde un lugar fijo o un móvil, tecnologías basadas en vehículos móviles (radares móviles, Google Street View) o instrumentos operados por una persona (cámaras fotográficas, celulares inteligentes, decibelímetros, mochilas Google Street View Trekker).
4. Acuáticas: tecnologías empleadas desde embarcaciones (tripuladas y no tripuladas) como ecosondas, radares, Perfiladores de Corriente Acústicos Doppler (ADCP).

Sistemas espaciales

Existen en la actualidad un conjunto de satélites de uso civil en operación que recolectan imágenes orientadas a diversos usos. Pueden clasificarse de acuerdo con su órbita en (Giraut, 2009):

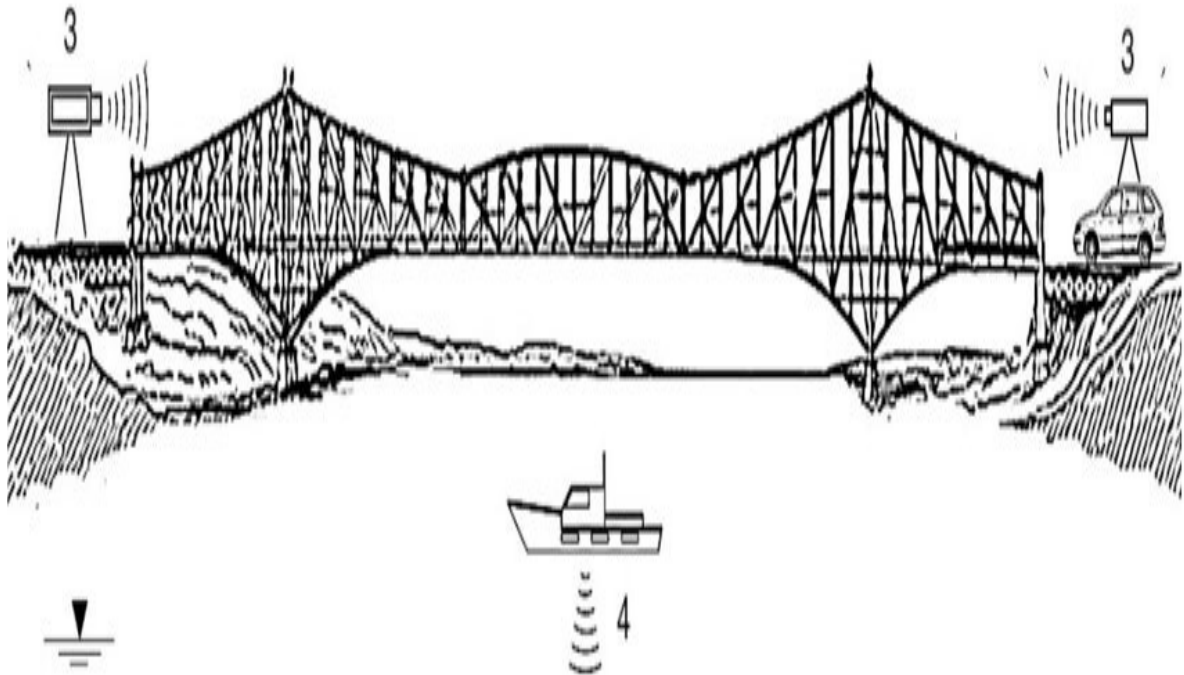
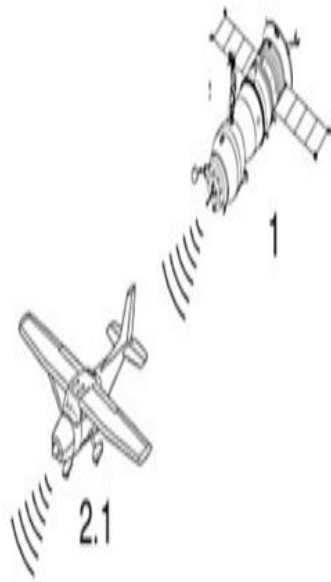


Figura 5. Tipos de sensores empleados por la teledetección en la actualidad.

Fuente: Adaptado de FHA, 2019

Geoestacionarios (meteorológicos)

Heliosincrónicos (terrestres)

Los primeros observan permanentemente un mismo punto de la tierra y se usan esencialmente con fines meteorológicos. Se encuentran ubicados sobre el plano ecuatorial a 35.786 km de altura y producen imágenes en el espectro visible, infrarrojo medio reflexivo y en el infrarrojo térmico. Su principal ventaja es la alta tasa de captura y transmisión de imágenes (aproximadamente cada 30 minutos). Los segundos, por su parte, tienen como objetivo central estudiar la tierra y los océanos, siendo proveedores de las imágenes más empleadas en los peritajes ambientales. Son de órbita circular, casi polar, ubicados a una altitud variable entre 700 y 900 km., de movimiento sincrónico con respecto al Sol, o sea giran alrededor de la Tierra siguiendo aproximadamente las mismas órbitas, con pasajes a la misma hora local y la misma iluminación sobre la superficie de la Tierra.

La selección del tipo de imágenes satelitales a ser usadas por parte del perito se basa esencialmente en su resolución:

Resolución espacial: distancia mínima entre dos objetos para que sean distinguibles, definida por el tamaño del píxel.

Resolución espectral: rango del espectro electromagnético en el que es captada la radiación reflejada desde la superficie de la Tierra por parte de los sensores que registran la información. Puede ser múltiple dado que los satélites pueden tener múltiples sensores.

Resolución temporal: es el tiempo que tarda el satélite en hacer dos pasadas sucesivas por el mismo lugar o el tiempo que media entre la provisión de dos imágenes sucesivas.

En general, a estas características deben agregarse la disponibilidad de los datos, tiempo de entrega, así como su costo. Entre las series de satélites en operación, se pueden destacar los siguientes: LANDSAT, SPOT (Systeme Pour l'Observation de la Terre), NOAA-AVHRR, RADARSAT, IKONOS, SAC, ASTER, QUICKBIRD, entre otros.

Sistemas aerotransportados

1. Sistemas de gran altitud (tripulados y no tripulados)

La aerofotogrametría es la especialidad que permite obtener imágenes aéreas con cámaras especiales sujetas a aviones a gran altura (tripulados y no tripulados), helicópteros, e inclusive globos aerostáticos, a partir de las cuales es posible determinar las características métricas y geométricas de la superficie de la Tierra por medio de fotografías. Pueden ser de dos tipos:

Fotografías aéreas verticales: los objetivos de las cámaras son colocados de manera perpendicular al suelo, capturando imágenes paralelas a la superficie terrestre. Se logran obtener imágenes con mayor uniformidad en una escala determinada.

Fotografías aéreas oblicuas: el eje de la cámara es posicionado en un ángulo hacia el suelo, capturando imágenes horizontales denominadas oblicuas altas.

Las plataformas aéreas no tripuladas de gran altura reciben nombres diversos, tales como HALE (High Altitude Long Endurance), o también HAPS (High Altitude Pseudo-Satellites) o (High Altitude Platforms Station) que pueden ser considerados como «pseudo-satélites» porque consideran conceptos y planteamientos que suelen seguirse en el campo de la tecnología de los satélites.

Los HAPS pueden utilizarse en situaciones de emergencias terrestres, como es el caso de inundaciones, terremotos, incendios de grandes dimensiones, por lo que aportan información al perito de mucho interés al poder programarse de manera expresa (área cubierta, resolución, otros). El problema principal surge de los altos costos de su uso en la actualidad.

2. Sistemas de baja altura

Los drones, por su parte, son equipos para la toma de datos cuando es necesaria una alta precisión o cuando es necesario relevar sectores locales muy específicos a bajo costo relativo. Transportan diversos tipos de cámaras que pueden ser intercambiadas según el objeto del relevamiento. Inclusive es posible emplear pares de cámaras de manera de lograr imágenes con estereoscopía. En los peritajes ambientales se pueden usar dos tipos de drones:

De ala giratoria: permiten acercarse al objetivo logrando altas precisiones (2 a 20 cm/píxel), velocidad baja, y tiempo de permanencia en el aire del orden de 20 min.

De ala fija: alta velocidad y mayor tiempo de permanencia en el aire (del orden de 2 horas para equipos con motor eléctrico y de 8 horas con motor térmico), con menor precisión (del orden de 50 cm/píxel).

En los peritajes suelen combinarse imágenes satelitarias con fotografías o imágenes provistas por drones, pudiendo complementarse con relevamientos

desde el aire que por lo general se asocian por medio de un control de campo a referencias terrestres y hechos existentes.

Sistemas terrestres

La adquisición de datos terrestres es un proceso mediante el cual procesos ambientales del mundo real (sistema analógico) son transformados en señales eléctricas y convertidas en formato digital para su procesamiento, análisis y almacenamiento en una computadora. Para ello se utiliza un módulo de digitalización o Tarjeta de Adquisición de Datos (DAQ).

Actualmente la colección de datos desde diversos lugares conforma un sistema que permite la posibilidad de registrar, transmitir y almacenar datos al momento de su producción desde Plataformas Remotas de Recolección de Datos (DCP). La recolección de datos ambientales en zonas remotas, carentes de conectividad, se realiza frecuentemente desde las DCP que cuentan con elementos de almacenamiento in situ, que pueden ser recuperados luego de un período de tiempo, dependiendo del acceso al lugar remoto, en forma manual. También existe la posibilidad que las DCP puedan transmitir los datos mediante conexiones directas o inalámbricas, sea por medio de telefonía filar, telefonía celular, sistemas que utilizan las trazas meteóricas para que las señales se reflejen o directamente mediante satélites.

En la actualidad en Argentina se usa el Sistema Satelital Argentino de Recolección de Datos Ambientales (SSARDA) para la transmisión satelital. Es un sistema que recolecta los datos ambientales transmitidos desde las DCP (fijas o móviles), sea desde la superficie terrestre o desde boyas en los océanos o ríos, o desde globos aerostáticos. En el SSARDA, los mensajes transmitidos a intervalos regulares son procesados en vuelo por el receptor DCS (Data Collection System Instrument) que forma parte de la misión SAC-D (Satélite Argentino de Aplicaciones Científicas D) de la CONAE. Los datos extraídos son almacenados junto con la telemetría y finalmente transmitidos a la Estación Terrena Córdoba (ETC) para su posterior procesamiento y distribución (Carlotto et al., 2013). También existen sistemas alternativos de provisión de transmisión satelital comerciales.

Las DCP pueden tener montados sensores de variables meteorológicas (temperatura, humedad, precipitación, radiación, viento, otros), hidrológicas (altura del agua superficial en un curso de agua o subterránea en un pozo de observación), calidad del agua (temperatura, turbidez, pH, conductividad, oxígeno disuelto, otros), calidad del aire, geológicas (sismos), ingenieriles (deformación o inclinación de estructuras como puentes o presas), fauna (registros fotográficos, sensores fijados a especies animales), entre otros.

Los datos recolectados se almacenan como series de tiempo, permitiendo describir las variaciones de una o varias variables fijas en un determinado lugar a lo largo del tiempo, brindando la posibilidad de analizar las condiciones del ambiente de manera multitemporal. Los datos pueden ser integrados en indicadores e índices de manera de lograr una visión global de un proceso ambiental (Gallopín, 1997; Gaviño Novillo, 1997b, 1999a).

La captura y recolección de datos se puede efectuar también mediante sensores en movimiento portátiles montados en vehículos terrestres. Un ejemplo de ello son las imágenes de Street View de Google captadas desde vehículos que llevan un dispositivo con 15 cámaras de 75 megapíxeles que fotografían en 360°, contando con sensores láser para determinar distancias entre un vehículo y su entorno, acoplados a una computadora que almacena la información en un disco rígido. En 2013 Google presentó el Google Trekker que es un sistema análogo, transportado por individuos que llevan una cámara con 15 lentes de veinte megapíxeles en una estructura en forma de mochila, que además incluye un set de baterías con autonomía de 3 horas, un módem para geolocalizar vía GPS las imágenes y un teléfono celular con una aplicación especial para sincronizar las capturas con la ubicación relativa de la observación. Estos sistemas permiten capturar las imágenes que pueden desplegarse en Street View con la aplicación Google Maps.

Hoy en día cualquier teléfono celular inteligente permite registrar imágenes, datos (altura, velocidad, ruido, otros), medir distancias, e inclusive ubicar el lugar de los registros de manera expeditiva.

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) consiste en una colección de 24 satélites GPS-Navstar de propiedad de los EE. UU. que provee alta precisión respecto a la información de posicionamiento y navegación las 24 horas del día. Los satélites orbitan constantemente a 19.200 Km sobre la superficie de la Tierra, transmitiendo la hora precisa y su posición en el espacio. Los receptores

GPS (celular, reloj electrónico, geoposicionador) captan la información recibida desde 3 a 12 satélites a partir de la cual determina la localización precisa de un receptor, como así también la velocidad y la duración de su movimiento, si lo tuviera. La ubicación surge de la triangulación de las señales provenientes de al menos 3 satélites que permiten una localización sobre la superficie terrestre.

La precisión espacial del GPS varía de 20-30 m (receptor único) a 1-5 m (GPS diferencial) para instrumentos de grado de navegación y precisión de nivel milimétrico para unidades geodésicas. Los sistemas de posición global se pueden utilizar no solo para capturar información espacial en un sistema SIG, sino también para evaluar y cuantificar la precisión espacial de los datos de mapas temáticos digitales existentes, así como para proporcionar puntos de control para fotografías aéreas existentes y otros datos obtenidos por medio de la teledetección.

El actual sistema GPS será reemplazado mediante la incorporación de tres nuevos elementos: el sistema de control GPS OCX, los satélites GPS III y los receptores MGUE (Military Gps User Equipment). El objetivo es aumentar la precisión del sistema y al mismo tiempo reducir su susceptibilidad a los ataques cibernéticos, interferencias y spoofing, por medio de una nueva encriptación de alto nivel y una resolución temporal aumentada. Se espera que estén totalmente operativos en 2023.

Sistemas acuáticos

Una sonda náutica es un instrumento para determinar la distancia vertical entre el fondo de un cuerpo de agua (lecho de un río, lago, embalse, lecho marino) y una parte determinada del casco de una embarcación. De acuerdo con el punto de referencia en el que se efectúa la medición, habrá que efectuar la reducción para elevar esa medida al plano de la superficie de flotación, determinando la profundidad del cuerpo de agua.

Una ecosonda es un sensor que emite ondas sonoras que al encontrar objetos sumergidos, sea el fondo de un cuerpo de agua o un pez, reflejan un eco que es recibido por el transductor del mismo sensor que procesa la velocidad de la onda

y el tiempo que tarda en rebotar el eco, interpretando estos datos como la profundidad, composición y consistencia del objeto. El cambio de frecuencia por efecto Doppler ocurrido en la onda como consecuencia del movimiento relativo de la fuente respecto al receptor es el responsable del resultado final, que podemos obtener en la pantalla del instrumento. Los datos pueden ser almacenados, registrados y georreferenciados.

El Perfilador de Corriente Acústico Doppler (ADCP) es un equipamiento acústico que permite medir, además de las condiciones de borde de un cuerpo de agua, el caudal de un río mediante efecto Doppler, transmitiendo pulsos sonoros de frecuencia fija, «escuchando» el eco que retorna de las partículas en suspensión en el agua (sedimentos y plancton). Estos materiales en promedio se mueven con la misma velocidad de la masa del agua en que se encuentran.

Temas periciales que pueden apoyarse en la geoinformática y la teledetección

El apoyo de la geoinformática y la teledetección

El trabajo pericial en temas ambientales desde su advenimiento se ha apoyado en diversas ramas de la ciencia como la química, la biología, la microbiología, la genética, la estadística, la ingeniería, entre otras, habiendo incluido en los últimos 20 años los desarrollos tecnológicos que provienen de la geoinformática y la teledetección, aplicando las diferentes herramientas descritas de manera aislada o combinada previamente.

Los temas en los cuales el perito ambiental puede auxiliarse con estas herramientas son muy amplios, sin que sea posible describir las múltiples opciones disponibles. No obstante, se ha elaborado una Lista de Verificación (check list) de actividades en las cuales el peritaje ambiental puede apoyarse en la geoinformática y/o la teledetección, incluyendo algunas preguntas que es posible responder mediante el empleo de estas nuevas técnicas, orientando el trabajo pericial (Ver ANEXO al final de este capítulo).

Como surge de dicha lista, los temas no solo se centran en la contaminación del agua, el aire o el suelo, sino también en el daño a especies y hábitats protegidos (deforestación, incendios), al cambio de propiedades microclimáticas de un sitio (embalses de agua, desarrollo urbano), estimaciones de temperatura de la superficie terrestre, la caracterización de la estructura urbana, la deformación de un puente o el desvío de un curso de agua. Es posible, inclusive, determinar el alcance de la contaminación en el agua por diversos episodios como vertidos de hidrocarburos o floraciones algales, entre otros. Estas técnicas pueden ser empleadas para la determinación de ciertos impactos que no pueden derivarse directamente mediante mediciones directas, pero sí por medio de variables proxy de manera altamente precisa, como por ejemplo la densidad y grado de urbanidad, alcance de islas de calor urbano, distribución del polen, otros.

Una de las grandes ventajas de estas técnicas, como fuera descrito, surge de la posibilidad de evaluar un daño de manera comparativa con una condición de referencia (línea de base) que puede ser histórica o un sitio con características similares que no ha sido afectado (enfoque BACI: before, after, control, impact, Gaviño Novillo, 1999).

Limitaciones

Aunque la teledetección puede aportar al peritaje ambiental datos para comprender y cuantificar diversas afectaciones al ambiente, persisten algunas limitaciones. Los sensores remotos están limitados a identificar fenómenos que son detectables por la radiación electromagnética reflejada desde la superficie de la Tierra, por lo cual las toxinas ambientales, prácticamente invisibles para los sensores, por ejemplo, no son detectables. Este problema se ejemplifica cuando la contaminación del agua y el suelo es indetectable o si el contaminante no afecta la apariencia de la superficie de la Tierra o la vegetación u otra variable como indicadora. Tampoco se puede obtener información sobre el interior de las viviendas u otras condiciones edilicias.

Así también, considerando que el ruido o la contaminación del aire están sujetos a una gran variabilidad espaciotemporal, la evaluación de la resolución granular de toxinas a nivel del suelo a partir de mediciones de la teledetección no logra

alcanzar la precisión que es posible obtener de estudios epidemiológicos. Sin embargo, investigaciones sobre la exposición pueden apoyarse en el modelado por información espectral y contextual, o la densidad de la red de calles para estudios de tránsito o la abundancia de espacios verdes.

Conclusiones

La utilización de la geoinformática y la teledetección brinda un claro apoyo a la tarea del perito aportando evidencia sobre la ubicación, magnitud, extensión, duración, ocurrencia, cambios del estado del ambiente por medio de hechos que deben ser analizados en el marco de un litigio o un proceso de toma de decisión. A partir de su uso es posible llevar a cabo análisis espaciales cuantitativos apoyando las descripciones con información precisa sobre las características ambientales, que además pueden ser mapeadas y monitoreadas en diversos espacios y distintas escalas, poniendo de relieve la situación sobre el estado del ambiente en diversos momentos, permitiendo verificaciones o constataciones.

Si bien es relativamente reciente la aceptación de este tipo de tecnologías en las diversas instancias judiciales, la interpretación, análisis y síntesis de la información aportada por la geoinformática y la teledetección al perito, combinada con la experiencia propia, capacidad de análisis y juicio crítico permiten una nueva generación de evidencias en un Informe Pericial, contribuyendo al esclarecimiento de un hecho con base en evidencias sólidas y robustas. Esto, sin duda brinda una potencialidad a los peritajes sin precedentes como resultado de la amplia variedad de fuentes de información y análisis posterior de los datos, desencadenando un cambio del enfoque de las investigaciones en el ámbito de la justicia ambiental, ya que permite llevar a cabo análisis a nivel nacional o incluso internacional, al tiempo que mantiene la alta resolución espacial, necesaria para estudios de nivel local.

No es necesario que el perito ambiental se vuelva un especialista en geoinformática o teledetección, dado que estas herramientas requieren destrezas cada vez más complejas y precisas, pero es recomendable que conozca desde una visión epistemológica el amplio abanico de posibilidades que brindan estas herramientas para su trabajo. Ese ha sido el enfoque aplicado al presente

capítulo.

Referencias bibliográficas

Alves, R. A.; Russo, D.; Magliano, M.; Blum, M. L. (2012). «Fundamentos de geoprocessamento aplicado a perícia». En: Tocchetto, D. Perícia ambiental criminal, 2 Ed. Campinas, Millennium Editora.

Aragão, F. M.; Araújo, F.A.S. (2014) Remote sensing in the environmental expertise of the public ministry of the State of Piauí: case study, Engineering Sciences, Universidade Estadual do Maranhão, Brasil, DOI: 10.6008/SPC2318-3055.2014.002.0002.

Carlotto, A., Juárez, J. M.; Sager, G. (2013) Introducción al Sistema Satelital Argentino de Recolección de Datos Ambientales (SSARDA), Segundas Jornadas de Investigación y Transferencia, Grupo de Investigación y Desarrollo en Comunicaciones Digitales (GrIDComD) Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata.

Clark Davenport, G. (2018) Remote Sensing Technology in Forensic Investigations. Geophysical Techniques to Locate Clandestine Graves and Hidden Evidence, Routledge Focus, CRC Press Taylor & Francis Group Boca Raton.

ESA (2020)

http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_ES/SEMO1U3FEXF_0.html

FAO (1998) GIS Policy Group, Report of the FAO task force on FAO GIS Datasets inventory. Internal FAO Document. Rome, FAO. 51p.

Gallopín, G. (1997) Sustainable indicators. Report of the project on indicators of sustainable development, Scope 58, Edit. B. Moldan y S. Billharz, London, Wiley.

Gaviño Novillo, M., Cielli, P. (1997a) Sistema de información territorial para el monitoreo, manejo, y gestión de recursos fluviales y lacustres compartidos entre

Argentina y Chile, Séptima Conferencia Internacional sobre Conservación y Gestión de Lagos, IILEC, San Martín de los Andes, Argentina.

Gaviño Novillo, M. (1997b). Indicadores ambientales y su aplicación, Textos seleccionados, Cátedra UNESCO para el Desarrollo Sustentable, FLACAM, La Plata, Argentina.

Gaviño Novillo, M. (1999a), Sistemas de información ambiental, Módulo 1. Tema 2: Políticas ambientales e instrumentos de gestión ambiental, Cátedra Gestión Ambiental, Departamento de Hidráulica, Facultad de Ingeniería, UNLP, 32 pp.

Gaviño Novillo, M. (1999b) Instrumentos para la gestión de los recursos hídricos compartidos con la República de Chile, 3 Taller de Cuencas de Recursos Hídricos Compartidos, Coyhaique, Chile.

Gaviño Novillo, M. (2012) Diseño e implementación del sistema de información territorial (SIT PEHUENCHE), Programa Paso internacional Paso Pehuenche Argentina-Chile, Informe final, 1ra etapa, Convenio Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública - Dirección de Vinculación Tecnológica, Universidad Nacional de La Plata.

Giraut, M., Gaviño Novillo, M.; Ludueña, S. (1997a) GIS Methodology Applied to Water Resources Management in Argentina's Territory, Proceedings ESRI User Conference, San Diego, California.

Giraut, M. (2009b) Sistemas de información, Apuntes, Curso de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, Universidad de Buenos Aires-Instituto Argentino de Recursos Hídricos, Buenos Aires, Argentina.

Godio, L. (2014) Las imágenes y datos satelitales como medios de prueba en procesos administrativos y judiciales locales. Algunos debates sobre su admisibilidad y autonomía, Instituto de Investigaciones Jurídicas, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Biblioteca Jurídica Virtual.

Jalinoos, F., Agrawal, A. K., Brooks C., Amjadian, M., Banach, D., Boren, E. J., Dobson, R., Ahlborn, T. (2019) Post-Hazard Engineering Assessment of Highway Structures using Remote Sensing Technologies, Report No. FHWA-HIF-20-004, U.S., Research, Development, and Technology Turner-Fairbank Highway Research Center, Department of Transportation, Federal Highway

Administration

Koontz, L. (2003) Geographic information systems: challenges to effective data sharing, Information Management Issues, United States General Accounting Office, GAO-03-874T

López, M. (1993) Fotointerpretación y fotogrametría, EUIT Topográfica, UPM, Madrid.

Sarandón, R.; Gaviño Novillo, M. (1995) La naturaleza multivariable del ambiente. Documentos AMBIENTE. Serie Desarrollo Sustentable N° 2, La Plata, Argentina.

Sarandón, R., Gaviño Novillo, M., Giraut, M., Guerrero Borges, V. (1999) Aplicación de indicadores de fragilidad ecológica en las evaluaciones ambientales, Statistics and Environment, Jorma VI. Páginas 101-115.

Williams, S. M. (2009) La información satelital como prueba en litigios nacionales e internacionales, Revista del Colegio de Abogados de la Ciudad de Buenos Aires, Tomo 69, Número 1, julio de 2009, Buenos Aires, pp. 153-63.

ANEXO

Lista de verificación (check list) de actividades en las cuales el peritaje ambiental puede apoyarse en la geoinformática y/o la teledetección

1. Deforestación y quema de vegetación

- ¿Cuál es la ubicación geográfica y superficie del área investigada?
- ¿Hubo deforestación / quema?
- ¿Cuál fue el propósito?
- ¿Cuál es el tipo de vegetación afectada?
- ¿Ha causado daños directos o indirectos a un área protegida, entendida como cualquier unidad de conservación?
- ¿Hubo afectación a especies protegidas o en peligro de extinción (reservas biológicas, parques nacionales, monumentos naturales y/o refugios de vida silvestre, áreas de interés ecológico, bosques protegidos, reservas de fauna, reservas privadas del patrimonio natural)?
- ¿Qué otros riesgos o daños ambientales pudieron ser causados, directa e indirectamente a los medios físicos (suelo, aire y agua), bióticos (flora y fauna) y antrópicos, como resultado de la deforestación / quema?
- ¿Cuál sería el área técnicamente posible de recuperar? ¿superficie?
- ¿Es posible proporcionar información para una estimación del valor monetario del daño directo y/o indirecto causado al ambiente considerando el lapso de tiempo entre la ocurrencia del daño y el tiempo requerido para restaurar los servicios ambientales afectados mediante un análisis multitemporal?

2. Extracción de rocas, tierra, arena y otros minerales (minería de tercera categoría) o rellenos clandestinos con tierra u otros residuos (pavimento sobrante)

- ¿Cuál es la ubicación geográfica y superficie del área investigada?
- ¿Cuál es el volumen estimado de la extracción?
- ¿Qué tipo de materiales se extrajeron? ¿rocas, arena, grava, cal, arcilla o algún tipo de mineral de un cuerpo de agua afectado como el lecho de un río, canal o una playa fluvial, lacustre o marina (dunas)?
- ¿Hubo extracción de tierra desde un yacimiento clandestino (cantera)?
- ¿Hubo relleno de tierra, escombros, residuos sólidos domésticos o industriales?
- Si hubo una autorización ¿se realizó de acuerdo con el permiso, concesión o licencia recibida?
- Las intervenciones resultantes, ¿han causado y/o están causando daños directos o indirectos que puedan ser detectados/cuantificados por la percepción remota?
- ¿Impide u obstaculiza la regeneración natural de la vegetación nativa?
- ¿La extracción puede afectar especies de fauna en ríos, lagos, embalses, costas marinas u otros cuerpos de agua?
- ¿Afecta nidos o refugios de especies silvestres protegidas? ¿puso en riesgo una ruta de migración?
- ¿La eventual recuperación del área investigada se hizo en el área indicada según los términos de las especificaciones del órgano competente/ interviniente?
- ¿Es técnicamente posible recuperar el área degradada? ¿ubicación, superficies, volúmenes?
- ¿Es posible proporcionar información para una estimación del valor monetario del daño directo y/o indirecto causado al ambiente considerando el lapso de

tiempo entre la ocurrencia del daño y el tiempo requerido para la restauración de los servicios ambientales afectados?

3. Basureros de residuos sólidos urbanos

- ¿Cuál es la ubicación geográfica y la superficie del área investigada?
- ¿Qué tipos de residuos sólidos se depositan en el sitio?
- ¿Se trata únicamente de RSU? ¿se trata de un destino temporario? ¿cuál es el destino final?
- ¿Se trata de vertederos de residuos electrónicos? ¿depósitos de vehículos (cementeros de automóviles)?
- ¿Se trata de vertederos de envases o productos agroquímicos?
- ¿Se trata de vertederos de basura urbana (escombros, residuos de poda de vegetación)?
- ¿Existe una delimitación física natural o artificial del área del basurero?
- ¿El sitio es adecuado para esta actividad? ¿se encuentra en un área de menos del 30 % de pendiente, en las banquetas de una ruta o camino, a una distancia mínima de 300 metros de cursos de agua, a una distancia mínima de 500 metros de los centros de población?
- ¿Se ubica en un área de preservación? ¿coincide la autorización con el área efectivamente afectada?
- ¿Se pueden anticipar conflictos debido a la expansión urbana hacia los basureros clandestinos?
- ¿Las rutas o caminos de transporte de materiales y/o acceso pueden generar afectaciones a la población?
- ¿Qué riesgos y daños ambientales directos e indirectos a los medios físicos, bióticos y antrópicos puede generar la presencia del basurero?

4. Minería (de primer y segundo orden)

- ¿Cuál es la ubicación geográfica y superficie del área investigada?
- ¿Qué minerales se explotan?
- ¿Cuáles son las áreas en explotación? ¿cuál es el volumen estimado de la extracción?
- ¿Las actividades operativas causaron y/o están causando algún tipo de contaminación en los cursos o cuerpos de agua cercanos? ¿Afectan en algún grado a la vegetación cercana?
- ¿Hay evidencia de algún riesgo y/o daño ambiental directo o indirecto a los medios físicos, bióticos y antrópicos como afectación al drenaje natural?, ¿otros servicios ambientales?, ¿erosión del suelo como consecuencia de las actividades de operación?
- Frente a un abandono de las actividades ¿es factible restaurar las áreas degradadas?
- De existir pasivos ambientales ¿es posible precisar el área afectada?, ¿calcular el volumen de materiales?

5. Contaminación del aire

- ¿Cuál es la ubicación del área afectada?
- ¿Es posible detectar alguna emisión, emanación, liberación o dispersión de materiales o contaminantes a la atmósfera?
- ¿Es posible determinar el área afectada por la emisión y dispersión de materiales o contaminantes en la atmósfera?
- ¿Hay alguna afectación a áreas naturales protegidas?
- ¿Hubo daños irreversibles a la flora o al medio ambiente en general? ¿hubo

alguna lesión corporal (daño fisiológico a terceros) de naturaleza grave o muerte de otros?

- ¿La contaminación verificada resultó en daños a la salud humana? ¿causó la muerte de animales? ¿causó la eliminación, aunque sea momentánea, de los habitantes de las áreas afectadas? ¿causó daño directo a la población?
- ¿El organismo competente ha notificado a la persona responsable de la contaminación del aire que tome medidas de precaución en caso de riesgo de daños ambientales graves o irreversibles? Si es así, ¿llevó a cabo las medidas pertinentes?
- Relacionar los otros riesgos ambientales directos e indirectos y los daños físicos, bióticos y antrópicos, derivados de la actividad en cuestión. Especifique si ha habido una disminución en las aguas naturales, erosión del suelo o cambios en el régimen climático y daños a otros servicios ambientales afectados por la actividad.
- ¿Qué intervenciones son necesarias para recuperar el daño ambiental causado? Especificar.
- Si es técnicamente imposible recuperar completamente el área degradada, proporcione una estimación de la valoración monetaria de los diversos impactos causados, directa e indirectamente, al medio ambiente, considerando el lapso de tiempo entre la ocurrencia del daño y el tiempo requerido para la restauración de los servicios ambientales afectados.
- Haga cualquier otra consideración necesaria.

6. Contaminación del agua

- ¿Cuál es la ubicación del área afectada?
- ¿Existen tomas de agua para abastecimiento de agua para uso doméstico? ¿riego?
- ¿Existen captaciones alternativas de agua subterránea? ¿hay un perímetro de protección? ¿de qué dimensiones?

- ¿Cuáles son los accesos al lugar del vertido? ¿existe alguna evidencia del lugar de vertido?
- ¿La emisión de efluentes puede afectar algún cuerpo de agua cercano (ríos, lagos naturales o artificiales u otros cuerpos de agua)?
- El área circundante ¿es urbana?, ¿rural? ¿hay población que puede ser directamente afectada aguas abajo?
- ¿Es necesario interrumpir el abastecimiento de agua?
- ¿Es posible relacionar la contaminación con otros riesgos y daños ambientales directos e indirectos a los medios físicos, bióticos y antrópicos, resultantes?
- ¿Es técnicamente posible identificar las áreas a recuperar?

7. Saneamiento de excedentes hídricos

- ¿Cuál es la ubicación del área investigada?
- ¿Hubo un desvío total o parcial de algún curso de agua?
- ¿Cuál es la cuenca de aporte? ¿cuál es traza de las obras? ¿tipo de obras? ¿dimensiones?
- ¿Las obras de drenaje son clandestinas?
- ¿Cuál es el objetivo del saneamiento? ¿existen áreas productivas saneadas? ¿superficies?
- ¿Cuál es el cuerpo receptor de los excedentes hídricos?
- ¿Hay áreas anegadas por las obras? ¿superficies? ¿actividades productivas en las mismas?
- ¿Cuál es el catastro del área? ¿propiedades afectadas? ¿cantidad? ¿tipo de actividad?
- ¿Hay viviendas o infraestructura rural afectada? ¿infraestructura crítica

afectada, como electroductos, oleoductos, caminos rurales?

- ¿Cuáles son las dimensiones de los canales, zanjas, desagües abiertos (largo, ancho y profundidad)?
- ¿Las obras afectaron áreas protegidas? ¿afectan sitios de nidificación o refugios de vida silvestre protegidas?
- ¿Es posible determinar si es posible recuperar el área degradada?

8. Desarrollo urbano

- ¿Cuál es la ubicación, tipo y el alcance del desarrollo? ¿hay un Master Plan? ¿tamaño y distribución de los lotes?
- ¿Se respetaron las áreas de reserva no edificables? ¿se dejaron libres las áreas de dominio público?
- ¿Es un barrio cerrado? ¿country?
- ¿Es posible identificar la densidad urbana del área circundante?
- ¿Es posible superponer los planos de servicios de infraestructura básica con el área del proyecto?
- ¿Cuál es la zonificación urbana del área y su compatibilidad con el/los nuevos desarrollos?
- ¿Hay obras de drenaje? ¿traza? ¿cuerpo receptor? ¿tipo de obras?
- ¿Existen basurales a cielo abierto en el área?
- ¿Cuáles son los accesos al área? ¿Es posible determinar el incremento del flujo de tránsito?
- ¿El proyecto afecta a la vegetación local? ¿Cuál es el tipo de vegetación afectada?

9. Contaminación acústica

- ¿Cuál es la ubicación del área investigada?
- Identificar las actividades o fuentes de sonido y ruido.
- ¿Estas actividades están autorizadas?
- ¿Cuáles son los límites máximos de decibelios (dB) establecidos por la legislación vigente bajo los parámetros relacionados con: a) tipo de actividad; b) lugar (zona) donde se ejerce; c) horarios (día y noche)?
- ¿Cuáles son los niveles de presión sonora en decibeles (dB)? Indique la fecha y hora de cada medición.
- ¿Los resultados de las mediciones realizadas superaron los límites establecidos en la legislación pertinente, caracterizando la práctica de la contaminación acústica?
- ¿Cuál es la población afectada dentro de la campana de sonido?

10. Patrimonio construido y sitios arqueológicos

- ¿Cuál es la ubicación exacta del área afectada?
- ¿Cuáles son las dimensiones?
- ¿Cuándo fue construida/descubierta la propiedad y por quién? ¿Cuáles son sus destinos a lo largo del tiempo?
- ¿Cuál es el área afectada? ¿Existen peligros de derrumbe, deterioro, inundación artificial? ¿Construcción o desarrollo de nueva infraestructura?
- Indicar si la importancia de la propiedad se debe a su valor cultural (histórico, arquitectónico, paisajístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico, turístico, científico, etc.)
- ¿Cuáles son las intervenciones alrededor del área? ¿Tiene el sitio intervenciones antrópicas que comprometan su integridad?

LOS RIESGOS AMBIENTALES Y LA SALUD COMUNITARIA

■

Karina Gómez Aguirre

Médico toxicólogo clínico y laboral. Especialista en la Evaluación de Contaminación Ambiental y su Riesgo Toxicológico. Docente universitario de Universidad Nacional de La Plata, Universidad Católica de La Plata y Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

Contacto: kpgaguirre@yahoo.com.ar

Introducción

Los riesgos ambientales son una nueva preocupación que debe estar presente en las decisiones de las organizaciones. La legislación ambiental sanciona severamente a las personas físicas o jurídicas que dañen o contaminen el ambiente. Una forma de definirlos es como la probabilidad de ocurrencia que un peligro afecte directa o indirectamente al ambiente y a su biodiversidad, en un lugar y tiempo determinado, el cual puede ser de origen natural o antropogénico.

Hoy en día se nos presenta el desafío de enfrentar los riesgos ambientales asociados a la producción económica, los cuales son de una magnitud tal, que muchas veces las empresas desconocen o se resisten a mensurar, especialmente los riesgos de contaminación ambiental a comunidades vecinas. En el marco de la gestión empresarial, la identificación de los factores de riesgo ambiental y de sus efectos potenciales, debería ser el objetivo de distintos tipos de auditorías, necesarias ya sea para la implantación y mantenimiento de sus Sistemas de Gestión Medioambiental, los cuales pueden ser certificados según las normas ISO 14001, o por el Reglamento del Sistema de Gestión y Auditoría Medioambiental (EMAS), entre otros.

Podemos brindar múltiples ejemplos de casos de contaminación ambiental, entre los cuales los más conocidos internacionalmente son Seveso (Italia), Bhopal (India), Chernóbil (Rusia), Exxon Valdes (Alaska), los cuales nos muestran la relevancia de los daños económicos y su posible impacto sobre la salud de las personas y el ambiente, que derivan de una falta de responsabilidad en la materia.

Actualmente, las organizaciones tienen el desafío de enfrentar una serie de metas relacionadas con los cambios en los estilos de gestión, la satisfacción de los clientes, el cuidado y la preservación del ambiente, y el uso adecuado de los recursos ambientales. De ahí que la implantación, en las organizaciones, de sistemas de gestión ambiental eficaces contribuye a mejorar su competitividad en el marco de la regionalización y globalización económica actuales.

Para ello, se requiere contar, además del compromiso de la máxima dirección de las organizaciones, con personal calificado y motivado para diseñar, implementar y monitorear esquemas de gestión y desempeño ambientales, que les permita a aquellas acceder a certificaciones y reconocimientos nacionales y externos de dichos sistemas.

Esta estrategia debe considerar los siguientes contenidos:

Identificar los costos ambientales indeseados, generados por el ciclo producción-consumo que se superpone y perturba al ciclo ecológico natural. Póliza de seguro ambiental.

Cuantificar los costos ambientales, asumiéndolos como una inversión (habilitaciones, certificaciones, cambio de tecnología, cambio de materias primas, adecuaciones).

Asignar las responsabilidades en los cargos de conducción y toma de decisiones. (Línea ascendente de responsabilidad civil y penal y dentro de la administración pública, contencioso administrativo).

Analizar el proceso de transferencia de dichos costos al producto final de comercialización.

La gestión ambiental, así orientada, debe brindar, como resultado, una disminución en los costos de impactos ambientales.

El esfuerzo de minimizar los costos ambientales en la industria desencadena en ella modificaciones profundas, que no sólo afectan a la forma de producir, sino que repercuten en la selección de objetivos sociales, en los procesos de investigación y desarrollo de nuevas líneas de productos, en la estrategia comercial, en los esquemas organizativos y en sus sistemas de gestión y control, en la política empresarial.

El resultado final debe ser el aumento de la competitividad como consecuencia de la integración de la función ambiental a la gestión de calidad total de la empresa.

La actividad empresarial está actualmente inserta en una economía sin fronteras caracterizada por:

la regionalización de mercados (UE, NAFTA; MERCOSUR, DE LAS AMÉRICAS),

globalización económica (caída de barreras arancelarias, incidencia de barreras no arancelarias sanitarias, ambientales, etc.). Como consecuencia de esto, sólo sobrevivirán, se mantendrán y desarrollarán las organizaciones eficientes, competitivas y capaces de transformar las dificultades en oportunidades orientadas a satisfacer las expectativas y necesidades de los clientes, que en última instancia es la expresión de la capacidad de competitiva de la organización.

La competitividad empresarial es un término que se define como la capacidad de un negocio para producir y vender productos o servicios que cumplan con la calidad de los mercados, al mismo precio o con precios más bajos, maximizando los rendimientos de los recursos consumidos para producirlos, en la que el valor está representado por la ecuación de tres términos: calidad - precio/expectativas - preocupaciones ambientales/prevenición de riesgos - calidad de vida.

Definición de acciones para lograr y mantener la competitividad

Planificación estratégica.

Desarrollo sostenible - Cuidado ambiental - Calidad de vida.

Optimizar procesos y funciones.

Benchmarking, que es el proceso continuo en el cual se toma por referencia los productos o servicios de las empresas que son líderes en el sector en el que se desarrolla nuestra empresa y compararlo con los propios, a fin de analizar las mejoras necesarias, para su futura implementación.

Reducción, minimización, eliminación, reciclaje, reutilización de residuos - prevención de riesgos ambientales.

Capacitación /Motivación /Involucramiento de todos los trabajadores.

Conocimiento y respuesta de las partes interesadas.

Introducción de la gestión ambiental por procesos.

Sistema de Gestión Ambiental (SGA)

El Sistema de Gestión Ambiental (SGA) es parte del sistema total de gestión de la empresa; un SGA aislado y no integrado con el resto de la organización no sería eficiente (se refiere a lograr las metas con la menor cantidad de recursos), ni eficaz (alcanzar las metas establecidas en la empresa).

El SGA puede ser descrito como el complejo de:

1. acciones programadas y coordinadas,

2. procedimientos operativos implementados. De una específica estructura organizativa, dotada de recursos y credibilidad, y con responsabilidades definidas y dirigidas a:

- la prevención de los impactos negativos, de riesgos de accidentes para los trabajadores, para las comunidades y el entorno circunstante, pérdidas de producción, residuos, etcétera, y
- a la promoción de actividades que mantengan y/o mejoren la calidad medioambiental y como resultado de ello, la calidad de vida.

En particular SGA tiene el objetivo de ayudar a la empresa a:

identificar y valorar probabilidad y dimensión de los riesgos ambientales derivados de la actividad (diagrama de flujo de la producción de la empresa);

valorar los impactos ambientales y sociales de las actividades de la empresa sobre el entorno.

definir los principios fundamentales que motivaran los ajustes que deberá adoptar la empresa para cumplimentar con sus responsabilidades ambientales;

establecer a corto, mediano y largo término objetivos de mejoras ambientales, en relación con los costos y beneficios;

valorar los recursos necesarios para lograr estos objetivos, asignándolos a las áreas responsables;

elaborar protocolos específicos y capacitar a los trabajadores a fin de lograr su compromiso en su puesto de trabajo, de modo que su accionar contribuya a minimizar o eliminar impacto negativo sobre la empresa y su entorno;

comunicar la responsabilidad e implicancia del trabajo a los distintos niveles de la organización y formar a los empleados para un mejor desempeño y compromiso ambiental;

medir los parámetros ambientales derivados de los procesos de producción con referencia a los estándares establecidos y a los objetivos, y aportar las modificaciones necesarias;

efectuar la comunicación interna y externa de los resultados conseguidos, con el objetivo de motivar a todas las personas implicadas para un logro de mejores resultados.

Hoy en día, a través de los medios de comunicación, podemos tener alguna referencia sobre las «normas ISO»; estas referencias siempre se relacionan con la calidad de los productos o los servicios que venden u ofrecen las empresas. Es por ello, que las empresas que logran alcanzar la calificación «ISO» lo publicitan como un importante logro empresarial.

Sistema ISO 14.000

En la economía global actual, las iniciativas de los gobiernos de los países industrializados generan constantes presiones al mercado internacional a fin de que adopten las normas ISO, caso contrario supone dejarlas fuera de los mercados principales («ISO 14000 and the Next Generation of Environmental Protection Tools», discurso del Sr. James Save, Secretario del Departamento de Protección Ambiental ante el Senado de los Estados Unidos el 20/3/96).

Las normas ISO organizan un sistema que puede ser usado por empresas de todos los tamaños y tipos, en todo el mundo. Estos estándares pueden ser aplicables a todos los sectores de la empresa, por lo que pueden ser implementados en toda la organización o sólo en áreas específicas (producción, ventas, administración, depósitos, transporte, desarrollo, etc.). No hay una actividad industrial o de servicios específica o excluyente para aplicar estas normas.

Cambios necesarios para adecuarse a las normas ISO 14.000

La adopción de estas normas obliga a la compañía a darle al tema ambiental una estructura específica con fondos asignados para conseguir las mejoras ambientales que se exigirán y para reducir los costos ambientales a través de estrategias como, por ejemplo, la prevención de la contaminación. Dicha estructura debe encuadrarse sobre la estructura productiva y no fuera de ella, ya que no es otra estructura, sino una nueva visión; es un proceso de interiorización e incorporación de pautas y conductas de gestión ambiental de los procesos de la empresa.

El objetivo final de las normas ISO 14000

Las normas ISO 14.000 configuran un sistema que esencialmente privatiza las regulaciones ambientales. Sus exigencias ambientales del comercio internacional pasan a ser, sobre todo en países en vías de desarrollo, una prioridad incluso mayor, que el cumplimiento de las regulaciones nacionales o locales, ya que muchas veces sus metas son superadoras de los marcos normativos. Como consecuencia de ello, se fortalece el autocontrol de los establecimientos industriales en el cuidado del ambiente y se valorizará la figura de la auditoría ambiental, ya sea interna (por la propia empresa) como externa (por consultoras o por organismos gubernamentales, como parte del proceso de habilitación o certificación o de oficio, o de la justicia). Puede considerarse a las normas ISO 14.000 como un sustituto de los tradicionales programas de regulación ambiental en los países con normas ambientales blandas o como una apoyatura en países más desarrollados.

Por ahora, los estándares no reemplazan los objetivos de política ambiental previstos en las regulaciones nacionales y municipales.

Beneficios que la Empresa obtendría con la certificación ISO 14000:

Organizar un sistema de gerenciamiento ambiental y/u optimizarlo.

Organizar un sistema de auditoría ambiental interna estandarizado y reconocido.

Desarrollar un procedimiento para demostrar que se cumple con el sistema de gerenciamiento ambiental, sea para un tercero (el propio Estado, por ejemplo) o un cliente.

Permite declarar públicamente que la empresa cumple con toda la legislación ambiental y obtener como los beneficios la revalorización «verde» o «ecológica» de los productos y/o marcas.

Ayuda a cumplir con la legislación ambiental, disminuyendo la exposición de la empresa a conflictos como litigios ambientales, ya sea penales como civiles, o multas.

Se podrá acreditar el cumplimiento de la empresa en aquellos negocios donde la gestión ambiental sea un factor determinante para cerrarlos.

Acompaña a las fuerzas del mercado cuando exigen producción «verde» o «ecológica».

Se obtiene un mayor beneficio económico derivado de una mayor eficiencia en el uso de los recursos (políticas de ahorro para la empresa: el rehúso, el reciclaje y/o la recuperación adecuados).

Proporcionará una mayor capacidad de adaptación a las circunstancias cambiantes.

Los elementos necesarios, por parte de la empresa, para certificar ISO 14.001 son:

1. Política ambiental.
2. Planeamiento.

- 2.1 Aspectos ambientales.
- 2.2. Aspectos legales y administrativos.
- 2.3. Objetivos y propósitos.
- 2.4. Organización de los programas de manejo ambiental.
- 3. Implementación y operación.
 - 3.1. Estructura y responsabilidad.
 - 3.2. Entrenamiento, conocimiento y competencia.
 - 3.3. Comunicación.
 - 3.4. Documentación del sistema de gerenciamiento ambiental.
 - 3.5. Documentos de control.
 - 3.6. Operaciones de control.
 - 3.7. Preparación para la contingencia y respuesta.
- 4. Acciones de control y correctivas.
 - 4.1. Monitoreo y mediciones.
 - 4.2. Revisión continúa de las acciones correctivas y preventivas.
 - 4.3. Registros.
 - 4.4. Sistema de auditoría de gerenciamiento ambiental.
- 5. Examen del gerenciamiento.

Los beneficios para la empresa

A continuación, detallamos algunos de los beneficios antes citados, que pueden esperarse de una política ambiental mejorada:

Ahorro de costes

Las organizaciones que fomentan iniciativas para mejorar su actuación ambiental global, tales como los sistemas de gestión ambiental (SGA), así como tecnologías más limpias o programas de reducción de generación de residuos, han demostrado su habilidad para generar ahorros considerables.

El proceso de implantación de la ISO 14001 permitirá a la empresa identificar el uso de los recursos y la falta de eficacia, y le proporcionará un marco de trabajo para evaluar las oportunidades y posibilidades de ahorro de costes.

Incremento de la eficacia

La eficacia es la capacidad de alcanzar el efecto deseado tras la realización de una acción.

La implantación de un SGA también incrementa por sí misma la eficacia de la empresa, tanto si se trata de un mejor uso de las materias primas o como de la calidad de los productos. Un SGA proporciona a la organización una visión general de sus operaciones y posibilita la mejora de los procesos y un incremento de la eficacia. Igualmente, el desarrollo de un SGA posibilitará identificar y corregir otros problemas internos de gestión, si los hubiere, y le proporcionará eficacia mediante la integración operativa con otros sistemas de gestión de la compañía.

Mayores oportunidades de mercado

Una de las razones fundamentales de implementar la Norma ISO 14001 fue reducir las barreras comerciales arancelarias, generando al mismo tiempo un

compromiso con la actuación ambiental a escala global. Asimismo, el desarrollo de un sistema de gestión ambiental (SGA) aceptado internacionalmente representa evidentes ventajas en el mercado internacional. Un SGA con ISO 14001 no sólo puede mantener la posición de la organización en los mercados internacionales, sino que además puede servir para incursionar otros nuevos.

La gestión ambiental efectiva es un aspecto clave de buena práctica comercial que permite a las empresas obtener ventajas de las oportunidades de mercado y controlar los impactos medioambientales de sus operaciones (EMAS: Positioning Your Business, Business in the Environment and Coopers & Lybrand, Londres, 1995).

Mayor habilidad para cumplir con la legislación y regulaciones ambientales

Es uno de los requisitos fundamentales de la ISO 14001 conocer y comprometerse a cumplir la legislación y las regulaciones ambientales que sean relevantes para la empresa.

Consecuentemente, un SGA funcional es, sin duda, un paso en la dirección correcta para asegurar que la empresa se comprometa con el cumplimiento de las normas ambientales; además un SGA muestra a las autoridades y organismos reguladores locales que se ha adquirido el compromiso de cumplimiento.

Cumplir las exigencias de los clientes

Dado que el desarrollo de un SGA exige que se intente ampliar la responsabilidad sobre la actuación ambiental mejorada a los proveedores, en todo el mundo, hay igualmente un número creciente de compañías que comienzan a sentir «presiones interempresariales» para demostrar cierta forma de gestión ambiental corporativa. Aliviar las «presiones interempresariales» cumpliendo las exigencias ambientales de sus clientes es, por tanto, otra clara ventaja de la implantación de un SGA.

Mejores relaciones con los terceros interesados

Implantar un SGA mejora las relaciones de una compañía y sus terceros interesados (vecinos, accionistas, clientes, banqueros, aseguradoras, cámaras, organismos reguladores, etc.). Directamente, un SGA disminuye el impacto de una compañía sobre el ambiente, armonizando con el vecindario y los grupos de presión (ONG, Entidades de Bien Público, etc.). Reduce los riesgos y las responsabilidades, complaciendo así a los empleados y a las aseguradoras, e incrementa los beneficios, lo que, por supuesto, complace a los accionistas o a las empresas asociadas.

Mayor comunicación con los empleados y un aumento de su motivación, lealtad y compromiso

Otra de las ventajas asociadas a la implantación y mantenimiento de un SGA es el incremento de la motivación, la productividad y el compromiso de los empleados. Aunque un empleado ciertamente es un tercero interesado y, por tanto, goza de los beneficios de los terceros interesados, el proceso de un SGA los compromete de forma particular. Este proceso obliga a la empresa a evaluar una serie de factores de gran importancia para los trabajadores, tales como la salud, la higiene y la seguridad, los riesgos vinculados a su puesto de trabajo y las acciones ante situaciones de emergencia, la capacitación y la formación, aspectos todos que deben considerarse al desarrollar y mantener un SGA.

Fomenta la participación sindical, facilita una mejor comunicación e implica un esfuerzo cooperativo con un propósito unificado.

Implementación del SGA

Un plan de implementación típico seguiría los siguientes pasos:

1. Nombramiento de un Comité de Coordinación y Control (CCC) para supervisar la implementación.
2. Autoevaluación de la organización.
3. Redacción de las políticas de su sistema de gestión ambiental.
4. Redacción de un plan de acción basado en las discusiones de los directivos y la línea de la auditoría; asignación de funciones específicas a directores específicos; organización de una línea de proyectos con plazos determinados.
5. Revisión o creación del Manual de Procedimiento Medioambiental que refleje los requisitos de la ISO 14001.
6. Selección de un registrador si se sabe que un tercero hará una auditoría. Sus clientes serán los que le hagan la auditoría de segundas partes.
7. Ampliación o adecuación de las instrucciones de trabajo cuando sea necesario.
8. Organización de una auditoría interna de todo el sistema.
9. Preparación para la auditoría revisando todos los puntos del sistema de gestión ambiental con la dirección y con los trabajadores (sindicatos).
10. Auditoría y, si es preciso, respuesta con las acciones correctivas oportunas.

La implementación de un SGA es un proyecto que requiere una estrecha coordinación entre departamentos y directores. Necesitará un equipo de implementación multidisciplinario, tiempo y recursos para su formación, por ello es que es tan importante el compromiso de la alta dirección en este proceso.

Aspectos ambientales

La organización debe:

Establecer y mantener procedimientos para identificar los aspectos ambientales de sus actividades, productos o servicios que puede controlar y sobre los cuales tiene influencia.

Determinar los posibles impactos significativos asociados.

Considerar los aspectos significativos al establecer sus objetivos ambientales.

Mantener actualizada esta información.

Definiciones

Aspecto ambiental

Elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el ambiente.

Impacto ambiental

Cualquier cambio en el ambiente, adverso o beneficioso que resulta total o parcialmente de las actividades, productos o servicios de una organización.

Pasar examen a todas las actividades de la organización

Situaciones derivadas de las operaciones diarias,

Situaciones anormales (mantenimiento),

Situaciones de emergencias (emisiones tóxicas, incendios),

Analizar las características de los productos (composición, diseño, envase, embalaje),

Analizar las emisiones (sólidas, líquidas y gaseosas), consumo de recursos derivados de los servicios (transporte, etc.),

Evaluar actividades del pasado y presente,

Evaluar los aspectos regulados por la legislación y los no regulados.

Antes de que una organización pueda «gestionar» (y, posteriormente, controlar y minimizar) sus aspectos e impactos ambientales, primero debe identificar y documentar cuáles son esos aspectos e impactos, y registrar las conclusiones de tal proceso, que debe controlar y minimizar para mejorar globalmente su actuación medioambiental corporativa.

El registro es un informe de los aspectos e impactos significativos:

- Tratados en la política medioambiental (aunque sólo sea en términos generales).
- Para los que deberían marcarse objetivos y metas.
- Para los que deberían desarrollarse programas de gestión ambiental.
- Que deberían tratarse en los programas de formación del personal.

El registro de los aspectos e impactos ambientales debe estar documentado y debe considerarse como un documento controlado e incluirse en el manual de gestión ambiental.

Etapas del proceso:

1. La identificación de riesgos ambientales en la empresa.

En el marco de la gestión empresarial, la identificación de los factores de riesgo ambientales y de sus efectos potenciales es el objetivo de distintos tipos de

auditorías necesarias para la implantación y mantenimiento de Sistemas de gestión ambiental (SGA), ya sea certificados según las normas ISO 14001 o no.

2. Definición de riesgo ambiental.

Un riesgo ambiental es toda circunstancia o factor que conlleva la posibilidad de un daño para el ambiente. La palabra riesgo se asocia siempre a peligro, es decir, a cualquier propiedad, condición o circunstancia en que una sustancia, un producto, una instalación, un equipo o un proceso puede ocasionar un daño directo a la cantidad o a la calidad del suelo, del agua, del aire, de los ecosistemas, o un daño indirecto a personas o bienes como consecuencia de los anteriores.

Para identificar y evaluar un determinado riesgo es preciso conocer las fuentes de riesgo presentes. Las fuentes de riesgo se pueden conocer a través de numerosas fuentes de información, tales como publicaciones, hojas de seguridad de sustancias, estudios, diagnósticos emitidos por expertos o consultores especializados; normas y disposiciones de carácter legal, etc.

3. La valoración del riesgo ambiental.

La forma tradicional de evaluación de cualquier riesgo viene dada por la fórmula:

$$\text{Riesgo} = \text{Probabilidad} \times \text{Daño}$$

El riesgo toma un valor numérico determinado por los valores que dentro del sistema de evaluación escogido demos a la probabilidad y al daño.

Evaluación de riesgos laborales

Existe una profunda relación entre la salud laboral y el ambiente porque:

a) Muchas sustancias nocivas para el ser humano son también contaminantes del medio natural.

b) Los procedimientos de evaluación de riesgos son similares.

c) Por último, las orientaciones más avanzadas en relación a la gestión integran, en lo posible, la gestión de la calidad, de la seguridad industrial y de la salud ocupacional.

A partir de los procedimientos de evaluación de riesgos laborales se pueden identificar los factores de riesgo ambientales cambiando los identificadores de riesgo en salud laboral por los de ambiente. En nuestro esquema consideramos los riesgos derivados no sólo de los tóxicos y contaminantes, sino también de dos aspectos: el consumo excesivo de materias primas, agua y energía, y el ciclo de vida de los productos o servicios que la empresa pone en el mercado.

Conceptos generales de evaluación de riesgo y de seguridad

Identificación de peligros para la salud, relación dosis-respuesta, evaluación de exposición, caracterización del riesgo, gestión del riesgo.

La evaluación de riesgos ambientales es una metodología que se utiliza para elaborar políticas de salud ambiental, tomar decisiones sobre salud pública, establecer regulaciones ambientales y planificar investigaciones, basándose en la evidencia científica sobre los efectos potenciales para la salud con determinadas concentraciones de exposición al agente en cuestión.

Tomando como base los resultados de la evaluación del riesgo y teniendo en cuenta otros factores, se puede comenzar un proceso de adopción de decisiones tales como eliminar o, si esto no fuera posible, reducir al mínimo el riesgo de exposición a los agentes que son objeto de examen (gestión del riesgo).

El modelo más difundido para la realización de las evaluaciones del riesgo es el

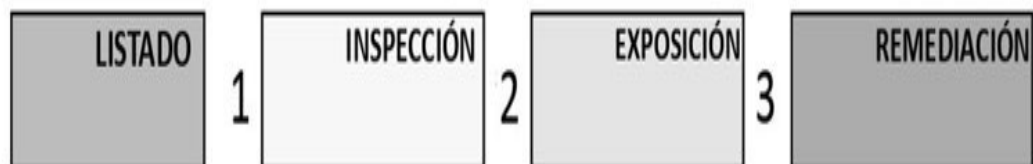
de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, que consta de cuatro etapas distintas: identificación del peligro, evaluación de la relación dosis-respuesta, evaluación de la exposición y caracterización del riesgo (Fig. 1)

a) Identificación del peligro: esta etapa tiene por objeto evaluar todos los datos disponibles sobre la toxicidad y el mecanismo de acción, a fin de discernir: A) si un agente puede representar un peligro para la salud de los seres humanos y B) en qué circunstancias puede manifestarse dicho peligro.

La identificación del peligro se basa en el análisis de diversos datos procedentes de estudios sobre células y tejidos aislados, estudios experimentales en animales o estudios epidemiológicos sobre población humana. El resultado de dicha evaluación debe contemplar el análisis de factibilidad sobre la ocurrencia en los seres humanos de efectos observados en los animales, tomando como base los estudios de mecanismo de acción, para dictaminar si dicho mecanismo puede también ocurrir en el ser humano y si puede ser observado bajo las condiciones de exposición reales.

Metodología. **Objetivos.**

- (1) evaluar la peligrosidad de los sitios y
- (2) establecer los mecanismos para que el gobierno tome decisiones en materia de restauración de sitios, basado especialmente en los datos de salud.



- (1) **Priorización preliminar;**
- (2) **Calificación de los sitios al final de la fase de inspección**
- (3) **Categorización de los sitios al final de la fase de evaluación de la exposición.**

Figura 1

b) Evaluación de la relación dosis-respuesta: es el proceso de caracterización de la relación existente entre la dosis de un producto administrado o recibido y la incidencia de un efecto adverso en la salud. Existe un umbral para la mayor parte de los efectos tóxicos (respiratorios, cardiovasculares, hepáticos, renales, neurológicos o del comportamiento, inmunitarios, carcinogénesis no genotóxica, reproductivos, del desarrollo, etc.), es decir que existe una dosis o concentración por debajo de la cual no se producen efectos adversos. Esto no es aceptado para otros efectos producidos sobre el material genético (mutagénesis y carcinogénesis genotóxica) para los que se supone que existe alguna probabilidad de peligro en todas las concentraciones de exposición.

A partir de la información sobre la dosis umbral se puede establecer el «margen de seguridad», teniendo en cuenta distintas fuentes de incertidumbre o la «dosis de referencia».

No hay un consenso claro sobre la metodología apropiada para la evaluación del riesgo de los agentes sin umbral para el efecto crítico (es decir, carcinógenos genotóxicos y mutágenos de células germinales).

c) Evaluación de la exposición: tiene por objeto determinar la naturaleza y la amplitud del contacto experimentado o previsto entre los seres humanos y los agentes en distintas condiciones y ambientes (laboral, doméstico, alimentario, etc.). En general, los métodos incluyen técnicas indirectas y directas, que comprenden la medición de las concentraciones en el ambiente y las exposiciones del personal (en este último caso, a través de la utilización de biomarcadores de carga o efecto, en medicina laboral). También se utilizan con frecuencia cuestionarios y modelos (los más utilizados en estudios poblacionales, por medio de encuestas, son los estudios epidemiológicos transversales). La evaluación de la exposición requiere la determinación del tipo y concentración de las emisiones, las rutas de exposición y las velocidades de desplazamiento de una sustancia y su transformación o degradación, entre otros, a fin de estimar las concentraciones a las cuales pueden estar expuestas

poblaciones humanas y los recursos naturales (agua, suelo y aire).

El resultado de la evaluación de la exposición puede ser una estimación de la intensidad, la velocidad, la duración o la frecuencia de la exposición o la dosis por contacto. Es importante señalar que es la dosis interna, no el nivel de exposición externa, la que determina el resultado toxicológico de una exposición determinada.

d) Caracterización del riesgo: es una evaluación e integración de las pruebas científicas disponibles utilizadas para estimar la naturaleza, la importancia y, con frecuencia, la magnitud del riesgo humano y/o para el medio ambiente, incluidas las incertidumbres pendientes, que razonablemente se puede estimar que se derivan de la exposición a un agente concreto del ambiente en circunstancias específicas. Es de fundamental importancia que los especialistas en gestión del riesgo suministren, en lenguaje sencillo, las pruebas científicas esenciales y los fundamentos en relación con el riesgo que se necesitan para adoptar una decisión.

e) Gestión del riesgo: comprende todas las actividades precisas para decidir si un riesgo asociado requiere de su eliminación o una reducción necesaria. Las estrategias/opciones de gestión del riesgo se pueden clasificar, a grandes rasgos, como reglamentarias, no reglamentarias, económicas, consultivas o tecnológicas, las cuales no son excluyentes entre sí y estarán determinadas por las leyes ambientales, los aspectos políticos, los valores económicos, el costo, la viabilidad técnica, las poblaciones con riesgo, la duración y la magnitud del riesgo, la comparación de los riesgos y las posibles repercusiones en el comercio entre los países.

La percepción pública del riesgo y la comunicación del riesgo son elementos importantes que también hay que tener en cuenta para lograr una aceptación lo más amplia posible de las decisiones en materia de gestión del riesgo, sobre todo en aquellos proyectos que cuentan con financiamiento internacional y requieren que la audiencia pública sea favorable para su aprobación.

En ciertos casos, aunque la evidencia científica sea insuficiente, es necesario tomar acciones de salud pública (por ejemplo, la reducción de la exposición de la

población a un posible peligro o incluso la eliminación de este del ambiente humano), basándose en los principios ambientales internacionales como ser el principio de precaución.

Revisión sistemática de la evidencia epidemiológica para una caracterización de peligros para la salud

Existen tres pasos fundamentales en la revisión sistemática de la evidencia epidemiológica para una caracterización de peligros para la salud:

1. Identificación de todos los estudios relevantes.

Evaluación sistemática de la calidad de los estudios disponibles.

Interpretación y conclusiones del corpus de evidencia epidemiológica y de otro tipo.

La evaluación de la calidad exige responder los siguientes interrogantes para cada estudio disponible:

¿Es claro el estudio en cuestión?

¿La exposición se evaluó con medidas válidas y confiables?

¿Se evaluaron los resultados de salud con medidas válidas y confiables?

¿Fue adecuado el diseño del estudio?

¿El análisis de los datos tomó en consideración la probabilidad, la confusión y el sesgo (errores sistemáticos de información, selección y análisis)?

¿Las conclusiones fueron consistentes con los resultados de los análisis de datos?

En resumen: ¿existe otra manera de explicar el conjunto de hechos ante nosotros?; ¿existe cualquier otra respuesta que sea igualmente probable o más probable que la de causa y efecto?

En un método integral, basado en el peso de la evidencia, resulta necesario considerar tanto los estudios «positivos», es decir, los estudios que parecen sugerir la presencia de una relación causa-efecto, como también los denominados estudios «negativos», es decir, los estudios que parecen no mostrar una asociación entre exposición y enfermedad. En el caso de estos estudios, es necesario considerar alternativas a la ausencia de causa y efecto.

Para cualquier propósito, las explicaciones alternativas pueden dividirse en cinco categorías generales: probabilidad, confusión, sesgo de información, sesgo de selección (incluido el sesgo de publicación) y sesgo analítico. A continuación, se presenta una breve discusión de estos aspectos:

Los estudios epidemiológicos de agentes ambientales serán particularmente útiles en la caracterización de peligros para la salud si brindan estimaciones de relaciones exposición -respuesta (es decir, los niveles de exposición que podría esperarse que afecten a la salud humana y el grado de daño esperado según esos niveles).

La credibilidad de un estudio aumenta si sus resultados son confirmados por un análisis de sensibilidad. En dicho análisis, se reexaminan las variables de los resultados con respecto a:

1. cambios en la expresión de las variables de exposición,
2. adición de otras variables explicativas plausibles, e
3. introducción o eliminación de variables de control.

Algunas veces se puede usar la información de un estudio para ajustar los resultados de otro estudio.

Realización de revisiones sistemáticas de evidencia de múltiples estudios: el

uso del metaanálisis

Las técnicas metaanalíticas pueden usarse provechosamente para resumir los estudios epidemiológicos disponibles. Aunque con frecuencia el metaanálisis es visto simplemente como la combinación estadística de resultados de diferentes estudios, este método también se ha descrito como una revisión bibliográfica cuantitativa, un «estudio de estudios» que brinda una evaluación cuantitativa del sesgo en los resultados observados, así como en la evaluación de los patrones y en las fuentes de heterogeneidad. Es este último enfoque, el de la revisión cuantitativa, el que tiene mayor potencial para ayudar en la caracterización de peligros.

Los metaanálisis generalmente se aplican a los resultados publicados de estudios, los que con frecuencia están muy resumidos, y algunas veces resulta difícil combinarlos.

Los resultados de los resúmenes metaanalíticos deben ser objeto de análisis de sensibilidad para probar su fortaleza ante datos y enfoques analíticos alternativos, de la misma manera como se aplicaría un análisis de sensibilidad para la evaluación de los resultados de un solo estudio. En el contexto metaanalítico, tales análisis podrían, por ejemplo, examinar la sensibilidad de los resultados frente a alternativas razonables con respecto a la inclusión o exclusión de determinados estudios.

Conclusiones a partir del corpus de evidencia epidemiológica y de otro tipo

Después de haber evaluado y resumido adecuadamente la evidencia epidemiológica, tal como se discutió anteriormente, se requiere el juicio de un experto para determinar si las asociaciones observadas son consistentes con una explicación causal o si existe otra alternativa. Debe seguirse un proceso de razonamiento científico para llegar a este juicio; debe ser un proceso que utilice toda la evidencia epidemiológica disponible, así como evidencia de la toxicología, la medicina laboral, clínica y otras disciplinas, según sea adecuado.

El método que se debe elegir es el pensamiento crítico; no existen fórmulas ni listas de verificación que cubran todos los aspectos.

Principio de precaución

El Principio de precaución brinda una guía para la acción cuando existe incertidumbre luego de la evaluación objetiva de toda la evidencia científica disponible, tal como fue enunciado por Horton, en 1998:

... cuando lo que está en juego es el estado de salud de la población, los riesgos pueden ser tan altos y los costos de las acciones correctivas pueden ser tan grandes que la prevención es mejor que la cura. Debemos analizar los posibles costos y beneficios de la acción y la inacción. Cuando existan riesgos significativos de daños a la salud pública, debemos estar preparados para tomar acciones destinadas a disminuir dichos riesgos, incluso cuando el conocimiento científico no sea concluyente, si el balance de costos y beneficios probables lo justifica...

Definición de accidente químico

Se utilizan los términos «accidente químico» y «emergencia química» para hacer referencia a un acontecimiento o situación peligrosa que resulta de la liberación de una sustancia o sustancias riesgosas para la salud humana y/o el ambiente, a corto o largo plazo.

Estos acontecimientos o situaciones incluyen incendios, explosiones, fugas o liberaciones de sustancias tóxicas que pueden provocar enfermedad, lesión, invalidez o muerte (a menudo de una gran cantidad) de seres humanos.

Aunque la contaminación del agua o de la cadena alimenticia que resulta de un accidente químico puede afectar a poblaciones dispersas, a menudo la población expuesta está dentro o muy próxima a una zona industrial.

En un área urbana la población expuesta puede estar en las cercanías de un vehículo accidentado que transportaba sustancias peligrosas; con menos frecuencia, la población expuesta está a cierta distancia del sitio del accidente.

Las áreas potencialmente afectadas en países vecinos podrían incluir a aquellos que tienen planes o capacidades limitadas para responder a una emergencia química.

Esta definición debe plantearse aunada al concepto de un «incidente químico», en el que una exposición originada por las liberaciones de una sustancia o sustancias puede resultar en enfermedad o la posibilidad de esta. El número de personas afectadas por un incidente químico puede ser muy reducido (incluso una sola), y la enfermedad, incapacidad o muerte pueden ocurrir en un lapso considerable (por ejemplo, varios años) después del accidente.

Además de los efectos para la salud humana, los accidentes químicos pueden resultar en un daño considerable a largo plazo al medio ambiente, con cuantiosos costos humanos y económicos.

Cómo podemos clasificar los accidentes químicos

Desde la perspectiva de la salud, existen varias maneras de clasificar los accidentes químicos, de las cuales ninguna es completa o mutuamente excluyente. Por ejemplo, la clasificación podría basarse en: la sustancia química involucrada, la cantidad, la forma física, y dónde y cómo ocurrió la fuga; las fuentes de la liberación; la extensión del área contaminada; el número de personas expuestas o con riesgo; las vías de exposición; y las consecuencias médicas o de salud derivadas de la exposición.

A) Según las sustancias involucradas

- Las sustancias involucradas en un accidente pueden agruparse de acuerdo a si son:

- sustancias peligrosas (por ejemplo, explosivos, líquidos o sólidos inflamables, agentes oxidantes, sustancias tóxicas o corrosivas);

- aditivos, contaminantes y adulterantes (por ejemplo, en el agua potable, bebidas y alimentos, medicamentos y bienes de consumo);

- productos radioactivos (no considerados en estas Guías prácticas).

La clasificación según la cantidad del agente químico liberado debería tomar en cuenta sus propiedades peligrosas (por ejemplo, un kilo de cianuro es más peligroso que un kilo de gas clorado).

B) Fuentes de la liberación

Las liberaciones pueden originarse por la actividad humana o tener un origen natural.

- Las fuentes antropogénicas incluyen manufactura, almacenamiento, manejo, transporte (ferrocarril, carretera, agua y tubería) uso y eliminación.

- Las fuentes de origen natural incluyen entre otras actividades geológicas, la volcánica, toxinas de origen animal, vegetal y microbiano, incendios naturales y minerales.

C) Extensión del área contaminada

Los accidentes podrían clasificarse de acuerdo a si:

- fueron contenidos dentro de una instalación y no afectaron fuera del predio de la instalación;

- afectaron únicamente la vecindad inmediata de una planta;

- afectaron una zona extensa alrededor de una instalación; o

- se dispersaron a distancia.

D) Número de personas expuestas o con riesgo

Los accidentes químicos podrían clasificarse por el número de personas afectadas, calculado en términos de muertes, lesiones, y/o evacuados. Sin embargo, la gravedad de un accidente químico no puede determinarse únicamente sobre esta base. Al valorar su gravedad, se deben tomar en cuenta todas las circunstancias y consecuencias conocidas.

E) Vías de exposición

Desde la perspectiva de la salud, las vías de exposición podrían ser un medio para clasificar los accidentes químicos. Existen cuatro principales vías directas de exposición:

- inhalación,
- exposición ocular,
- contacto con la piel,
- ingestión.

F) Consecuencias médicas o para la salud

Los accidentes químicos pueden también clasificarse según las consecuencias médicas o para la salud, o en función del sistema u órgano afectado. Ejemplos de esto serían los accidentes que dan origen a efectos cancerígenos, dermatológicos, inmunológicos, hepáticos, neurológicos, pulmonares o teratogénicos.

Características especiales de los accidentes químicos

En principio, la estructura organizacional que existe para responder a otros tipos de accidente (por ejemplo, los desastres naturales) podría utilizarse en caso de un accidente químico. Sin embargo, desde la perspectiva de salud, los accidentes químicos tienen varias características especiales.

Estas se describen a continuación:

Una exposición química «pura» (es decir exposición humana a productos químicos sin traumatismo mecánico) puede producir un número finito de efectos predecibles para la salud. No todas las víctimas tendrán la misma manifestación de efectos, que dependerán de las vías de exposición, de su duración y de las condiciones de susceptibilidades individuales y vulnerabilidad.

Puede existir una zona tóxica a la que solo pueda ingresar el personal que utilice ropa de protección completa. En principio, el personal de ambulancia y médico nunca deberá entrar a esa zona.

Los individuos expuestos a los agentes químicos pueden constituir un riesgo para el personal de rescate, que podrá contaminarse por las sustancias que queden sobre las personas expuestas. Por consiguiente, sería preferible que se lleve a cabo una descontaminación inicial antes de que los expuestos reciban un tratamiento definitivo.

Los hospitales (y otros centros para tratamiento) y las rutas o caminos que lleven a ellos pueden estar localizados dentro de la zona tóxica, por lo que el acceso se encontrará bloqueado y no se podrán recibir nuevos pacientes durante un período considerable. Por lo tanto, se deberían hacer planes para crear instalaciones de tratamiento temporal en escuelas, centros deportivos, tiendas de campaña, domicilios privados, etc.

En el caso de que estén involucrados muchos agentes químicos, posiblemente no exista conocimiento general completo de sus propiedades y efectos (de sumatoria, de potenciación, de sinergia, etc.). Por consiguiente, se deberán identificar y establecer sistemas eficaces para obtener información esencial sobre las sustancias de interés y proporcionar esta información al personal de rescate y demás trabajadores que la necesiten.

Se necesita llevar a cabo actividades de inventario para identificar los riesgos

(fijos y móviles) y los recursos disponibles para dar tratamiento a las personas expuestas que sufran quemaduras corrosivas o térmicas y que necesiten soporte ventilatorio.

Puede ser necesario mantener a un número de personas expuestas bajo observación durante uno o dos días, aun si no presentan síntomas.

Concepto de contaminación física

Se define como contaminación física a las alteraciones del ecosistema producidas por la energía en sus distintas formas. Por ello, también se la conoce como contaminación energética.

Para comprender la contaminación física del ambiente hay que tener en cuenta dos consideraciones importantes:

1. Ninguna transformación de la energía es eficaz en el 100 %, por lo que existen pérdidas de energía de baja calidad, que es contaminante.
2. Muchos de los procesos tecnológicos utilizados por el hombre no están suficientemente desarrollados, por lo que presentan grandes pérdidas energéticas y un escaso control.

Desde un punto de vista sanitario, como todo fenómeno de contaminación, afectará al hombre en un doble sentido:

- a) Efecto directo: a través del daño que la contaminación física ejerce directamente sobre la salud de los individuos. Se podrá observar un efecto a corto plazo, cuando el grado de contaminación sea importante, o un efecto a medio y largo plazo, que desde un punto de vista epidemiológico respondería a una acumulación de riesgos.
- b) Efecto indirecto: ya que, de acuerdo con el concepto ecológico de salud, cualquier alteración que la contaminación ejerza sobre el medio ambiente redundará negativamente en la salud del hombre.

Si hemos hablado de contaminación energética, sus diversos tipos derivarán de las distintas clases de energía con presencia en el ecosistema.

Contaminación por energía radiante

De acuerdo con su naturaleza, las radiaciones se pueden agrupar en dos clases: electromagnéticas y corpusculares.

En las radiaciones electromagnéticas, se trata de una propagación ondulatoria de energía eléctrica y magnética, por lo que todas tienen la misma velocidad en el vacío ($c=300.000$ km/seg), caracterizándose por la longitud de onda y frecuencia.

Por el contrario, la radiación corpuscular es debida a la propagación de partículas (núcleos de helio, electrones, protones, neutrones, etc.), habitualmente dotadas de gran velocidad, aunque siempre inferior a la de las radiaciones electromagnéticas.

Pero, desde un punto de vista biológico, interesan más los efectos de las radiaciones que su naturaleza.

Así, las radiaciones se consideran de dos tipos:

Radiaciones ionizantes.

Radiaciones no ionizantes

Las radiaciones de alta energía abandonan en los tejidos parte de esta, separando electrones de los átomos sobre los que inciden y transformándolos en iones. Este mecanismo de ionización de las moléculas en el protoplasma celular altera los procesos bioquímicos, dando lugar a distintos procesos patológicos.

Las radiaciones de baja energía no son capaces de ionizar los átomos, por lo que el efecto biológico es menor, y actúan más bien a través del efecto térmico y mecánico en los tejidos.

Radiaciones ionizantes

Entre las radiaciones ionizantes más importantes pueden citarse las radiaciones alfa, beta, gamma, rayos X y rayos cósmicos.

La radiación alfa es una radiación corpuscular constituida por partículas alfa, que son núcleos de helio, es decir, partículas de masa atómica 4, formadas por dos protones y 2 neutrones, y, por consiguiente, por 2 cargas positivas. La radiación alfa es producida por los elementos radiactivos a gran velocidad (algo inferior a 20.000 km/seg) y posee una gran energía, aunque tiene poca capacidad de penetración, ya que es detenida por una hoja de papel o una lámina de aluminio de 0.1 mm de espesor. Por tanto, no suele constituir un riesgo por vía externa, aunque sí por ingestión.

La radiación beta, también de naturaleza corpuscular, está constituida por electrones emitidos por las sustancias radiactivas, a velocidades próximas a la luz. Tienen, por tanto, carga negativa. La energía de las partículas beta es menor que la de las partículas alfa, pero tiene mayor capacidad de penetración, siendo absorbida por una placa de aluminio de 5 mm de espesor o una de plomo de 1 mm. Esta radiación implica un riesgo de irradiación externa e interna.

La radiación gamma es de naturaleza electromagnética y tiene una longitud de onda entre 10^{-5} y 10^{-3} . Es también producida por materiales radiactivos y, debido a su pequeña longitud de onda, tiene un gran poder de penetración, siendo capaz de atravesar el cuerpo humano y las materias de poca densidad, así como láminas de acero de hasta 10 cm. Sin embargo, puede ser fuertemente atenuada por espesores de plomo de 12 cm. Frente a su alto poder de penetración, posee menor capacidad de ionización que las radiaciones alfa y beta.

Los rayos X son radiaciones electromagnéticas de corta longitud de onda, aunque mayor que en la radiación gamma, oscilando entre 10^{-3} y 10 nm. Tienen gran capacidad de penetración, por lo que se utilizan para diagnóstico. Su poder

ionizante es débil, pero se efectúa durante un largo recorrido.

Los rayos X constituyen el principal riesgo de irradiación por vía externa, produciéndose en los generadores de radiodiagnóstico, en los microscopios electrónicos, en los tubos catódicos de los televisores, etc.

Los rayos cósmicos son radiaciones del espacio exterior que consisten en mezclas de componentes corpusculares y electromagnéticos. Según su mayor o menor capacidad de penetración, se clasifican en duros y blandos. La intensidad de los rayos cósmicos es baja en la biosfera, y junto a la radiación ionizante de las sustancias radiactivas naturales que se encuentran en el suelo y aguas, dan lugar a lo que se conoce como radiación de fondo.

Fuentes de radiación y vías de incorporación al organismo humano

Fuentes naturales

Representan el 87 % de la exposición del hombre a las radiaciones. Los rayos cósmicos son causantes de casi el 50 % de la exposición del hombre a la radiación natural externa. Estos irradian la tierra directamente e interaccionan con la atmósfera, produciendo variaciones y materiales radiactivos adicionales.

La radiación interna es, por término medio, dos tercios de la dosis equivalente efectiva recibida por el hombre de fuentes naturales; procede de sustancias radiactivas que se encuentran en el aire que respira, los alimentos que consume y el agua que bebe.

El cuerpo humano contiene normalmente alrededor de 10000 Bq de radionucleidos naturales (^{40}K , ^{14}C y ^{226}Ra). Una pequeña parte proviene por radiación cósmica del carbono-14 y tritio (^3H). La mayoría procede de fuentes terrestres: potasio-40, uranio-238 y el torio-232.

En cuanto a la radiación terrestre, los principales materiales radiactivos presentes en los minerales son el potasio-40, el rubidio-87, y dos series de elementos radiactivos procedentes de la desintegración del uranio-238 y del torio-232, dos

radionucleidos de larga vida que han existido en la Tierra desde su origen. Se encuentran en rocas y suelo, y en la mayoría de los materiales de construcción.

La dosis media en España es de 0,49 mSv, pero puede aumentar hasta 1 mSv por año en áreas uraníferas.

La mitad de la dosis anual recibida por el hombre de la totalidad de fuentes naturales es debida al radón-222 y sus productos de desintegración. Es un gas invisible, insípido e inodoro, siete veces y media más pesado que el aire, que procede de la desintegración del uranio-238 en el suelo.

Estudios en mineros de uranio expuestos a altas dosis de este gas demostraron su relación con el cáncer de pulmón. Se estima que el radón y los productos obtenidos de su desintegración representan el 50-70 % de la radiación natural para el hombre. Debido a sus características, alcanza en las viviendas concentraciones mayores que en el ambiente exterior. El aislamiento térmico agrava la situación, al hacer más difícil la salida del gas. Los materiales de construcción más comunes, madera, ladrillos, y hormigón desprenden relativamente poco radón. El granito es mucho más radiactivo, como también la piedra pómez. Un gran riesgo ofrece la inhalación de la radiactividad emitida por el agua rica en radón, especialmente en el baño. Sin embargo, el cáncer de pulmón no se produce por la exposición directa al radón. Este se desintegra originando una serie de compuestos de corta vida, que son particulados y quedan retenidos en las vías respiratorias tras su inhalación. Estos son los responsables, en función de la dosis de radiación, del riesgo de cáncer de pulmón.

La radiación procedente de los alimentos y bebidas se debe, principalmente, al potasio-40, presente en la mayoría de los alimentos. Este constituye la principal fuente de irradiación interna, aunque hay otros elementos como el plomo -210 y el polonio-210, que se concentran en el pescado y el marisco. Los niveles de potasio-40 varían con la masa muscular. Así, los hombres jóvenes presentan dos veces más cantidad de este elemento que las mujeres de más edad.

Existen otras fuentes de radiaciones ionizantes: el carbón contiene trazas de radionucleidos primarios, por lo que su combustión produce la liberación al ambiente de estos elementos, además de concentrarse en las cenizas las sustancias radiactivas.

La mayoría de los yacimientos de fosfatos en explotación contienen altas

concentraciones de uranio. La extracción y transformación del mineral produce la liberación del radón, al tiempo que los fertilizantes obtenidos son radiactivos y contaminan los alimentos.

Fuentes artificiales

Durante las últimas décadas el hombre ha creado artificialmente varios cientos de radionucleidos. Todos ellos aumentan la radiación recibida tanto por el individuo como por la humanidad en su conjunto.

Las fuentes médicas son las más importantes fuentes de exposición del hombre a la radiación artificial. Se utilizan tanto para diagnóstico como para tratamiento. Puede decirse, en principio, que la radiación médica es beneficiosa, aunque al parecer las personas reciben a menudo dosis innecesariamente elevadas que pueden ser reducidas considerablemente sin pérdida de eficacia.

Las explosiones nucleares originan precipitación radiactiva procedente de la utilización de las armas nucleares. Contiene varios cientos de radionucleidos diferentes, pero tan solo 4 contribuyen en más del 1% a la dosis comprometida equivalente efectiva de la población mundial. Estos son, en orden decreciente de importancia, el carbono-14, cesio-137, circonio-95 y estroncio-90.

La producción de energía nuclear es, sin duda, la más controvertida de las fuentes artificiales de radiación, aunque su contribución real a la exposición del hombre sea muy reducida. El funcionamiento normal de las instalaciones nucleares emite muy poca radiación al medio ambiente, aunque constituyen un gran riesgo en casos de accidente.

Existen otras fuentes de radiación, tales como algunos artículos de consumo. Así, por ejemplo, relojes luminosos de pulsera y pared, detectores de humo, el torio en lentes de contacto, televisores en color, pantallas de ordenador, etc., que son en mayor o menor grado, una fuente de radiaciones ionizantes.

Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes

Al considerar los efectos biológicos, hemos de establecer los conceptos de:

- Irradiación o emisión externa: cuando la fuente de radiación es exterior al organismo.

- Contaminación o emisión interna: cuando la fuente de radiación es interna, por ingestión de sustancias radiactivas.

La emisión interna es más peligrosa que la externa, ya que internamente podrán actuar las radiaciones de poco poder de penetración y gran poder de ionización. En general, los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes se pueden esquematizar de la siguiente forma:

1. Efectos sobre el hombre

a) Efecto directo: el efecto directo sobre el hombre será debido a la exposición a la radiación natural y sobre todo será consecuencia del riesgo de irradiación profesional en la industria atómica, por la utilización de radioelementos en medicina, biología, industria, etc. y, finalmente, por el empleo de rayos X. Las manifestaciones patológicas resultantes de una radio exposición son de dos tipos:

Efectos a corto plazo: son efectos somáticos, que únicamente implican al individuo radio expuesto y reciben el nombre de efectos no estocásticos. Estos efectos se pueden producir por radio exposición externa global o por radio exposición externa localizada.

Radio exposición externa global: los efectos dependen de la dosis de irradiación recibida.

Cuando la dosis es de 50 Gy, 100% de letalidad; entre 50 y 10 Gy 90-100% de letalidad.

En individuos menos gravemente expuestos, se producen hemorragias, gingivitis, estomatitis, alopecia, hipertermia, hipotensión, taquicardia, íleo paralítico y, a veces, lesiones cutáneas graves con destrucción hasta de la dermis.

En la irradiación crónica las manifestaciones clínicas que pueden presentarse son

malestar general, postración, fatiga y mareos; en la piel, atrofas, ulceraciones y tendencia a neoformaciones malignas; en los huesos, necrosis óseas, fracturas espontáneas y tumores (osteosarcomas); en los ojos, blefaritis, conjuntivitis, queratitis y cataratas; en los pulmones, a veces cáncer pulmonar; en la sangre, leucopenia y anemias de tipo hipercrómico de pronóstico grave, etc.

Radio exposición externa localizada: las manifestaciones patológicas varían según la región expuesta. Las lesiones del revestimiento cutáneo son las más frecuentes, estando precedidas de un eritema precoz y apareciendo en las horas que siguen a la exposición y desapareciendo después. En función de la importancia de las dosis absorbidas, se observan diversas manifestaciones patológicas.

Así, caída del cabello (dosis de 4 Gy), radiodermatitis eritematosa y exudativa (dosis de 16 a 20 Gy), lesiones oculares (a partir de un umbral de 2 Gy), lesiones en las gónadas (los testículos y los ovarios están entre los órganos más radiosensibles; la esterilidad aparece a partir de 0,3 Gy y puede hacerse definitiva más allá de los 5 Gy; en la mujer, la esterilidad aparece inmediatamente por destrucción de los ovocitos);

Efectos sobre el desarrollo embrionario: la radio exposición tiene un efecto nocivo sobre el desarrollo del feto, cuya gravedad se explica por el hecho de que los tejidos que componen el embrión solo tienen un número limitado de células, de suerte que la muerte de algunas puede dar lugar a daños irreparables. La radio sensibilidad presenta un máximo entre la tercera y la cuarta semana de gestación y después decrece enseguida hasta la décima semana. Una exposición, incluso baja (0.1 Gy), durante este período, puede ser origen de malformaciones congénitas.

Efectos a largo plazo: se distinguen dos tipos: somáticos, que interesan al individuo expuesto y provocan cáncer; genéticos, que conciernen a su descendencia.

Los efectos somáticos se producen para valores muy variados de dosis absorbidas. Pueden aparecer al cabo de meses o de años después de la radio exposición. Son muy diversos y afectan prácticamente a todos los órganos del cuerpo. Las manifestaciones patológicas consideradas habitualmente como efectos tardíos son: disminución de la duración de la vida, carcinogénesis y formación de cataratas.

b) Efecto indirecto: originado fundamentalmente por fenómenos de bioconcentración, siendo en este caso causado por emisión interna.

2. Efectos sobre el medio ambiente

Afectan en forma indirecta sobre la salud, es decir, a través del efecto indirecto de las radiaciones ionizantes. El efecto indirecto sobre el hombre será debido a la presencia en el medio de isótopos radiactivos, que, al integrarse en las cadenas alimentarias, serán ingeridos por el hombre, produciendo una emisión interna.

Desde un punto de vista de la sanidad ambiental, podemos dividir los isótopos radiactivos en tres grupos:

1. Radioisótopos que se encuentran en el medio natural y que contribuyen a la radiación de fondo, como por ejemplo, uranio-235 (vida media = 7×10^8 años; radiación alfa y gamma), radio-225 (vida media = 1620 años; radiación alfa y gamma), potasio-40 (vida media = 1.3×10^9 años; radiación beta y gamma), etc.
2. Radioisótopos de elementos metabólicamente importantes: son utilizados como trazadores, por ejemplo, carbono-14 (vida media = 5568 años; radiación beta), yodo-131 (vida media = 8 días; radiación beta y gamma), fósforo-32 (vida media = 14,5 días; radiación beta), etc., y producen radiación interna.
3. Radioisótopos que se producen en procesos de fisión y llegan al medio ambiente a través de la lluvia atómica o la eliminación de desechos radiactivos.
4. Entre estos tienen especial importancia el estroncio-90 (vida media = 28 años; radiación beta), el cesio-137 (vida media = 33 años; radiación beta y gamma) y el yodo-131 (vida media = 8 días; radiación beta y gamma). El estroncio-90 se comporta como el calcio, de tal forma que se integra en el tejido óseo, entrando, por tanto, en estrecho contacto con el tejido hematopoyético. El cesio-137 se comporta como el potasio, siendo retenido por las células, al igual que ocurre con el yodo-131, que será almacenado en la glándula tiroides.

Es cierto que, en el medio ambiente, la concentración de estos radionucleidos no es hoy en día muy grande, pero se han demostrado fenómenos de bioconcentración. Por ejemplo, las aves acuáticas tienen 250 veces la

concentración de cesio-137 en los músculos y 500 veces la de estroncio-90 en los huesos, frente a la concentración de estos nucleidos en el agua.

En estudios realizados se han determinado de 1-5 pCi de estroncio-90 en tejido óseo humano, habiéndose sugerido que estos niveles incidirán en el riesgo de producción de cáncer.

Medidas de prevención para las radiaciones ionizantes

El efecto directo sobre el hombre será fundamentalmente consecuencia de riesgos profesionales o accidentes nucleares, por lo que la prevención se basará fundamentalmente en las medidas de protección contra la irradiación externa, que se pueden esquematizar en las siguientes:

1. Alejamiento de la fuente.
2. Reducción del tiempo de exposición.
3. Empleo de pantallas protectoras.
4. Indumentaria de protección personal.
5. Señalización.

Radiaciones no ionizantes

Aunque la gama de radiaciones no ionizantes es muy amplia, podemos citar la radiación ultravioleta (UV) como la más importante.

Dentro del espectro de radiación ultravioleta, se pueden distinguir tres regiones cuyos efectos biológicos difieren unos de otros: UV-A, cuya longitud de onda va de 315-400 nm, llamada también radiación ultravioleta larga o próxima; UV-B de 315 a 280 nm, y de 280 a 100 nm el UVC, llamada también ultravioleta lejana

o radiación germicida.

Las fuentes de radiación UV serían naturales o artificiales.

La radiación solar representa la fuente natural, si bien la intensidad decrece rápidamente por absorción en la capa de ozono estratosférica.

Como fuentes artificiales podemos citar los arcos de descarga en medios gaseosos (lámparas de arco de vapor de mercurio), lámparas fluorescentes, arcos de electrodos de carbón, lámparas halógenas de cuarzo, soldadura oxiacetilénica, oxhídrica, etc.

En cuanto a los efectos, la absorción de radiación ultravioleta por moléculas da lugar a una modificación de la configuración electrónica, produciéndose un estado inestable.

La capacidad de absorción dependerá de la naturaleza de las moléculas, siendo las más absorbentes las denominadas grupos cromóforos, los dobles enlaces de los compuestos orgánicos insaturados, anillos bencénicos, porfirinas, carotenos, purinas y pirimidinas de los ácidos nucleicos, los aminoácidos tirosina y triptófano, los enlaces peptídicos, etc.

En este nivel molecular tienen especial importancia las lesiones en el ADN y el efecto más importante es la formación de dímeros de timina impidiendo la síntesis correcta del ARNm y la replicación exacta del ADN.

Sobre el hombre, varios son los efectos que producen las radiaciones UV. Sobre la piel, el eritema se origina habitualmente como consecuencia de exposiciones al sol, dependiendo de la dosis recibida y de la longitud de onda de la radiación. El efecto máximo se produce a 254 nm (UVC) a las 12 horas, con un pico secundario a las 48 horas para radiaciones de 297 nm (UVB). Otro efecto de la radiación UV sobre el hombre es la aparición de cáncer de piel. El grado de daño dependerá de la intensidad, la longitud de onda, el poder de penetración y la sensibilidad de la persona. Las UVA son las que más penetran, seguidas por las UVB y, por último, las UVC que se absorben en la epidermis. La piel se defiende de las radiaciones UV aumentando la pigmentación e incrementando la proliferación celular de la capa más superficial.

El principal efecto agudo provocado por las radiaciones UV es el eritema que puede tener diferente gravedad. El máximo efecto es producido por las

radiaciones UVC; las radiaciones UVB son las más eritematosas; el aumento de la pigmentación es sobre todo debido a las radiaciones UVA: tras la exposición al sol la melanina migra hacia las células más superficiales de la piel. La radiación UV son catalizadores de una reacción productora de la melanina.

Las radiaciones UVB producen un incremento del grosor de la epidermis, lo que no ocurre con los rayos UVA, con lo cual el bronceado por lámparas de rayos UVA no protege frente a futuras exposiciones a radiaciones UV solares.

Los efectos más comunes a largo plazo son sequedad, manchas decoloradas, sobre todo provocadas por rayos UVA. Las pecas, el lentigo (lunares) y el nevo son más frecuentes sobre todo en personas de piel blanca; estos últimos se asocian a un mayor riesgo de melanoma. La queratosis solar es una lesión precancerosa que se presenta sobre todo en personas expuestas a altos niveles de radiación solar; la queratosis solar aumenta el riesgo de piel no melanocítica.

El cáncer es el efecto crónico más grave; en el mundo se diagnostican 2 millones de cánceres no melanomas y 200.000 melanomas cada año, la disminución del ozono está empeorando cada vez más este hecho.

Hay una serie de factores epidemiológicos que influyen como:

- a) Es más frecuente la localización en zonas expuestas de la piel (cabeza, cuello, manos y, en las mujeres, piernas). El 90 % de los carcinomas basocelulares y el 50 % de los carcinomas espinocelulares se localizan en la cabeza y el cuello.
- b) La incidencia es elevada en individuos de piel clara cuya actividad se desarrolla al aire libre y es menos frecuente en razas de color oscuro.
- c) Un factor de riesgo muy importante es la insuficiente aptitud en la reparación del ADN lesionado por las radiaciones UV, tal como ocurre en los individuos afectados de xeroderma pigmentoso.

Las radiaciones UV producen sobre el ojo queratitis y conjuntivitis, que son las primeras manifestaciones agudas tras una exposición intensa al sol o a fuentes artificiales, sobre todo arcos de soldadura. Los efectos a largo plazo: pterigion, cataratas, epitelomas malignos de la conjuntiva (no están tan probados que sean debidos al sol o a fuentes artificiales como los efectos agudos). Según la OMS, el 20% de las cataratas producidas son debidas a la radiación UV. La radiación atraviesa la retina en muy poca proporción, pero esta mínima cantidad puede

causar serios daños.

También parece estar estudiado que la radiación ultravioleta induce un cierto grado de inmunosupresión, (frecuencia de herpes labial).

Los fenómenos de fototoxicidad y fotoalergia, debido a la formación de nuevas sustancias con el concurso de la energía que aportan las radiaciones UV, aunque clínicamente se muestran como eritemas o erupciones.

La exposición podría incrementar el riesgo de infecciones y disminuir la eficacia de las vacunas. Las frecuencias radiofónicas y microondas son enormemente utilizadas por el hombre. Así, por ejemplo, en los hornos de microondas se utilizan longitudes de onda de 10-100 cm; en la radio AM, de 10000-100000 cm y en la radio de onda corta, de 1000-10000 cm.

El efecto primario de estas radiaciones no ionizantes será la liberación de energía térmica produciendo calentamiento. Con este fin se utilizan en medicina para tratamientos de diatermia. Pero, aparte del calentamiento general que pueden producir en todo el cuerpo, los órganos críticos son los ojos, en los que se producen cataratas, y los testículos, en los que se origina esterilidad.

Las microondas en el cristalino producen un aumento de permeabilidad, coagulación de proteínas e inhibición de la multiplicación de las células epiteliales.

Estudios epidemiológicos sobre profesionales de sistemas de radar de alta potencia han confirmado el riesgo de padecer cataratas.

Se habla también de un efecto no térmico, debido a que se produce un campo eléctrico que daría lugar a cargas inducidas en el material absorbente, relacionándose con alteraciones del desarrollo embrionario, actividad de las proteínas, modificaciones genéticas, alteraciones del sistema nervioso y cardiovascular, etc., aunque no se poseen en la actualidad datos suficientes para confirmarlo.

Campos electromagnéticos

Son las ondas electromagnéticas de baja frecuencia. Ocurren en la naturaleza y siempre han estado presentes en la Tierra. Sin embargo, en los últimos años han aumentado en gran medida las fuentes de CEM.

Según la OMS se pueden clasificar en:

- Campos estáticos (0 Hz): corriente continua, resonancia magnética en medicina.
- CEM de frecuencias extremadamente bajas (0- 300 Hz): líneas de alta tensión, electrodomésticos, pantallas de visualización de datos.
- RF (300 Hz-300 GHz): telefonía móvil, estaciones base, instalaciones de radio y televisión, radares y hornos microondas.

En mayo de 1996, la OMS evaluó el riesgo de la exposición a CEM y no confirmó la existencia de efectos graves, siendo necesaria la existencia de estudios posteriores.

Campos estáticos

Sobre los sistemas biológicos suelen inducir cargas y corrientes eléctricas; no penetran en el organismo, pero se perciben a través del vello cutáneo. Si estos campos son muy intensos, pueden alterar el riego sanguíneo y modificar o estimular los músculos e impulsos nerviosos normales, no obstante, en la vida diaria estas inducciones magnéticas tan fuertes no ocurren.

CEM de frecuencias extremadamente bajas (ELF)

La exposición a estos CEM se debe sobre todo a ciertas particularidades de los cables que conectan las viviendas a la línea de distribución eléctrica; se observaron casos de leucemia y cáncer cerebral en niños que habitaban cerca de una línea eléctrica. Estos casos no ocurrieron en adultos. En 1996 este hecho y la

relación con el cáncer quedaron escasamente probados.

CEM de radiofrecuencias

Se incluyen en este apartado a las microondas y radiofrecuencias, pues ambas causan efectos similares, tanto térmicos como no térmicos.

Los efectos biológicos dependen de la frecuencia de la radiación (a menor frecuencia mayor profundidad) y de la intensidad de la potencia, medida en watios/m².

Los campos de radiofrecuencias procedentes del sol tienen frecuencias muy bajas. Aproximadamente el 1% de la población de grandes ciudades recibe radiofrecuencias superiores a 10 W/m².

El problema y la gran preocupación surge como consecuencia de los teléfonos móviles (190 millones) y las estaciones de base. Sin embargo, de acuerdo con las mediciones realizadas en todo el mundo, emiten valores muy pequeños, del orden de la milésima de los límites máximos de exposición permitidos.

Para los teléfonos móviles se determina la tasa de absorción específica (SAR), que sería la cantidad de energía de RF que es absorbida por los tejidos en el cuerpo humano y se expresa en W/kg.

La cantidad de radiofrecuencia absorbida disminuye al aumentar la distancia, y el efecto primario sería liberación de energía térmica, produciendo calentamiento en todo el organismo o sobre órganos más sensibles, como el ojo (cataratas) o testículos (esterilidad).

Se han establecido los valores de SAR para los teléfonos móviles comercializados en EE.UU. y Europa.

Contaminación por energía vibratoria

Se denomina movimiento ondulatorio al originado cuando se propaga un movimiento vibratorio en un medio elástico y se producen ondas que son un estado de perturbación de dicho medio, en el que las partículas repiten la vibración del foco y transmiten a lo largo del medio elástico la energía mecánica vibratoria.

La contaminación física por energía vibratoria se producirá por los tres tipos siguientes:

1. Ruido.
2. Vibraciones.
3. Ultrasonidos.

Ruido

Podemos definirlo sencillamente como «sonido no deseado». El oído humano excepcionalmente bueno presenta una gama de audición de 35 a 20000 Hz, aunque se considera una audición normal la limitada entre 80 y 15000 Hz.

Pero, aparte de la frecuencia, debemos tener en cuenta la intensidad, que es la potencia por unidad de superficie. Como no es fácil de medir directamente, lo que medimos es la presión eficaz del sonido. La presión mínima audible es de 2×10^{-4} microbares, mientras que las máximas soportables son superiores a 200 microbares. Para facilitar el manejo de un margen tan amplio de valores de presión, se ha hecho habitual la utilización de niveles de presión sonora, en lugar de presiones sonoras. La unidad usual de nivel de presión sonora es el decibelio (dB).

La medida del ruido se realiza mediante el sonómetro, que detecta el nivel sonoro expresado en decibelios. No obstante, la sensibilidad auditiva varía con la frecuencia, por lo que en los sonómetros es necesario introducir escalas de compensación que corrijan los niveles para cada frecuencia.

Normalmente se utilizan tres tipos de escala: A, B y C. La escala que se asemeja más al comportamiento humano es la escala A. En todo caso, cuando se expresa

el número de decibelios medidos, se suele expresar la escala utilizada. Por ejemplo, dB(A) o bien dB(B).

Además del sonómetro, se emplea el dosímetro de ruidos, que relaciona los niveles de presión sonora con los tiempos de exposición a dichos niveles para dar un valor de la dosis de ruido.

En cuanto a los efectos, el ruido provocará en el hombre una serie de manifestaciones muy diferentes.

Efectos auditivos

Pérdida de la audición: explosiones o ruidos intensos pueden romper el tímpano o dañar las estructuras del oído medio o interno; una exposición prolongada al ruido intenso destruye las células ciliadas del oído interno dependiendo de la frecuencia y del nivel sonoro.

Para determinar la pérdida de audición se realiza la audiometría mediante aparatos denominados audiómetros.

Las personas sometidas a ruidos de una determinada frecuencia sufren una pérdida de audición para esa gama de frecuencias.

Dolor: el ruido puede provocar dolor auricular si se trata de una gran presión acústica. En el límite, la membrana del tímpano puede llegar a romperse. El límite del dolor se sitúa para una persona normal en 170 dB, pero cuando existe inflamación baja hasta los 80-90 dB.

Efectos no auditivos

Interferencia con la comunicación: el ruido puede interferir en la conversación, el uso del teléfono, etc. A nivel profesional, repercute en la eficacia del trabajo, además de que puede provocar que no sean oídas señales acústicas de alarma, gritos, etc.

Sueño: se ve perturbado por la exposición al ruido. En estudios realizados con individuos expuestos al ruido, los encefalogramas muestran alteraciones frente a los normales. Los individuos jóvenes suelen ser menos propensos a las alteraciones del sueño que las personas de mayor edad, siendo las mujeres de mediana edad las más sensibles.

Efectos inespecíficos: producción de estrés, aumento de la presión arterial, sobresaltos ante ruidos intensos, efectos sobre el equilibrio (nistagmo, vértigo, etc.), fatiga, etc.

Manifestaciones clínicas: una alta y continua exposición al ruido puede originar náuseas, cefaleas, irritabilidad, inestabilidad, agresividad, etc.

Incomodidad o malestar: es decir, un sentimiento de disgusto ante un factor conocido que produce cierto desagrado.

Efectos sobre el trabajo: por las razones expuestas anteriormente.

Medidas preventivas

1. Insonorización de la fuente.
2. Aislamiento del medio transmisor. Ventanas dobles. Insonorización de las viviendas. Absorbentes de ruidos.
3. Protección del receptor: Cascos CEE 86/188.

Vibraciones

Son movimientos alternativos o de vaivén de las partículas de un medio elástico a ambos lados de la posición de equilibrio. Aunque el sonido produce vibraciones, no todas las vibraciones producen sonido, como ocurre, por ejemplo, con los denominados infrasonidos (frecuencia inferior a 16 Hz) o con muchas vibraciones mecánicas. Por esta razón, pueden considerarse independientemente del sonido.

El rango de frecuencias de vibración de interés para el hombre empieza en los 3 Hz y puede llegar hasta varios millones. A frecuencias inferiores a 3 Hz, el cuerpo humano no presenta movimiento relativo interno. El hombre puede estar expuesto a la vibración a través del contacto con sólidos vibrantes o por interceptación de ondas sonoras.

Los efectos de las vibraciones sobre el hombre son principalmente mecánicos, secundariamente térmicos y muy rara vez químicos.

La estimulación mecánica se detecta por los sistemas auditivo y vestibular, así como por receptores mecánicos de la piel e internos.

Como consecuencia de las vibraciones se produce una anulación de ciertos reflejos, por ejemplo, el rotuliano. También las vibraciones producen efectos más generales, como cambios en la presión sanguínea, respiración y glándulas endocrinas.

Por otra parte, existe una respuesta psicológica, ya que las vibraciones pueden afectar el carácter del individuo, el rendimiento en el trabajo, etc. Los problemas más importantes vendrán dados al producirse la invalidez por alteraciones vasculares, por herramientas manuales con efectos conocidos como «dedos blandos», «manos muertas», «enfermedad del martillo neumático», etc., que se caracterizan por dolor, entumecimientos y cianosis.

Ultrasonidos

Son los sonidos de frecuencias superiores a los audibles por el hombre, es decir, por encima de 16 kHz (16000 Hz), pero que, a diferencia de las radiaciones electromagnéticas, no pueden propagarse en el vacío.

Son muy ampliamente utilizados en la industria, en dispositivos comerciales y de seguridad, en medicina con fines diagnósticos, terapéuticos o quirúrgicos, etc.

Cuando los ultrasonidos son absorbidos por la materia, se transforman en calor y, también, en los medios líquidos se produce el fenómeno de la cavitación, al originarse sucesivamente zonas de sobre presión y depresión. La exposición del hombre a los ultrasonidos transmitidos por el aire afecta el umbral de percepción

auditiva, aunque se pueden también presentar efectos como desequilibrio de los electrolitos, fatiga, cefaleas, náuseas, irritabilidad, etc.

Por otra parte, la cavitación en medio líquido puede afectar la síntesis de macromoléculas, producir alteraciones ultra estructurales de las células y de la actividad de la superficie celular.

Para la prevención de estos efectos ya se han establecido o propuesto límites de exposición profesional a los ultrasonidos en varios países, señalándose una presión acústica máxima admitida para frecuencias superiores a 20 kHz.

Con respecto a la población en general, aunque los ultrasonidos son utilizados en numerosos productos (telémetros, mandos a distancia de televisión, alarmas contra robo, etc.), no se conocen los efectos sanitarios que puedan estar produciendo.

Energía térmica

La fuente principal es por procesos industriales y puede tener efectos directos sobre el hombre, actuando sobre la termorregulación y deshidratación. Los accidentes ambientales producidos por el calor son:

Hiperpirexia o golpe de calor,

Agotamiento por el calor,

Insolación,

Calambres,

Quemaduras de la piel.

La hiperpirexia por el calor o golpe de calor se presenta cuando la temperatura y humedad relativa son altas, escaso el movimiento del aire, el trabajo es duro, con trajes inapropiados o se ha ingerido alcohol. Para su prevención se recomienda tomar diariamente 100 mg de vitamina C, utilizar trajes adecuados, no ingerir alcohol, evitar la fatiga y no descuidar la ingestión de agua y sal.

Todo este grupo de enfermedades o accidentes producidos por el calor no solamente son influenciados por el ambiente externo, sino que a ellos se une el estado metabólico interno. También influyen factores como la edad o la obesidad.

La falta de energía térmica en ambientes fríos también da lugar a: ceguera actínica, congelación localizada y reducción generalizada de la temperatura corporal.

Referencias bibliográficas

Tor, D. (2009). Gestión ambiental; seguridad y salud ocupacional. Santa Fe, Argentina: Ed. El Cid.

Accidentes químicos: Aspectos relativos a la salud. Guía para la preparación y respuesta. Programa Internacional de Seguridad sobre Sustancias Químicas (PISSQ/PNUMA-OIT-OMS). (1998). Organización Mundial de la Salud, Washington DC.

Moreno Abril, O. y Espigares García, M. (2006). Higiene y Sanidad Ambiental, 6: 160-169 Problemas sanitarios de los contaminantes físicos. España: Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública. Universidad de Granada Facultad de Farmacia.

GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

■

Diana Rosalba Sarafian

Ing. Civil de la Facultad de Ingeniería de la UBA, máster en Administración de Empresas, posgrado en Residuos Sólidos y Peligrosos de la Universidad Autónoma de México, UNAM-JICA.

Vicepresidenta técnica de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (2016-2018).

Gerente de Mantenimiento de Centros de Disposición Final Terminados de CEAMSE,

Especialista en proyectos de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos. Vicepresidenta de AIDIS Argentina,

Contacto: rsarafian@hotmail.com

El siguiente capítulo describe de manera sucinta los principales conceptos a tener en consideración para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos (RSU) y asimilables generados en una ciudad.

En el marco de la gestión actual y moderna de los RSU, se define y contempla la gestión integral de los residuos en todas sus etapas como actividades complementarias e interdependientes entre sí, desde la separación en origen o en la fuente, la recolección diferenciada, transferencia, transporte, tratamiento de las fracciones recuperables y reciclables, así como el aprovechamiento de la fracción orgánica. Una vez tratados y valorizados todos los materiales de la corriente de residuos, todo aquello que no se pueda recuperar denominado «residuo de rechazo» se puede disponer de manera ambientalmente adecuada mediante el método del relleno sanitario.

Etapas para la gestión de los residuos sólidos urbanos

Generación

La generación de residuos está íntimamente ligada a la población. Para cualquier proyecto de residuos que se quiera realizar es muy importante definir población urbana y rural, así como la dinámica poblacional del área y su tendencia de crecimiento, ya que los proyectos por su envergadura y costos en la economía de escala se planifican a 10 o 20 años.

En grandes ciudades, también hay que estudiar la generación de residuos en los comercios que ingresan a las instalaciones como generador privado con su propio sistema de transporte, o aquellos residuos de la industria que se pueden asimilar a sólidos urbanos por sus características y que deben formar parte del proyecto. La sumatoria de todas esas fracciones es de gran importancia a la hora de fijar tal o cual estrategia de gestión.

Es de destacar que los estudios de caracterización de residuos con la norma estandarizada son importantes a la hora de planificar.

Separación en origen

Separar los residuos en origen es discriminar los materiales entre recuperables o reciclables y los no reciclables. Esto se puede realizar en el hogar, lugar de trabajo, estudio o esparcimiento u otros lugares en donde se desarrollen actividades diariamente. Básicamente se debe comenzar este proceso en al menos dos fracciones, seca o húmeda, o reciclable y no reciclable, según se la quiera denominar.

Recolección diferenciada

Mediante distinto tipo de camiones se realiza la recolección diferenciada, los camiones compactadores (carga trasera manual) son los que realizan la recolección generalmente del residuos de rechazo y se denomina recolección puerta a puerta al igual que la tradicional. También la pueden realizar mediante el camión levanta contenedores de carga lateral o carga trasera, que está automatizado, como en la Ciudad de Buenos Aires donde hay un sistema contenerizado de acopio transitorio para su posterior recolección.

El material reciclable se recolecta mediante otro camión distinto al anterior, generalmente camión con caja y con una frecuencia menor de servicio que el de la fracción de rechazo El material recuperado es enviado a plantas de clasificación o separación.

Plantas de clasificación

Clasificar los materiales reciclables consiste en ordenar el material previamente recolectado (papel, cartón, plástico, metal, etc.) de acuerdo a su composición estructural o aplicación (por ejemplo, el plástico puede ser del tipo del 1 al 7; el vidrio se clasifica según el color; etc.). Esta tarea es llevada a cabo por los recuperadores urbanos en las plantas de separación o puntos verdes. Allí son acondicionados y compactados para su mejor comercialización.

Reutilizar es dar un nuevo uso a un material u objeto. Este nuevo uso puede ser el mismo para el cual fue fabricado o puede ser diferente. Por ejemplo, en los hogares u oficinas se puede reutilizar papel escribiendo o imprimiendo la cara en blanco de impresiones fallidas o en desuso; las latas de conservas pueden ser convertidas en lapiceros y los envases de tetrabrik, en maceteros, solo por dar algunos ejemplos. La donación de objetos y materiales en desuso es otra de las formas en que estos extienden su ciclo de vida.

Transferencia y transporte asociado

Las instalaciones de transferencia de residuos son infraestructuras intermedias entre los distintos lugares de recolección y las instalaciones de tratamiento y disposición final de residuos. La finalidad de estas instalaciones es disminuir los costos del transporte de los residuos hasta su destino, utilizando equipos de almacenamiento, compactación (cuando sea necesario) y transporte de gran capacidad. En lugar de que un camión recolector lleve de 8/10 toneladas, un tráiler que sale de la estación de transferencia puede transportar 25/28 toneladas promedio.

Sistemas de tratamientos

Los sistemas de tratamiento incluyen la operación o conjunto de operaciones que tienen por objetivo modificar las características físicas, químicas o biológicas de un residuo para reducir o neutralizar las sustancias peligrosas que contiene, recuperar materias o sustancias valorizables, facilitar el uso como fuente de energía o adecuar el rechazo para su posterior tratamiento de disposición final.

Este tema es de vital importancia y estará tratado de manera amplia en el Ítem Sistemas de Tratamiento de residuos sólidos urbanos, por ser de interés para este capítulo.

La gestión moderna. La prevención como foco

La gestión tradicional de los residuos tuvo un esquema unidireccional. Esto implica que de la recolección de residuos se pasaba directamente a su

disposición final (con transferencia solo en los casos de grandes zonas urbanas) sin hacer foco en el tratamiento. La gestión moderna que se aplica en la mayoría de los países desarrollados tiende a resaltar la prevención como jerarquía principal en la planificación de la gestión, siguiendo un esquema piramidal invertido (Fig. 1) en el cual se pasa por diferentes etapas para llegar al final de la gestión con un mínimo de fracción de residuos de rechazo para la disposición final o llamada también eliminación en la Directiva Europea.

1. Prevención;
2. preparación para la reutilización;
3. reciclado;
4. otro tipo de valorización, por ejemplo, la valorización energética;
5. eliminación.

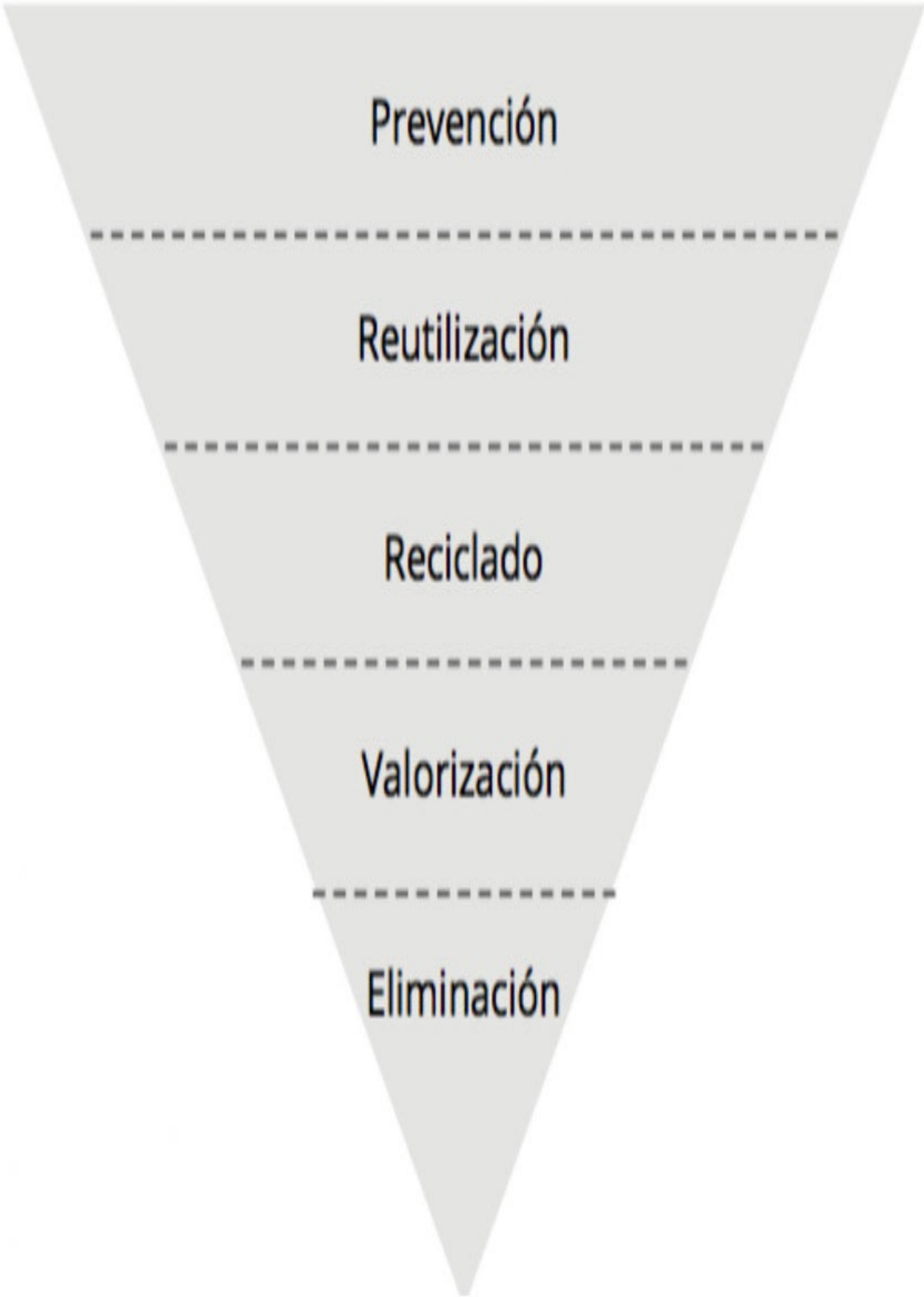


Figura 1. Jerarquías para la gestión.

Al aplicar la jerarquía, los Estados adoptan las medidas para profundizar las opciones que proporcionen el mejor resultado medioambiental global.

Prevención

Por definición, son las «medidas adoptadas antes de que una sustancia, material o producto se haya convertido en residuo», el objetivo es reducir:

la cantidad de residuo, incluso mediante la reutilización de los productos o prolongar su vida;

los impactos adversos sobre el medio ambiente y la salud humana de la generación de residuos,

el contenido de sustancias nocivas en materiales y productos.

Preparación para la reutilización

Esta es una operación de valorización que consiste en la comprobación, limpieza o reparación, mediante la cual productos o componentes de productos que se hayan convertido en residuos se preparan para que puedan reutilizarse sin ninguna otra transformación previa.

Hay que tener en cuenta que la Directiva Europea no considera residuos ni a los

subproductos ni a los productos destinados a ser reutilizados, así, define la reutilización como «cualquier operación mediante la cual productos o componentes que no sean residuos se utilizan de nuevo con la misma finalidad para la que fueron concebidos».

Reciclado

«Toda operación de valorización mediante la cual los materiales de residuos son transformados de nuevo en productos, materiales o sustancias, tanto si es con la finalidad original como con cualquier otra finalidad. Incluye la transformación del material orgánico». En el concepto de reciclado la Directiva Europea no incluye «la valorización energética, ni la transformación en materiales que se vayan a usar como combustibles o para operaciones de relleno sanitario».

Otros tipos de valorización

Utilización principal como combustible u otro modo de producir energía; recuperación o regeneración de disolventes; reciclado o recuperación de sustancias orgánicas que no se utilizan como disolventes (incluidos el compostaje y otros procesos de transformación biológica), entre otros.

Eliminación

«Cualquier operación que no sea la valorización, incluso cuando la operación tenga como consecuencia secundaria el aprovechamiento de sustancias o energía». La Directiva Europea detalla en su Anexo I algunas de las operaciones

que tienen esa consideración. La incineración, aunque produzca energía, no será considerada como una operación de valorización si no cumple con los requisitos de eficiencia que establece la propia Directiva.

Sistemas de tratamientos de residuos sólidos urbanos

En este ítem se resumen los principales sistemas de tratamientos: tratamientos biológicos, mecánicos, mixtos mecánico biológicos y tratamientos térmicos, los cuales se explican sucintamente.

Tratamientos biológicos

Los tratamientos biológicos son operaciones de tratamiento por biodegradación de materia orgánica tanto recolectada de forma separada (FORS) como de la presentes en la fracción resto donde no hay dicha recolección separada, combinándose en este último caso con tratamientos mecánicos complementarios.

Compostaje

El compostaje es un proceso biológico aerobio (con presencia de oxígeno) que, bajo condiciones de aire, humedad y temperatura controladas, transforma los residuos orgánicos degradables en un material estable llamado compost, que se puede utilizar como enmienda orgánica.

El proceso de compostaje imita la transformación de la materia orgánica en la naturaleza y permite homogenizar los materiales, reducir su masa y volumen. Este tratamiento favorece el retorno de la materia orgánica al suelo y su

reinserción en los ciclos naturales.

El proceso de descomposición se basa en la actividad de microorganismos como los hongos y las bacterias, y su duración puede oscilar, dependiendo de distintos factores (sistema, tecnología, disponibilidad de espacio, etc.), entre 10 y 16 semanas.

El proceso de compostaje se desarrolla en dos fases: descomposición y maduración. En la primera fase, desaparecen las moléculas más fácilmente degradables liberando energía (se alcanzan temperatura de 60-70°C), agua, anhídrido carbónico y amoníaco; biopolímeros como la celulosa y la lignina quedan parcialmente alterados y pasan a ser, en la posterior fase de maduración, las estructuras básicas de las macromoléculas que incluirán parte del nitrógeno contenido en los materiales iniciales dando lugar a materia orgánica parecida a las sustancias húmicas del suelo (Soliva, 2001a).

La duración de esta primera fase suele ser de 4-6 semanas, aunque si se lleva a cabo de forma intensiva (recintos cerrados y aireación forzada) puede reducirse a 2-4 semanas.

Después se pasa a la etapa de maduración, donde el residuo se estabiliza y madura, para ello se requiere de 6-10 semanas, y finalmente se obtiene un producto, el compost, con distinta estabilidad, según la duración de esta fase.

Dependiendo la cantidad de residuos que se trate y su limpieza, se necesitan etapas de pre y postratamiento; las primeras para adecuar los materiales a la transformación biológica y las segundas para ajustar el producto dependiendo cuál sea su destino.

Cuando se trata fracción orgánica de recolección separada se logra un mejor compost. Para la materia orgánica no separada en origen se utiliza el término bioestabilización u otros similares (estabilización aerobia), aunque las bases del proceso biológico son las mismas.

Los principales sistemas de compostaje / bioestabilización son los siguientes:

pilas,

túneles de compostaje,
tambores de compostaje,
compostaje en nave cerrada con volteo automático,
estabilización en trincheras.

Otro tipo de tratamiento biológico que se puede aplicar a los residuos orgánicos es el biosecado. Este consiste en la evaporación de parte de la humedad contenida en los residuos y en su estabilización. Se lleva a cabo mediante la circulación de una corriente de aire forzada, a través de las pilas formadas con los residuos triturados. El aire aplicado y el calor producido en las reacciones de degradación aeróbica de la materia orgánica favorecen la evaporación del agua contenida en el residuo, de manera que se elimina una parte importante de la humedad y de los patógenos, así como una parte de la materia orgánica contenida en los residuos.

Este sistema se puede utilizar con fracciones mezcladas sin tratamiento mecánico de selección previa o para conseguir cierta estabilización de los rechazos con contenido orgánico y de la materia orgánica no recolectada separadamente. La reducción del grado de humedad por debajo del 20 % del peso genera un material de alto PCI (poder calorífico inferior) que podría llegar a ser valorizado como combustible.

Biometanización

La biometanización o digestión anaerobia es un proceso biológico que, en ausencia de oxígeno y a lo largo de varias etapas en las que interviene una población heterogénea de microorganismos, permite transformar la fracción más degradable de la materia orgánica en biogás, una mezcla de gases formada principalmente por metano y dióxido de carbono y por otros gases en menor proporción (vapor de agua, CO, N₂, H₂, H₂S...).

El biogás es un combustible de elevada capacidad calorífica (5.750 Kcal/m³), lo que le confiere características combustibles ideales para su aprovechamiento energético en motores de cogeneración, calderas y turbinas (generando electricidad, calor o biocarburante).

La digestión anaerobia se desarrolla en múltiples etapas, donde las fases principales son una primera hidrolítica fermentativa y una final metanogénica. En esta última, se transforman los productos finales en metano y dióxido de carbono.

Las tecnologías de biometanización se clasifican en dos grandes grupos atendiendo al contenido en sólidos en el proceso: digestión anaerobia vía húmeda (se prepara una suspensión añadiendo agua previamente a la digestión) y digestión anaerobia vía seca (el movimiento del residuo dentro del digestor con acción mecánica o mediante la recirculación del propio biogás).

En el primer caso, el contenido en materia seca del residuo está por debajo del 20 %, generalmente entre el 3-15 % y, en el segundo, el contenido está entre el 20 % y el 40 %.

Tratamientos mecánicos

La función de las instalaciones o plantas de clasificación o separación es seleccionar el contenido del material entrante mediante una combinación de procesos de separación mecánicos o automatizados y procesos manuales con el fin de recuperar las fracciones valorizables y prepararlas para su posterior comercialización. Los materiales no separados se envían a rechazo (disposición final o a otro tratamiento si la fracción se pudiera valorizar).

Las áreas básicas necesarias de una instalación semiautomática de selección son:

zona de recepción de residuos;

tolva y cinta de alimentación de residuos y sistema de apertura de bolsas (abrebolsas);

preclasificación manual;

preclasificación mecánica;

clasificación automática de materiales reciclables;

clasificación manual de materiales reciclables;

preparación (prensado y embalaje);

almacenamiento y colocación en camión playo.

La etapa de preselección mecánica normalmente consiste en una criba rotatoria o trómel, cuya función básica es distribuir los residuos por tamaño, con el fin de que la selección manual posterior se realice de una manera más eficaz. Los tamaños de la malla del trómel dependen de las características de los residuos que se tratarán. Es habitual que el primer paso de malla del trómel tenga un tamaño de 40-60 mm para separar tierras, pequeños trozos de vidrio, materia orgánica, etc., es decir, aquellas fracciones que puedan considerarse no clasificables o rechazo, de tal manera que no lleguen a los clasificadores manuales o recuperadores. No todas las instalaciones incorporan esta etapa de preclasificación mecánica, sobre todo aquellas que tienen una baja capacidad de tratamiento.

La clasificación mecánica en una planta se puede hacer con segregación en corrientes mediante separación por medida con trómel o separación por forma con sistemas balísticos y recuperación mediante separadores magnéticos (metales féreos), separadores de Foucauld (metales no féreos), separadores automáticos por infrarrojos (plásticos y cartón para bebidas) y captación con aspiración automática (plástico film).

Tratamientos mecánico-biológicos

Los tratamientos mecánico-biológicos, TMB por sus siglas, son la combinación de procesos físicos y biológicos para el tratamiento de los residuos o fracciones de residuos con contenido significativo de materia orgánica.

Los objetivos del tratamiento mecánico-biológico en las instalaciones de tratamiento de residuos municipales son:

Extraer de los residuos de entrada los materiales impropios voluminosos o que pueden producir problemas en los procesos posteriores de tratamiento.

Separar y recuperar materiales valorizables.

Preparar y acondicionar los residuos para el tratamiento biológico posterior.

Estabilizar la materia orgánica. En el caso de la biometanización, obtener biogás que puede tener un aprovechamiento energético.

Acondicionar los flujos de salida de los procesos para su destino final o valorización.

Como consecuencia de los dos puntos anteriores, disminuir el rechazo saliente de planta y su biodegradabilidad.

Las instalaciones TMB pueden funcionar con diferentes líneas y tecnologías en función de las necesidades. En las instalaciones más comunes, la primera etapa está conformada por el tratamiento mecánico que incluye además de la recuperación de materiales valorizables, la separación de la materia orgánica contenida en la fracción de entrada. Los procesos biológicos que integran pueden utilizar las distintas tecnologías existentes, con las siguientes posibles combinaciones:

Tratamiento mecánico (+Acondicionamiento del rechazo). No se da la segunda

fase de tratamiento biológico.

Tratamiento mecánico + Bioestabilización de la materia orgánica + Acondicionamiento del rechazo.

Tratamiento mecánico + Biometanización de materia orgánica + Bioestabilización del digestato + Acondicionamiento rechazo.

Tratamiento mecánico + Biosecado de materia orgánica + Acondicionamiento rechazo.

Las etapas de bioestabilización, digestión y biosecado son equivalentes a los procesos definidos en el apartado de tratamientos biológicos.

El proceso de tratamiento biológico según la tecnología seleccionada lleva un postafino de la enmienda orgánica obtenida, y según el estabilizado resultante se destine a relleno sanitario como cobertura primaria de los residuos o se use como combustible derivado de residuos (CDR), necesita de un postratamiento particular.

Otros tratamientos.

Reciclaje de tierras y escombros

Gran parte de los residuos de la construcción y demolición (RCD) pueden ser reciclados mediante un proceso mecánico en el que se obtiene una serie de productos valorizables, aptos para su utilización como materia prima.

Un centro de tratamiento y reciclaje de RCD se compone de dos infraestructuras básicas:

Planta de reciclaje de escombros donde se realizan las labores de tratamiento y

recuperación.

Relleno o cava donde son depositados los escombros procedentes de los rechazos de las distintas etapas del proceso de tratamiento.

Los procesos de tratamiento de RCD incluyen las siguientes etapas:

Pretratamiento: selección primaria donde se separan aquellos residuos que no pueden ser tratados en la instalación (por ejemplo, los materiales tóxicos y peligrosos) y se seleccionan las fracciones más voluminosas, antes de acceder a la siguiente fase.

Proceso de clasificación: cribado del material entrante (separación fracción fina), separación automática y manual de férricos, otros metales, plásticos, papel-cartón, maderas, etc., trituración del material árido grueso, y clasificación por cribado y limpieza del árido en función de la granulometría.

Almacenado y expedición de productos a las instalaciones de reciclaje correspondientes y de áridos comercializables.

Tratamientos térmicos. Valorización energética

Se considera como tratamiento térmico de los residuos cualquier proceso destinado a la transformación de los residuos mediante la aplicación de energía calorífica (incineración, pirólisis, secado, etc.). No son tratamientos finales completos, pues generan residuos que se deben gestionar adecuadamente a sus características.

Actualmente, existen distintos tipos de tecnologías de tratamiento térmico: incineración, gasificación, pirólisis y gasificación por plasma, aunque cada una de ellas se ha desarrollado a distinto nivel. De estas tecnologías, la incineración está ampliamente desarrollada y probada en todos los aspectos. Las instalaciones

con estos tratamientos térmicos deben cumplir los requerimientos establecidos.

Por ejemplo, en la legislación europea vigente debe cumplir con las siguientes directivas y decretos:

Directiva 2000/76/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 4 de diciembre de 2000, relativa a la incineración de residuos.

Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo, sobre incineración de residuos.

Directiva 2008/98/CE, sobre los residuos y por transposición la Ley 22/2011, de residuos y suelos contaminados.

En Europa, para que la incineración de residuos sólidos urbanos sea considerada como operación de valorización (R 1- Utilización principal como combustible u otro modo de producir energía) en el marco de la jerarquía de gestión, la Directiva 2008/98/CE, sobre los residuos y por transposición la Ley 22/2011, de residuos y suelos contaminados, establecen la necesidad de alcanzar o superar una eficiencia energética de 0,65, a partir del 1 de enero de 2009 (0,60 tratándose de instalaciones en funcionamiento y autorizadas conforme a la legislación comunitaria aplicable desde antes del 1 de enero de 2009). Resultante de una fórmula compleja que tiene que aplicarse de conformidad con las mejores tecnologías disponibles para la incineración de los residuos.

Incineración

En la incineración tiene lugar la combustión, reacción química que se basa en una oxidación térmica total en exceso de oxígeno. Las características generales de la incineración de residuos son las siguientes:

Se requiere un exceso de oxígeno durante la combustión para asegurar una completa oxidación.

La temperatura de combustión está típicamente comprendida entre los 900°C y 1200°C.

Como resultado del proceso de incineración se obtiene:

Gases de combustión, compuestos principalmente por CO₂, H₂O, O₂ no reaccionado, N₂ del aire empleado para la combustión y otros compuestos en menores proporciones procedentes de los diferentes elementos que formaban parte de los residuos. Los componentes minoritarios presentes dependerán de la composición de los residuos tratados. Así pues, pueden contener gases ácidos derivados de reacciones de halógenos, azufre, metales volátiles o compuestos orgánicos (como dioxinas y furanos) que no se hayan oxidado. Finalmente, los gases de combustión contendrán partículas, que son arrastradas por los gases.

Residuo sólido, compuesto fundamentalmente por escorias inertes, cenizas y residuos del sistema de depuración de los gases de combustión. El calor que llevan los gases a la salida de la cámara de postcombustión se puede aprovechar para calentar agua, que se utiliza como calefacción o como generador de vapor para usos industriales o para generar energía eléctrica mediante un conjunto de turbina de vapor y alternador.

Pirólisis

La pirolisis es una degradación térmica de una sustancia en ausencia de oxígeno, por lo que dichas sustancias se descomponen mediante calor sin que se produzcan las reacciones de combustión.

Gasificación

La gasificación es un proceso de oxidación parcial de la materia, en presencia de cantidades de oxígeno inferiores a las requeridas estequiométricamente.

Gasificación por plasma

El plasma es una mezcla de electrones, iones y partículas neutras, obtenido al someter un gas a altas temperaturas. La generación del plasma se realiza al hacer fluir de un gas inerte a través de un campo eléctrico existente entre dos electrodos.

La legislación de la UE en materia de residuos es uno de los principales factores en este campo. Las principales directivas sobre residuos de la UE se revisaron en 2018. Se trata de la Directiva marco sobre residuos, la Directiva relativa a los envases y residuos de envases, la Directiva relativa al vertido (disposición) de residuos, la Directiva sobre pilas y acumuladores, la Directiva sobre aparatos eléctricos y electrónicos.

Disposición final de residuos sólidos

El relleno sanitario (RS) es la metodología técnica para la disposición final de los RSU que no se puedan recuperar o reciclar, y se denominan fracción de rechazo. El relleno es una obra de ingeniería, una instalación cada vez más avanzada, diseñada y operada para la contención y el confinamiento de los residuos con sistemas de protección ambiental y de seguridad para la salud de la población.

Dependiendo de la característica de los residuos y de su volumen, se profundizan los factores de seguridad del diseño y se establecen categorías de relleno sanitario.

El relleno es una formación estanca y estructuralmente estable compuesta de módulos y celdas, cuya base y pendientes laterales están diseñadas para minimizar las infiltraciones del agua de lluvia y facilitar la recolección de lixiviados. Así, el diseño del sistema deberá tener en cuenta los impactos sobre el medio ambiente, la salud y la seguridad tanto durante su operación como del mantenimiento final, durante el cierre y postcierre.

Es importante destacar que la protección ambiental se logra con los siguientes factores para considerar: el emplazamiento adecuado, el diseño de ingeniería cuidadosamente implementado durante la construcción y operación del relleno, la correcta autorización y control del tipo de residuos que ingresan, y el monitoreo de todas las acciones a corto y largo plazo.

Pasos para seguir para el diseño de un relleno sanitario

Elaboración del diagnóstico

Para realizar y diseñar un proyecto de relleno sanitario necesitamos, primeramente, la elaboración de un diagnóstico sobre la gestión de los residuos en el municipio o ciudad en que va a establecerse, o, en el caso de un relleno regional, de todos los municipios que componen el área con el fin de saber y proyectar el volumen de residuos sólidos urbanos o asimilables que se dispondrá en el relleno sanitario en los próximos años.

Hay que considerar: la forma en que opera el servicio de recolección de residuos y cómo es su disposición final actual, volumen de residuos generados, los recursos económico financieros con los cuales cuenta el municipio, los recursos humanos que integran el equipo de gestión y cómo es la forma en que se administra el servicio (municipal o mediante contratos con privados) y, no menos importante, la problemática ambiental presente en el sitio y los alrededores.

Del diagnóstico se obtienen los parámetros básicos que se necesitan para el diseño del relleno sanitario y se detecta la problemática para resolver.

Un dato imprescindible es la población que atenderá ese relleno y su crecimiento anual, para visualizar las dimensiones requeridas del terreno para construir un relleno sanitario, dando lugar a la búsqueda de sitios dentro de las jurisdicciones municipales que cumplan con las especificaciones.

Hay que considerar que estas obras de ingeniería se proyectan a 15/ 20 años, con lo cual el cálculo deberá prever y proyectar esa capacidad de recepcionar residuos y la vida útil de la infraestructura.

Selección de sitio

Con el diagnóstico se pasa a evaluar los potenciales sitios. Una herramienta común para evaluar los sitios de un relleno sanitario es un sistema de información geográfico (SIG), como medio valioso de procesamiento de grandes cantidades de datos y para asegurar una evaluación de todas las opciones. Permite cruzar datos de red vial para transporte, accesos al sitio, densidad de población existente, variables geográficas, ríos y arroyos, precipitaciones, uso de suelo y muchas más. Lo ideal es que el municipio tenga varias opciones de terrenos factibles para el emplazamiento de un relleno sanitario, para que, de esta manera, se pase a la etapa de selección de sitio.

Así se elige el sitio más apto, considerando los puntos de vista ambiental, de construcción, de operación, económico y de aceptación social. Para ello es recomendable que el proceso de selección se realice a través de reuniones de consulta pública en donde participen todos los actores sociales interesados en el tema, incluyendo a la autoridad estatal.

La siguiente etapa es la de Estudios Básicos y Análisis; una vez seleccionado el posible sitio se efectúan los estudios y análisis de campo correspondientes, ya que esta parte del proceso de emplazamiento representa un gasto para el proponente de obra.

Los resultados obtenidos se emplean para el diseño del proyecto ejecutivo y toda la información que se obtenga será requerida para elaborar el documento de estudio, declaración o manifestación de impacto ambiental según los requerimientos legales de cada jurisdicción o país.

Aunque generalmente se considera que la realización de todos estos estudios es un «gasto importante», a la hora de realizar una buena planificación y proceso de evaluación se compensa luego la inversión previa realizada, porque sirve a la etapa posterior de elaboración del proyecto.

Elaboración del proyecto ejecutivo de relleno sanitario

Una de las partes fundamentales en este proceso es el desarrollo del proyecto ejecutivo del relleno sanitario, en donde se diseñarán todos los aspectos relacionados con la preparación del sitio, construcción, operación, control, monitoreo y cierre. El proyecto ejecutivo, junto con los planos y anexos, constituye uno de los requisitos que pide la autoridad estatal para la evaluación y autorización de este tipo de obras. Cada uno de los ítems del proyecto deberá tener una evaluación económica, con sus costos unitarios y cómputos asociados. Así, el proyecto ejecutivo tendrá un análisis económico y financiero tanto de las obras como de su operación y mantenimiento.

Elaboración del estudio de impacto ambiental

Otro de los requisitos para la autorización es la presentación de los estudios ambientales correspondientes, ya sea a través de un Informe o de una Declaración o Manifestación de Impacto Ambiental (DIA), la cual depende de la regulación de cada país y de la categoría del relleno sanitario si el país la tuviere.

De las conclusiones del estudio se desprenden las medidas de mitigación y amortiguamiento para las etapas de un relleno sanitario (construcción, operación, monitoreo y cierre), a través de las cuales la autoridad ambiental del Estado tendrá los argumentos para autorizar, condicionar o negar la ejecución de la obra. En el caso de emitir un dictamen condicionado, el proponente de la obra deberá efectuar las modificaciones correspondientes al proyecto ejecutivo, presentarlo nuevamente a la autoridad estatal correspondiente y establecer en conjunto un calendario de visitas para la verificación durante el desarrollo del proyecto (construcción, operación, monitoreo y cierre).

Implementación del proyecto

Una vez que el proyecto ejecutivo y el estudio de impacto ambiental (EIA) del relleno sanitario han recibido la autorización de la autoridad ambiental estatal, se podrá comenzar con la construcción de las obras.

El municipio y/o localidad que requiera del desarrollo del proyecto ejecutivo de un relleno sanitario deberá considerar quiénes podrían realizar estos trabajos. Ya sea que el municipio con su propio personal elabore el proyecto o que lo encargue a una empresa consultora, en ambos casos se recomienda buscar el consenso del personal técnico de la autoridad ambiental estatal, tanto para detallar los términos de referencia acordes con el tipo de relleno sanitario por construir, como para la supervisión durante el desarrollo del proyecto ejecutivo.

Emplazamiento de los rellenos sanitarios

Proximidad a zonas residenciales y aeropuertos

Para emplazar un relleno sanitario hay cuestiones específicas que se deben evitar como: la proximidad a zonas residenciales, de recreación, o naturales protegidas, así como otros usos del suelo. Es deseable que la zona sea rural.

La distancia mínima para ubicar un relleno sanitario de aeropuertos y/o aeródromos deberá ser: 3.000 metros en el caso que operen aviones de motor a turbina y 1.500 metros si operan aviones de motor a pistón o turbohélice, también hay que tener en cuenta lo dispuesto por la autoridad aérea competente debido a que la presencia de aves y su atracción pueden ser amenazas posibles para la seguridad aérea.

Proximidad y uso de los recursos hídricos subterráneos y superficiales

Los pozos privados o públicos de suministro de agua potable para el riego o para el ganado ubicados aguas abajo con respecto a los límites del relleno se alejarán más de 500 metros del perímetro del emplazamiento. El área y los límites del relleno se ubicarán fuera de la zona de recarga de aguas subterráneas.

En términos de las posibles amenazas a la integridad del emplazamiento del relleno originadas por riesgos físicos como son las inundaciones, corrimientos de tierra y terremotos: los vertederos se ubicarán fuera de las llanuras de inundación de los ríos. No deberán existir riesgos significativos en términos sísmicos en la región del vertedero que puedan provocar la destrucción de bermas, drenajes y otras obras civiles o que requieran medidas de ingeniería innecesariamente costosas. No existirán formaciones subyacentes de caliza, carbonato, fisuradas o de otras rocas porosas que no sirvan como barreras a la migración de lixiviados y gas, donde las formaciones superan 1,5 metros de espesor y se presentan como la unidad geológica superior por encima de las aguas subterráneas sensible.

Estudios para realizar en sitios preseleccionados

Hidrogeología: se deberán realizar las determinaciones necesarias para la correcta identificación de las aguas subterráneas: tipos de acuífero (libres, semiconfinados y confinados), extensión, geometría y relación entre las unidades hidrogeológicas. Se deberán realizar estudios para determinar la permeabilidad vertical, el espesor de la zona subsaturada y el de las capas confinantes.

Hidrología: se deberá caracterizar el sistema de drenaje del área. Para ello deberán delimitarse las cuencas, realizar un estudio del régimen de los cursos de agua existentes: caudales, crecientes, etc., estimaciones de descargas en el área con sus variaciones estacionales y definición de las cotas de inundación por crecidas.

Geología: en los sitios preseleccionados se deberán efectuar los siguientes estudios y determinaciones para la caracterización geológica - hidrogeológica. A tal fin, se realizarán como mínimo 3 (tres) sondeos de estudios de suelo, empleando la técnica de mecánica de suelos, de 7 m de profundidad o hasta el techo de formación rocosa, si esta se presenta a menor profundidad. Debiéndose adicionar un sondeo cada 20 hectáreas o fracción. Además, se deberán determinar las unidades litológicas, su geometría y distribución (geología, geomorfología, hidrología).

Criterios de diseño

A los efectos de proceder a la disposición de los residuos sólidos aplicando la técnica de relleno sanitario, el área destinada para la realización de las obras deberá resultar acondicionada conforme a las siguientes pautas.

Delimitación del área: el área deberá estar limitada perimetralmente con un cerco natural o artificial a efectos de evitar el ingreso de todo aquello ajeno a la obra.

Control de ingreso: deberá preverse la infraestructura edilicia necesaria para efectuar las tareas de control de ingreso y egreso de residuos, personas, vehículos y equipos. Se preverá la colocación de postes, barreras y señales para dirigir el tránsito dentro de la obra hacia las oficinas de control y trámites, y hacia la zona de descarga, y carteles que indiquen las normas y disposiciones de circulación dentro del predio, como así también las de higiene y seguridad en el trabajo.

Zona de amortiguación: se debe establecer una superficie perimetral al sitio, contigua al cercado perimetral de por lo menos 50/80 (83) m de ancho, dependiendo de la categoría de relleno, medidos en forma normal al mencionado cerco, sobre la cual se realizarán tareas de forestación a modo de cortinas, parquización, infraestructura edilicia administrativa y obradores.

Infraestructura básica-módulo

Terraplén perimetral: deberá cumplir las especificaciones técnicas generales de la Dirección de Vialidad u organismo de cada país que regula terraplenes y sus normas de ensayo.

Los terraplenes perimetrales se deberán construir de forma tal que la cota de coronamiento mínima se encuentre a 0,40 m por encima de la cota de inundación del área correspondiente a una recurrencia de 50 años. El ancho de coronamiento deberá ser tal que permita la construcción de una carpeta de rodamiento que garantice la doble circulación (mano y contramano) de vehículos recolectores cargados, equipos y maquinarias aun bajo condiciones climáticas adversas, con banquetas laterales a los efectos de realizar cunetas para la evacuación de aguas superficiales.

Excavación: una vez retirado el primer manto de suelo vegetal comienza la excavación correspondiente hasta alcanzar la cota de proyecto. Cuando las condiciones geológicas e hidrogeológicas del sitio lo permitan, será posible la excavación del interior del recinto estanco o módulo bajo las siguientes pautas: la cota de fondo de la excavación será como mínimo 0,5 (84) m superior a la cota del acuífero libre.

Los taludes de la excavación del recinto deberán respetar idéntica pendiente que la especificada para el talud interno del terraplén perimetral del módulo.

Aislación de base y taludes laterales del recinto: para cumplir con las exigencias normativas internacionales de uso habitual, los taludes y la base de la celda deberán ser impermeabilizados mediante un sistema compuesto por dos barreras, una primaria y otra secundaria.

Esta barrera consiste en un sistema de dos elementos: el elemento superior, que es una membrana flexible (Geomembrana HDPE, por sus siglas en inglés, High Density Polyethylene) o PEAD, polietileno de alta densidad), y el elemento inferior debe estar formado por lo menos por 0,60 m de suelo compactado, con una permeabilidad vertical K_f menor o igual a 1×10^{-7} cm/seg.

Cuando la barrera natural o suelo compactado no cumpla con las condiciones indicadas, podrá lograrse o completarse en forma de barrera artificial (geológica mineral) con aquellos elementos que proporcionen una barrera equivalente de protección. Respecto a la resistencia del fondo de excavación, deberá garantizarse que el substrato geológico es suficientemente estable para evitar asentamientos que puedan causar daños a la barrera.

La legislación internacional permite reemplazar la capa de suelo por una barrera equivalente, se puede emplear como barrera secundaria una geomembrana de arcilla bentonítica sódica (GCL por sus siglas en inglés: Geosynthetic Clay Liner) contenida entre dos capas de geotextil vinculadas mecánicamente por agujado, de muy baja permeabilidad $-k < 1 \times 10^{-11}$ m/s- y alta resistencia al cizallamiento (-24 kPa-). Esta solución, que evita el reemplazo de los suelos del sitio cuando son inadecuados, implica la colocación de un elemento regular, de propiedades homogéneas y de fácil instalación. Ello conlleva un menor impacto ambiental y reducción de plazos de ejecución, y un control más efectivo de los trabajos de impermeabilización.

Previa a su instalación, se realiza la nivelación y compactación de la subrasante. Luego se coloca como barrera primaria una geomembrana de PEAD (Polietileno de Alta Densidad) de 1,50 mm de espesor y, finalmente, una capa de suelo como cobertura. Sobre los taludes, se interpone entre la geomembrana sintética y la cobertura un geotextil no tejido para asegurar la estabilidad del suelo aportado.

Dependiendo del territorio donde se encuentre, otra forma de realizar la barrera artificial es aplicando una capa de suelo bentonita de 0,20 m de espesor. La bentonita es una arcilla con altos contenidos de montmorillonita, altamente expansiva, la cual actúa como sello en el caso extremo de producirse alguna pinchadura en la membrana de PEAD colocada por encima.

Sobre los taludes de los terraplenes se coloca el geocompuesto bentonítico que cumple la misma función preventiva de sello.

Luego de colocado y compactado el suelo bentonita sobre el fondo de celda y colocado el geocompuesto sobre los taludes de los terraplenes perimetrales, se realizará la impermeabilización de todo el sector (fondo de celda y taludes perimetrales) con una membrana PEAD impermeable, flexible, fabricada con material virgen, 100 % imputrescible, químicamente inerte, color negro, que puede tener un ancho mínimo de 7.00 metros.

Gestión de los líquidos lixiviados

Generación de lixiviados

El lixiviado se genera como consecuencia de la humedad de la basura, la infiltración y percolación de parte de las precipitaciones pluviales. Un correcto diseño del relleno debe prever una cobertura superior que incluya capas impermeables para minimizar el porcentaje de lluvia infiltrado. Dicha cobertura debe presentar las pendientes adecuadas a los efectos de facilitar la escorrentía. A su vez, deben preverse un sistema de separación de las aguas pluviales superficiales del lixiviado que se genera dentro del relleno y una canalización adecuada para este último.

La calidad del lixiviado depende de factores tales como la composición de la basura y las condiciones en que opera el relleno: grado de compactación, grado de humedad, etc. A su vez, como producto de la actividad biológica que se desarrolla dentro del relleno, varía en el tiempo, tendiendo con el transcurso de los años y la estabilización de la basura a concentraciones cada vez menores de contaminantes. El producto de la concentración de materia orgánica por el caudal nos dará una serie de datos en el tiempo de la carga del efluente, que permitirán el dimensionamiento de la planta de tratamiento de lixiviados.

Para cálculos precisos pueden usarse programas computacionales disponibles en el mercado, tales como el programa HELP (Hydrologic Evaluation of Landfill Performance) desarrollado para la EPA de Estados Unidos (Peyton y Schroeder, 1988) que trabaja con un modelo cuasi bidimensional que tiene en cuenta, asimismo, drenajes laterales (Peyton y Schroeder, 1993).

Los lixiviados procedentes de un relleno de residuos sólidos urbanos (RSU) suelen registrar niveles muy altos de nitrógeno (como amoníaco), cloruro y potasio, así como sustancias orgánicas disueltas con demanda biológica y química de oxígeno.

Minimizar el frente de trabajo expuesto a diario y utilizar drenajes perimetrales y compactación de la celda rellena, pendientes y materiales de cobertura diaria es importante para reducir la infiltración de las lluvias en los residuos depositados. También evitar la escorrentía de las precipitaciones en la zona activa del relleno (por ejemplo, mediante el uso de bermas y otras desviaciones, recoger y controlar la escorrentía del área activa del relleno. Las aguas de escorrentía suelen ser tratadas junto con los lixiviados generados en la planta.

El relleno sanitario se comporta como un reactor biológico donde los microorganismos presentes en la basura se encargan de hidrolizar el material particulado; en esta hidrólisis juega un papel importante la humedad propia de la basura, así como el agua que infiltra. El material que pasó a la fase líquida sigue siendo sustrato para los microorganismos presentes y comienza una etapa de degradación de la materia orgánica en solución. Debido al rápido agotamiento del oxígeno presente, la mayor parte de los mecanismos de degradación son de tipo anaerobio y tienen como resultado último la producción de biogás.

Debido a esta acción microbiológica el relleno se va estabilizando progresivamente, cambiando asimismo la concentración de contaminantes

(medida como DQO, Demanda química de oxígeno) y disminuyendo la fracción biodegradable (Contreras et al., 1988; Méndez et al., 1989). La formulación de un modelo para predecir la concentración requiere integrar a las ecuaciones de transporte de líquido los términos de generación (hidrólisis del material particulado) y degradación (Borzacconi et al., 1994).

Hay que tratar los lixiviados en las propias instalaciones y/o descargarlos en una planta de tratamiento específica. Los posibles métodos de tratamiento incluyen lagunas aireadas, lodos activados, digestión anaerobia, humedales artificiales, recirculación, filtración por membrana, ultra y nano filtración, lechos de turba, filtros de arena y extracción del metano.

El potencial de formación del lixiviado puede valorarse mediante la preparación de un balance hidrológico del relleno sanitario. El balance implica la suma de todas las posibles entradas y salidas de agua al relleno.

Planta de tratamiento de líquidos lixiviados

El sistema de captación de los líquidos lixiviados del módulo tiene capacidad de recircular una gran cantidad de estos. Sin embargo, en el caso de que se alcance la «capacidad de campo» de los residuos dispuestos, los líquidos extraídos deberán ser enviados a una planta de tratamiento construida para tal fin.

El sistema de tratamiento de los líquidos lixiviados está basado en la remoción de materia orgánica medida en términos de DBO5, demanda bioquímica de oxígeno. El valor DBO5 indica la cantidad de oxígeno que las bacterias y otros seres vivos minúsculos consumen durante 5 días a una temperatura de 20°C en una muestra de agua para la degradación aeróbica de las sustancias contenidas en el agua.

El líquido lixiviado una vez captado del módulo del Relleno Sanitario es transportado a la Planta de Tratamiento y descargado en una laguna de acopio en la cual se efectúa la equalización de calidad del efluente. En las Plantas más utilizadas desde esta laguna, el líquido pasa a las lagunas anaerobias conducido a través de cañerías o estaciones de impulsión.

Las lagunas anaerobias permiten la biodegradación de la materia orgánica

mediante la intervención de microorganismos anaerobios estrictos y facultativos, la atenuación de la carga orgánica, y también la homogeneización del líquido que ingresa a ellas.

El proceso de tratamiento siguiente a la laguna anaerobia consiste en un sistema aeróbico con aireación forzada y sedimentador secundario. El tanque aeróbico con incorporación de oxígeno permite la remoción final de la DBO5 remanente, no removida por el tratamiento anaerobio. La cantidad de oxígeno para incorporar será la suficiente para producir la oxidación de la materia orgánica y además mantener en suspensión los sólidos contenidos en el reactor, como así también la eliminación de nitrógeno.

En serie con el reactor aeróbico, se complementa el sistema de retención de lodos biológicos, los cuales serán recirculados a los reactores a los efectos de mantener una relación de alimento y cantidad de microorganismos adecuada.

Luego del tratamiento biológico, el líquido es derivado al sistema de filtración por membranas, cloración y destino a la cámara de caracterización final.

Gestión del biogás

Generación de biogás

Los rellenos sanitarios contienen una proporción significativa de materia orgánica que produce distintas emisiones gaseosas al verterse, compactarse y cubrirse.

El oxígeno en los rellenos se agota rápidamente, como resultado se produce una descomposición bacteriana anaerobia de los materiales orgánicos y producción de dióxido de carbono y metano principalmente.

El dióxido de carbono es soluble en el agua y tiende a disolverse en los lixiviados. El metano, que es menos soluble en agua y más ligero que el aire, tiende a migrar fuera del relleno sanitario, lo que resulta en gases que suelen consistir en alrededor de 60 por ciento de metano y 40 por ciento de CO₂, con

cantidades traza de otros metales.

Algunos rellenos están diseñados para maximizar la degradación anaerobia y la producción de gas de relleno, que puede quemarse y/o generar energía. No se genera gas de relleno o se genera en cantidades inferiores cuando el material residual es principalmente inerte, como los escombros de construcción.

Los métodos recomendados para controlar y supervisar las emisiones de gas de relleno incluyen los siguientes:

Disponer de un sistema de recolección del gas de rellenos diseñado y operado de acuerdo con los requisitos nacionales aplicables y con las normas internacionalmente aceptadas, incluyendo la recuperación y procesamiento previo al uso o la destrucción térmica mediante unas instalaciones eficaces de combustión en antorcha.

Utilizar el gas de relleno como combustible en caso de que sea posible, o tratarlo antes de su descarga (por ejemplo, utilizando una antorcha de llama oculta o la oxidación térmica cuando el contenido en metano sea inferior al 3 por ciento por volumen).

Captación de biogás del relleno para generación de energía

Para el caso de captura y conducción del biogás hasta la planta de generación de energía se construye una red de pozos verticales de extracción de biogás interconectados por tuberías de PEAD (polietileno de alta densidad) superficiales de diferentes diámetros que se tienden sobre el módulo del relleno sanitario y que conducirán al biogás hasta los colectores. Luego pasarán por un separador de condensado (cárcamo), el cual tendrá la finalidad de separar la fracción condensable de la corriente de biogás, a continuación, el biogás libre de la fracción más pesada será conducido hasta el sistema de captación y tratamiento.

Forman parte del sistema de captación los sopladores de succión e impulsión de biogás que no solo favorecen al transporte del biogás, sino que también son de

mucha utilidad para mantener un caudal de alimentación constante a los motogeneradores.

En grandes superficies se estima un radio de influencia de cada pozo en 25 m, de modo de obtener una red de captación eficiente, sin dejar zonas en las cuales no se capte biogás. Los pozos de captación son versátiles, con el fin de permitir la extracción de lixiviado en boca de pozo en caso de que la operatoria así lo requiera. Al incorporar pozos de extracción versátiles, se busca minimizar los efectos negativos que produce un nivel alto de lixiviado, tanto en la generación como en la captación del biogás.

Es importante destacar que la construcción es secuencial de forma tal que se realice conforme avanza la operación de disposición de residuos y la cobertura se encuentre en cota final.

Las perforaciones se llevan a cabo con una perforadora autopropulsada, la cual se desplaza hasta el lugar de la excavación. Se perforará con una broca, se insertará el caño perforado de PEAD y se completa la sección anular con piedra partida granítica no calcárea.

Los pozos llevan: tapas de fondo para sellar el tubo en su parte inferior y uniformizar la succión a lo largo del tramo de la tubería, piedra partida granítica no calcárea que se utilizará tanto para la conformación del fondo de pozo como para el llenado de la sección anular hasta donde comienza el sello con bentonita, es decir se utilizará una mezcla bentonítica para el sellado superior de los pozos de captación.

Los cabezales de los pozos están formados por un cuerpo de PEAD. En el extremo superior cuentan con una tapa bridada para permitir el acceso en caso de necesidad. La salida se hace mediante un ramal derivación lateral con acople rápido para medición de presión y una válvula mariposa para permitir la regulación / optimización de la captación del biogás (caudal y calidad).

Esta red será la encargada de conducir y distribuir el biogás desde cada pozo de captación hasta la planta de tratamiento. Su configuración se realiza del tipo «espina de pescado» y está integrada por los siguientes componentes:

tuberías primarias y secundarias de conexión de pozos;

colectores;

cárcamos de condensado (para separar la fase líquida de la corriente de biogás);

tubería principal;

tubería de ingreso a planta.

Los equipos de tratamiento deben ser los adecuados para garantizar los requisitos de calidad del biogás a la entrada de los motogeneradores para una correcta operación. Dicho tratamiento comprende la eliminación de líquidos, humedad, partículas y siloxanos de la corriente de gas.

Una vez capturado y pretratado, es enviado como combustible para alimentar los motogeneradores de cada una de las centrales térmicas. El excedente de dicha alimentación, en caso de existir, se trata mediante la incineración controlada en antorchas de llama oculta según lo establece el Mecanismo de desarrollo limpio del Protocolo de Kioto. Los generadores se vinculan eléctricamente a la red de la Empresa de distribución de energía.

Cierre del relleno sanitario y fase posterior al cierre

Los operadores del relleno deben elaborar un plan de cuidados para el cierre y la fase posterior al cierre de las instalaciones. La elaboración de un plan de cierre que especifique los objetivos y controles ambientales necesarios (incluyendo las especificaciones técnicas), el uso futuro del suelo (definido tras consultar a las comunidades locales y entidades gubernamentales), el calendario de cierre, los recursos financieros y acuerdos de supervisión. La evaluación, selección y aplicación de métodos de cierre deben ser concordantes con el uso posterior al cierre e incluirán la colocación de una cubierta final para impedir los impactos adicionales para la salud humana y el medio ambiente.

La aplicación de componentes de la cubierta final que se ajuste al uso de la fase posterior al cierre y a las condiciones climáticas locales proporcionará una protección ambiental a largo plazo al impedir el contacto directo o indirecto de

los organismos vivos con los materiales residuales y sus componentes; minimizar la infiltración de las precipitaciones en los residuos y la subsiguiente generación de lixiviados, controlar la migración del gas de vertedero, y minimizar las necesidades de mantenimiento a largo plazo.

Es importante identificar los instrumentos financieros disponibles para cubrir los costos de cierre y su fase posterior y de seguimiento.

Gestión ambiental del relleno

A través de las distintas instalaciones de supervisión ambiental (freatímetros permanentes para el agua subterránea y estaciones de muestreo para el agua superficial), se llevan a cabo el monitoreo, seguimiento y evaluación de los parámetros de calidad dispuestos, realizándose lo propio para el resto de los componentes para garantizar la protección (suelo, aire, social).

Una vez seleccionado el predio donde se construirá el relleno sanitario y previo al inicio de las obras, se deberán establecer las características iniciales y constituirse una línea de base analizando:

Aguas subterráneas

El monitoreo de aguas subterráneas es, tal vez, el de mayor relevancia en cuanto a la aplicación de la técnica de relleno sanitario se refiere. Su objetivo es verificar que todas las tareas que forman parte de las distintas etapas, es decir: construcción, operación, clausura y mantenimiento postclausura, hayan sido realizadas de acuerdo a las reglas del arte, sin causar daño alguno tanto a la salud pública como al medioambiente.

Por tal motivo, a fin de efectuar el seguimiento de la eficacia de la técnica utilizada, se diseña y construye, antes del inicio de las operaciones de disposición final, una red de monitoreo consistente en una batería de pozos conectados a los acuíferos semiconfinados, tanto aguas arriba como aguas abajo

de la zona en donde se proyecta disponer los residuos.

Pozos de monitoreo del primer acuífero

Se efectúan diez perforaciones al primer acuífero, debidamente selladas y con todas las prerrogativas exigidas a los pozos de extracción de agua, con la finalidad de tomar las muestras necesarias para evaluar la calidad del acuífero en el transcurso de las operaciones con residuos y luego de clausurado el relleno sanitario.

Una vez establecidas las características de las aguas subterráneas según lo expresado, especialmente en lo referente a la cantidad y tipo de acuíferos, sus respectivas direcciones y sentido de escurrimiento, se deberá proceder a la construcción de la red de monitoreo.

Esta estará compuesta por una serie de pozos de monitoreo (construidos de acuerdo con la memoria técnica del anexo) a los acuíferos del lugar (libre, semiconfinados y confinados), situados a la máxima distancia posible del eje del terraplén perimetral, sobre el límite del predio (dentro del área perimetral de amortiguación de 80 m) y de acuerdo a las siguientes premisas:

Aguas arriba

Las posiciones más salientes se ubicarán en la intersección imaginaria de los ejes de la dirección principal del escurrimiento (DPE), coincidentes con los vértices más externos del terraplén perimetral (considerados en forma perpendicular a la DPE), con el alambrado que marca el límite del predio hacia aguas arriba.

Los pozos se ubicarán comenzando por los de los extremos del área de operaciones y, si la distancia entre ellos es mayor de 400 metros (medida en forma perpendicular a la dirección de flujo), se deberá adicionar la cantidad de posiciones intermedias necesarias para que la separación entre monitores no supere esa medida y sean equidistantes entre sí.

Aguas abajo

El criterio para las posiciones es similar al caso anterior, pero la intersección será con el alambrado que marca el límite del predio hacia aguas abajo.

En este caso, los pozos también se ubicarán comenzando por los de los extremos y, si la distancia entre ellos es superior a 300 metros (medida en forma perpendicular a la dirección de flujo), se deberá adicionar la cantidad de posiciones intermedias necesarias para que la separación entre los monitores no supere esa medida y sean equidistantes entre sí.

- **Parámetros hidráulicos:**

Se deberán establecer los parámetros hidráulicos (transmisividad, permeabilidades, caudal, coeficiente de almacenamiento, etc.) de los acuíferos mediante ensayos de bombeo en el sitio seleccionado y su entorno.

- **Caracterización:**

Se establecerán las condiciones iniciales de las aguas subterráneas, mediante la realización de análisis para determinar las concentraciones de los parámetros:

- ° Conductividad específica

- ° Color

- ° pH

- ° Cloruros (Cl⁻)

- ° Turbidez

- ° Demanda química de oxígeno (DQO)

- ° Nitrógeno total Kjeldhal

- ° Nitrógeno amoniacal

- ° Sulfatos ($\text{SO}_4^{=}$)
- ° Alcalinidad total (expresada como HCO_3^- o $\text{CO}_3^{=}$)
- ° Dureza total (expresada como CaCO_3)
- ° Calcio (Ca^{++})
- ° Magnesio (Mg^{++})
- ° Sodio (Na^+)
- ° Potasio (K^+)
- ° Fosfatos ($\text{PO}_4^{=}$)
- ° Hierro total
- ° Cobre (Cu^{++})
- ° Cadmio (Cd^{++})
- ° Zinc (Zn^{++})
- ° Cromo total
- ° Manganeseo (Mn^{++})
- ° Níquel (Ni^{++})
- ° Plomo (Pb^{++})
- ° Arsénico (As^-)
- ° Cianuro (CN^-)
- ° Mercurio (Hg^{++})

Asimismo, se deberán determinar las cotas de nivel del terreno de los respectivos

niveles estáticos, con error $< 0,01$ metro.

Los resultados de los análisis son volcados en una base de datos a partir de la cual se evalúa estadísticamente el comportamiento de cada parámetro en cada pozo y se calculan diversos valores tales como máximo, mínimo, promedio, media, desviación estándar, varianza y cálculo de percentiles.

De esta manera, se tiene un seguimiento estadístico en cada pozo de cada uno de los parámetros que se analiza, comparando los resultados con los criterios estadísticos aceptados y las concentraciones aguas arriba y aguas abajo del relleno sanitario.

Aguas superficiales

Para el estudio hidrológico se deberá caracterizar la cuenca (tamaño, forma, pendiente, tiempo de concentración, etc.), definir la precipitación de diseño y calcular el hietograma de diseño mediante el empleo de un modelo hidrológico.

Se deberá, además, determinar usos de los recursos hídricos de la cuenca: pozos de agua potable, reservorios, vertientes, riego, etc.

Se establecerán las condiciones iniciales de las aguas superficiales, mediante la realización de análisis para determinar las concentraciones de los siguientes parámetros:

- ° Conductividad específica
- ° Sólidos en suspensión
- ° Sólidos disueltos totales
- ° Sólidos sedimentables 10 min. y 2 hs
- ° Detergentes
- ° Sustancias fenólicas

- ° pH
- ° Cloruros (Cl⁻)
- ° Sulfuros (S⁼)
- ° Turbidez
- ° Oxígeno disuelto
- ° Demanda química de oxígeno (DQO)
- ° Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO)
- ° Nitrógeno total Kjeldhal
- ° Nitrógeno amoniacal
- ° Nitrógeno orgánico
- ° Nitratos (NO₃⁼)
- ° Nitritos (NO₂⁼)
- ° Sulfatos (SO₄⁼)
- ° Alcalinidad total (expresada como HCO₃⁻ o CO₃⁼)
- ° Fosfatos (PO₃[≡])
- ° Residuo total por evaporación
- ° Hierro total
- ° Cobre (Cu⁺⁺)
- ° Cadmio (Cd⁺⁺)
- ° Zinc (Zn⁺⁺)
- ° Cromo total

° Manganese (Mn⁺⁺)

° Níquel (Ni⁺⁺)

° Plomo (Pb⁺⁺)

° Arsénico (As⁻)

° Mercurio (Hg⁺⁺)

Construcción de la red de monitoreo para aguas superficiales

Previo al establecimiento de las estaciones de muestreo se deberá delimitar la subcuenca en la que se construirá el relleno sanitario para determinar dónde intersectan sus límites al curso superficial.

Aguas arriba:

La estación deberá situarse en la intersección del límite aguas arriba de la subcuenca con el curso superficial (ver croquis).

Aguas abajo:

La estación deberá situarse en la intersección del límite aguas abajo de la subcuenca con el curso superficial.

Control de emisiones gaseosas

Se controla calidad del aire y de las emisiones gaseosas de los rellenos sanitarios, de acuerdo con lo establecido por la Ley Provincial 5965 (Pcia. de Buenos Aires), que regula la «protección a las fuentes de provisión, a los cursos y cuerpos receptores de agua, y a la atmósfera».

Se controlan dos tipos de emisiones gaseosas: las producidas en las antorchas de combustión de biogás de las plantas de tratamientos de gases y las producidas en

la superficie, llamadas también emisiones difusas.

En el caso de las emisiones gaseosas en las antorchas, primero se caracteriza el biogás y luego se estudian las emisiones gaseosas producto de la combustión.

Para las emisiones difusas, el muestreo se realiza con campanas de flujo y comprende dos etapas: la primera es la realización de un muestreo exhaustivo para establecer sus emisiones, mientras que la segunda etapa consiste en establecer la frecuencia y cantidad de campanas necesarias para obtener un muestreo representativo de las emisiones de cada relleno. Con esta metodología se pueden establecer las emisiones gaseosas de un relleno independientemente de otras fuentes emisoras.

La modelización de las emisiones gaseosas es el último eslabón en este proceso de controles. Involucra ambos tipos de emisiones e intenta determinar la dispersión en la atmósfera de diferentes sustancias analizadas en función de las condiciones meteorológicas reinantes en cada sitio y así establecer dónde se encontrarían las mayores concentraciones de cada parámetro, que son comparadas con los niveles guía de la legislación vigente.

Hacia la economía circular

La evolución de la economía global ha estado dominada por un modelo lineal de producción y consumo, en el cual se fabrican productos a partir de materias primas que luego se venden, se utilizan y, a continuación, se desechan como residuos. Aunque se han logrado avances importantes para mejorar la eficiencia de los recursos, todo sistema basado en el consumo en lugar de en el uso restaurativo de los recursos conlleva pérdidas restaurativa y regenerativa a propósito, y se trata de que los productos, componentes y materias mantengan su utilidad y valor máximos en todo momento, distinguiendo entre ciclos técnicos y biológicos.

La economía circular (EC) surge como una alternativa a la tradicional economía lineal, vigente desde hace más de un siglo, en la cual se ha privilegiado el esquema de fabricar-usar-descartar. El primer eslabón de este esquema

(fabricación, producción) se ha caracterizado por la extracción incontrolada de recursos naturales, renovables y no renovables, tales como combustibles fósiles, minerales, madera, etc., para fabricar productos que al término de su vida útil son tornados al medio ambiente como residuos y descargas o emisiones contaminantes (incluyendo líquidas y gaseosas).

Una economía circular se define a partir de las siguientes características fundamentales: los residuos se eliminan del diseño. En una economía circular, los residuos no existen y se eliminan del diseño deliberadamente. Las materias biológicas no son tóxicas y pueden devolverse fácilmente al suelo mediante el compostaje o la digestión anaeróbica. Las materias técnicas —polímeros, aleaciones y otras materias artificiales— se diseñan para ser recuperadas, renovadas y mejoradas, minimizando el aporte de energía necesaria y maximizando la retención de valor (tanto en términos económicos como de recursos).

Estadísticas europeas

El modelo europeo apuesta decididamente por la reconversión del residuo en recurso, especialmente mediante la reutilización y el reciclaje. La media actual de reciclado en la UE es del 43 % y los progresos son esperanzadores.

El objetivo para 2020 era alcanzar una tasa media de reciclado de RSU del 50 %, y para 2030 del 65 %. La apuesta de la UE por el reciclado es clara, pues en palabras de la Agencia Europea de Medio Ambiente:

El reciclado es beneficioso para el medio ambiente porque evita vertidos y reduce por tanto las emisiones de contaminantes. También contribuye a satisfacer la demanda de materiales de la producción económica, frenando la extracción y el refino de materiales vírgenes. Además, el reciclado ofrece importantes beneficios económicos y sociales: genera crecimiento económico y empleo, fomenta la innovación y contribuye a asegurar la disponibilidad de recursos críticos. El reciclado es vital para una prioridad fundamental de la

política europea y global: el cambio a una economía verde que genere prosperidad manteniendo un medio ambiente sano y la equidad social para las generaciones actuales y futuras.

Sin embargo, aunque mejoremos drásticamente nuestros métodos, el reciclado tiene, hoy por hoy, límites difícilmente franqueables. Una parte importante de los residuos no permite este modo de valorización y hay que proceder de otro modo para que podamos seguir considerándolos como recurso, ya que el objetivo fundamental de todo el sistema es reducir al máximo la cantidad de residuos destinados a la disposición, solución final que, en definitiva, supone la incorporación de los residuos al ecosistema confiando en su capacidad de digestión.

Según informaciones de Eurostat, Alemania recicla el 63,8 % mientras que la República Checa está en el 25,4 %. No obstante, los datos comparados sobre reciclado deben tomarse con precaución ya que no siempre se utilizan en distintos países los mismos criterios de cómputo. (Tabla 1)

Tabla 1. Gestión - Residuos Municipales EU 28 - Años 1995-2017

ITEM	Año 1995 Million Ton.	Año 2017 Million To
Disposición (Relleno sanitario)	145	58
Incineración	32	68
Reciclado	25	74
Compostaje	14	43
Otros	10	6

Elaboración Propia basada en eurostat/statistics online.

En cuanto al cuadro que se presenta y su estadística, se observa en concordancia con las Directivas europeas las tendencias hacia una gestión en la cual el reciclado, la incineración y el compostaje han crecido como alternativas de gestión mientras que la disposición final ha disminuido un tercio de 145 million Ton a 58 million Ton.

Tabla 2. Gestión de Residuos Municipales de EEUU - Años 1990-2017

ITEM	Año 1990 Million Ton.	Año 2018 M
Disposición (Relleno sanitario)	145,3	146,1
Incineración con Generación de Energía	29,8	34,6
Reciclado	29	69,1
Compostaje	4,2	24,9
Gestion de residuos de alimentos	-	17,7

Elaboración Propia basada en 2018 Fact sheet EPA

En la Tabla 2 podemos ver los diferentes tratamientos y su evolución comparada entre el año 1990 y el año 2018 en millones de toneladas.

Se observa, a diferencia de Europa, que la Disposición Final por relleno sanitario ha permanecido numéricamente igual, ha aumentado significativamente la generación de residuos y la manera de tratarlos, como por ejemplo, con el compostaje que se empezó a contabilizar en el año 1990 con un valor 6 veces mayor y el reciclado que ha duplicado los valores.

Es importante destacar que la EPA implementó un cambio en la metodología a partir del 2018 y mide una categoría nueva que son los flujos de residuos de alimentos en distintas categorías como codigestión, digestión anaerobia, alcantarillado, tratamiento aguas residuales, materiales de base biológica.

Referencias bibliográficas

<https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/gestion/sistema-tratamiento/Default.aspx>

Agencia Europea del Medio Ambiente, Unión Europea, «Residuos y recursos materiales», en <http://www.eea.europa.eu/es/themes/waste/intro> Consulta 9.10.2016

Municipal Waste Statistics, Eurostat Statistics Explained, Unión Europea, Disponible en http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal_waste_statistics

Directiva 2000/76/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 4 de diciembre de 2000, relativa a la incineración de residuos.

Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo, sobre incineración de residuos.

Directiva 2008/98/CE, sobre los residuos y por transposición la Ley 22/2011, de residuos y suelos contaminados,

<https://www.eea.europa.eu/es/themes/waste/intro>

Ellen MacArthur Foundation (2015). Hacia una economía circular: motivos económicos para una transición acelerada. Londres, Inglaterra.

Advancing Sustainable Materials Management: 2018 Fact Sheet. EPA.

■

83. Resolución 1143 Pcia. de Buenos Aires, Argentina.

84. Resolución 1143 PBA-Argentina.

GESTIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS, PATOGÉNICOS, RAEE Y OTROS

■

Gustavo Fernández Protomastro

Lic. en Ciencias Biológica (UBA) y máster en Ingeniería Ambiental (UPC, Barcelona). Consultor Grupo Ecogestionar SRL, Cerrito 236, piso 2, CABA.

Contacto. proto@ecogestionar.com.ar

Introducción

La gestión de residuos peligrosos, patogénicos y otros residuos es prioridad para la política ambiental y el marco legal argentino. Asimismo, considerando las implicancias legales es un tema crítico para los responsables jurídicos y ambientales de las empresas y emprendimientos productivos dado que, según se enuncia en Ley Nacional N.º 24051, art. 55:

... será reprimido con las mismas penas establecidas en el artículo 200 del Código Penal, el que, utilizando los residuos a que se refiere la presente ley, envenenare, adulterare o contaminare de un modo peligroso para la salud, el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general.

Desde otro punto de vista, la gestión de los residuos peligrosos resultó ser el mayor impulsor de las inversiones en la «industria de servicios ambientales» de la Argentina, como ser la logística, tratamiento y disposición final de residuos;

tecnologías de tratamiento de emisiones o efluentes; economía circular de los residuos; consultoría y asesoramiento legal; y seguros, entre otros.

Todas las industrias o actividades productivas requieren habilitaciones o licencias ambientales, por lo cual, en toda actividad o proyecto se evalúan los recursos financieros y humanos, así como las tecnologías, procesos y recursos humanos para tratar, reducir, controlar, monitorear o mitigar los impactos potenciales de la generación, emisión o vertido de residuos peligrosos.

La mayor parte de las actividades productivas, industriales y de servicios generan, en mayor o menor medida, emisiones, vertidos y residuos sólidos, que pueden variar en cuanto volumen, concentración y riesgo potencial. A diferencia de los residuos sólidos urbanos o escombros, los residuos peligrosos contienen sustancias tóxicas, reactivas, corrosivas, explosivas, oxidantes o eco-tóxicos que requieren una gestión diferenciada, con operadores especializados y con un control del «ciclo de vida del residuo peligroso», desde su generación hasta su transporte, tratamiento y disposición final.

Asimismo, sin lugar a dudas, también todos los habitantes generan y desechan este tipo de residuos, denominados residuos especiales de generación universal (REGU), entre los que podemos incluir desde apósitos, toallas femeninas o pañales (que pueden contener residuos patogénicos) hasta pilas, baterías, lámpara de mercurio, residuos electrónicos (RAEE), autopartes o vehículos fuera de uso (VFU) y químicos de uso común en el hogar (pesticidas, combustibles, medicamentos, pinturas, pigmentos), cuyos envases, restos, fracciones o conjuntos tienen corrientes de residuos peligrosos sometidos a control. Por más que sean generados por un particular, millones de unidades de pilas, RAEE, lámparas o latas de pintura resultan en un grave riesgo ambiental por la sumatoria de pequeñas concentraciones de residuos peligrosos.

En tal sentido, la política ambiental tiene que definir sistemas de gestión específicos y efectivos para separar en origen, acopiar, recolectar, transportar, recuperar, tratar y/o dar disposición final a la mayor cantidad de este tipo de residuos peligrosos dentro de procesos que sean viables desde el punto de vista técnico/ambiental, económico y social. Los residuos peligrosos, ya sean industriales, patogénicos o de generación universal (lámparas, pilas, RAEE) no deben disponerse con residuos sólidos urbanos.

Es importante reconocer que, si bien hoy es técnicamente imposible gestionar y

tratar todas las emisiones, efluentes líquidos o residuos sólidos potencialmente peligrosos, el foco de la política ambiental pasa por obligar a los generadores a gestionar aquellos residuos que implican un mayor riesgo y los que se generan en mayor volumen. En tal sentido, se fijan niveles guía basados en criterios científicos y técnicos, con el objeto de determinar criterios normativos a la hora de legislar, fiscalizar y controlar generación o gestión de los residuos peligrosos.

En la medida que la ciencia en general y la ingeniería ambiental en particular avanzan hacia una industria o producción más limpia y sustentable, se deberán seguir analizando con mayor detalle aquellas corrientes de desechos que se deben controlar, fijando umbrales o concentraciones de los niveles guía, para ir minimizando, amortiguando o eliminando el riesgo potencial de estos residuos sobre los seres humanos, la biodiversidad y el medio físico. Es por ello crítico que los peritos ambientales deben conocer muy bien el marco legal y los niveles guía de referencia.

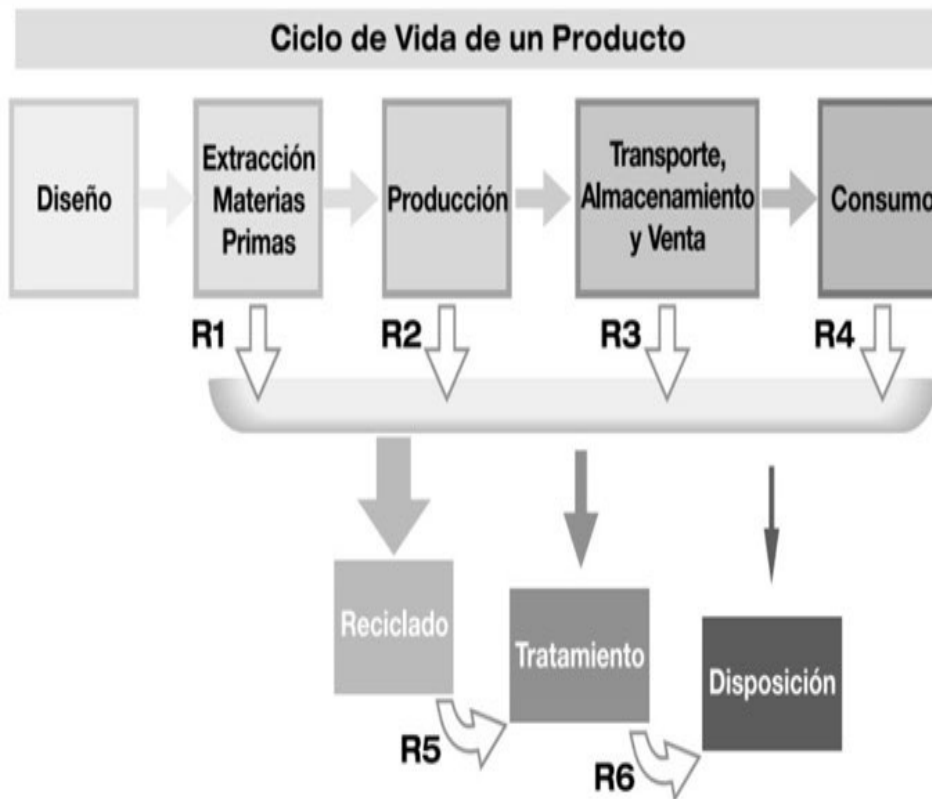
Definición de residuos peligrosos

En el artículo N.º 2 de la Ley Nacional de Residuos Peligrosos 24051/1992, se define:

... será considerado peligroso, a los efectos de esta ley, todo residuo que pueda causar daño, directa o indirectamente, a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general. En particular serán considerados peligrosos los residuos indicados en el Anexo I o que posean alguna de las características enumeradas en el Anexo II de esta ley. Las disposiciones de la presente serán también de aplicación a aquellos residuos peligrosos que pudieren constituirse en insumos para otros procesos industriales. Quedan excluidos de los alcances de esta ley los residuos domiciliarios, los radiactivos y los derivados de las operaciones normales de los buques, los que se regirán por leyes especiales y convenios internacionales vigentes en la materia.

En tal sentido, la norma argentina marca la pauta al definir el alcance para determinar lo que se debe incluir en el conjunto denominado residuos peligrosos, siguiendo los lineamientos internacionales de la Convención de Basilea y las corrientes sometidas a control listadas en los Anexos I y II, y excluye un conjunto de residuos sometidos a otras regulaciones. Para el peritaje ambiental, resulta fundamental la comprensión del marco legal argentino e internacional en la materia, así como los procesos y procedimientos de gestión de los residuos peligrosos, patogénicos y RAEE, desde su generación hasta su tratamiento, disposición final o transformación en insumo de un nuevo proceso.

En este orden de ideas, para el peritaje ambiental resulta con la misma relevancia tanto el estudio y comprensión del marco jurídico como los fundamentos científicos y técnicos de la correcta gestión de los residuos peligrosos. Esto es en resumen, prevenir, gestionar o mitigar los riesgos para la salud y el ambiente que implican, pero también la gestión de estos residuos dentro del ciclo de vida de la matriz insumo-producto: desde la obtención de la materia prima (los residuos que se generan en la actividad primaria), su transformación industrial con sus residuos productivos y comerciales, así como la gestión para dar tratamiento y disposición final, o bien el recupero de materia o energía de estos residuos dentro de la economía circular. El ciclo de vida de un producto se puede observar con más detalle en la Figura 1, en la cual se describe un diagrama de procesos en el que se especifica la generación de los diferentes residuos en cada una de sus etapas de generación.



<i>Etapa</i>		<i>Generación de Residuos</i>
PRODUCTO	Extracción de materias primas	R1: Estériles, descartes, insumos descartados, residuos del tratamiento de emisiones, residuos varios
	Producción	R2: Productos fuera de especificación, envases vacíos, derrames, insumos descartados, residuos del tratamiento de emisiones, residuos varios.
	Transporte, almacenamiento, venta	R3: Residuos generados en accidentes, derrames, productos alterados y vencidos.
RESIDUO	Consumo	R4: Envases, insumos agotados, producto descartado luego de su uso.
	Reciclado	R5: Residuos derivados del reciclado
	Tratamiento	R6: Residuos derivados del tratamiento.
	Disposición final	

Figura 1. Diagrama de residuos sólidos generados a lo largo del ciclo de vida de un producto.

Toda la regulación de los residuos peligrosos y patogénicos, incluidos ciertos desechos de generación universal que involucran el consumo particular (RAEE, vehículos fuera de uso, medicamentos, químicos de uso residencial, entre otros), debe contar con fundamentos técnicos y científicos que dicten los lineamientos básicos tanto para la caracterización y cuantificación de los RRPP generados, así como las mejores prácticas y procesos de acopio, recolección, retiro, transporte, tratamiento, transformación y/o disposición final de esos residuos que implican riesgos para la salud y el ambiente.

Haciendo política y programas de gestión de residuos peligrosos

La mejor gestión de los residuos peligrosos (en estado sólido, líquido o gaseoso) es evitar o minimizar su generación, contar con tecnología de tratamiento in situ y su gestión diferenciada en origen, esto es, segregarlos de las emisiones, vertidos y desechos generados usando la tecnología ambiental. Esto implica diseñar productos, ajustar procesos y usar tecnologías productivas que eviten el uso de insumos o generen vertidos, emisiones o residuos peligrosos a lo largo de su ciclo de vida. Sin embargo, esto resulta muchas veces técnicamente imposible.

Por ello, más allá de la adopción de las mejores tecnologías y los postulados de la producción más limpia (P+L), es necesario que se gestionen las corrientes de residuos peligrosos en el punto de generación o bien que se puedan abatir, coleccionar y acopiar en planta, para luego derivar a un operador habilitado y con la trazabilidad correspondiente.

Para ello, los generadores deben adoptar los marcos legales vigentes e interactuar con la industria de operadores y transportistas de residuos peligrosos. En tanto, el Estado se reserva el poder de policía, fiscalización y control de estas

interacciones (retiro, transporte, tratamiento, disposición final, certificaciones, etc.) entre los generadores, transportistas y tratadores.

De todas maneras, uno de los paradigmas del cambio hacia el desarrollo sostenible lo conforman ecosistemas de políticas e iniciativas sociales y empresarias, entre las que se incluyen buenas prácticas empresarias de gestión de residuos; sistemas de autorregulación por metas u objetivos de certificación (normas ISO y otras); el empleo de instrumentos fiscales para la producción más limpia; iniciativas de minimización de residuos; programas de educación e información; y un marco legal que incluya sanciones para los que, por negligencia o impericia de la persona física o jurídica, incurran en procesos capaces de degradar el ambiente (contaminar).

Actualizando un viejo concepto, se debe buscar que el que contamina se haga cargo de pagar el costo del tratamiento de sus efluentes/emisiones/residuos. O bien pague a terceros con capacidad o tecnología de tratamiento y disposición final segura. Si esto no se diera, que al menos todas las actividades de riesgo ambiental cuenten con un seguro ambiental con capacidad de reparar o remediar el daño que pudieran generar. En tanto, en estas condiciones, el Estado sería un actor de última instancia, para la remediación o en casos de catástrofes naturales o incidentes mayores.

El interés por la gestión de los residuos peligrosos es relativamente reciente y los países desarrollados empezaron a tomar conciencia de estas cuestiones cuando tuvieron que ajustar su amplia legislación ambiental entre los años 70 y 80. Si bien las regulaciones ambientales de acuerdos supranacionales marcan una tendencia hacia la unificación de las legislaciones entre naciones, existen ejemplos de acuerdos internacionales, como la Convención de Basilea, puesta en vigencia en marzo de 1989, que ha tenido una gran influencia sobre prácticas de residuos peligrosos por su implantación en las leyes nacionales de las partes asistentes a la convención.

Junto con las políticas de gestión, transporte y disposición final bajo estándares internacionales (es decir, hablar un mismo idioma a la hora de definir un RRPP o su proceso de tratamiento), en los últimos años surgieron nuevas líneas de trabajo dentro de la economía circular para potenciar procesos de transformación de residuos, aun algunos peligrosos, en insumos de nuevos procesos productivos o fuentes de energía, de la mano de nuevas tecnologías cada más eficientes para recuperar, reciclar, refinar y valorar energéticamente ciertos residuos peligrosos

en sus procesos de tratamiento o destrucción, previos a su disposición final.

Es decir que, en los últimos años, nuevos procesos tecnológicos empezaron a difundirse entre empresas y municipios, de la mano de la economía circular para hacer «minería urbana», una manera de recuperar ciertos metales de los residuos peligrosos (RAEE, autopartes, residuos de petroquímica, de siderúrgicas, de recubrimientos de metales, de residuos de fundición, etc.). Es decir que se obtienen materias primas muy valiosas de los desechos peligrosos de otras industrias. Al igual que es posible que hornos cementeros, fundiciones, centrales térmicas o generadores eléctricos procesen residuos como fuentes de energía y, directamente, como combustible.

¿Por qué es necesario desarrollar políticas y estrategias para gestionar los RRPP?

Los riesgos del vertido de residuos peligrosos de forma incontrolada han centrado la atención de los organismos internacionales, en parte para prevenir la exportación ilícita de residuos a países donde las normas son menos exigentes. Lo mismo puede darse entre provincias e incluso municipios, con el denominado síndrome NIMBY (cuyas siglas en inglés significan: not in my back yard, traducido: «no en mi patio trasero»). Tanto en lo que refiere a los residuos urbanos como a los peligrosos, ningún vecino ve con buenos ojos que se instalen plantas de tratamiento o disposición final en una ubicación próxima a sus hogares, circuitos de circulación, de trabajo o de esparcimiento.

Asimismo, la gran preocupación en la Argentina es que tanto las actividades productivas (minería, petróleo, agro) como las industriales impacten el ambiente por emisiones, vertidos y desechos de RRPP, y esto dañe de forma irreversible el bienestar de los vecinos (y votantes) o altere parámetros de calidad natural, paisajísticos y culturales.

Ningún ciudadano, ni municipio o provincia acepta, a priori, ser la receptora de los residuos de otra jurisdicción y, en general, se busca controlar las actividades productivas e industriales para que no contaminen el entorno local (donde los votantes pueden terminar con una trayectoria política u oponerse a una empresa

para evitar su radicación o permanencia).

Es claro y es clave para el perito ambiental saber que tanto la producción limpia como la gestión eficiente y circular de los residuos posconsumo es más costosa y menos rentable que producir contaminando y no hacerse cargo de los residuos. Por eso, las leyes internacionales, nacionales y provinciales deben ser aplicadas con rigurosidad, así como los organismos de control y fiscalización deben ser garantes de mencionada aplicación para evitar la externalización (que terceros paguen) los costos ambientales de la producción y los desechos del consumo.

Las industrias contaminantes, en el corto plazo, sacan ventajas económicas por las externalidades no asumidas. Pero en el mediano y largo plazo, la contaminación en forma de acumulación de residuos, ríos contaminados, aire irrespirable, enfermedades, daños y perjuicios a ciudadanos tornan esta opción insostenible. Por eso, el Estado debe velar por el ambiente sano y, en este caso, por la correcta gestión, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos, controlando, fiscalizando, sancionando y clausurando a aquellos que por negligencia o dolo sacan ventajas de no gestionar sus emisiones, vertidos y residuos peligrosos.

La introducción de estrategias a largo plazo para mejorar la gestión de los residuos peligrosos y la puesta en marcha de políticas para conseguirlo constituyen un primer paso importante para solucionar los paralelos problemas ambientales y de salud que hoy afectan a cientos de miles de argentinos. Al mismo tiempo, algunas medidas a corto plazo también serán necesarias. Estas deben adaptarse a la zona específica en estudio y deberían ser identificadas tomando como referencia las experiencias de la Argentina con sistemas de gestión de residuos peligrosos en marcha.

Sin un marco jurídico ambiental, la tentación de sacar ventajas no haciéndose del costo de gestionar emisiones, vertidos y residuos es inevitable. Además de ser más barato y rentable, para el accionista o titular de una actividad, producir sin hacerse cargo del tratamiento de la contaminación (externalizando el costo ambiental). En este caso, el Estado requiere de un marco científico para fijar los parámetros, niveles guía o tecnologías aplicables a cada tipo de residuos a gestionar y tratar, de manera que la ley sea adecuada para proteger la salud humana y ambiental, pero dentro de las posibilidades económicas, sociales y culturales.

Gestión del riesgo basado en políticas y conocimiento científico

Para el criterio del autor, un sistema de gestión de residuos requiere una combinación de enfoques, políticas, buenas prácticas y sanciones regulatorias, sobre la base de parámetros y criterios científicos de niveles de riesgo y niveles guía. También, dicho sistema debe ser adaptado a las circunstancias:

a) Toda operación realizada con residuos peligrosos genera impactos ambientales negativos y, por ende, debe estar estrictamente controlada por la autoridad ambiental; requiere de inversiones significativas en tecnología y recursos humanos; debe contar con controles redundantes, planes de emergencia y contingencia; y debe estar asegurada por los riesgos potenciales a generar.

b) Estos pueden estar constituidos por uno o varios componentes con propiedades peligrosas con distintos grados de reactividad. Quien los trate, deberá conocer o estudiar sus propiedades, hojas de seguridad y requerimientos de manejo seguros.

c) No hay una única «solución ni tecnología correcta y efectiva para todos los residuos peligrosos»; y, a controles o niveles guía más exigentes para proteger la salud y el ambiente, más alto es el nivel de inversión y formación profesional.

d) El grado de peligrosidad de un residuo va a depender de factores tales como: la agresividad de los organismos infecciosos, la toxicidad de las sustancias químicas, la corrosividad, reactividad, inflamabilidad, capacidad de producir explosión de los componentes o la forma de los objetos presentes.

e) El riesgo asociado a un residuo peligroso se refiere a la probabilidad de que se produzcan efectos adversos en la salud humana, en los ecosistemas, en los compartimientos ambientales o los bienes, en función del tipo de exposición (directa o indirecta) a dichos residuos o a la contaminación generada por las actividades de su manejo.

f) Los niveles guía de tolerancia a la contaminación deben estar respaldados con

los avances científicos, y con niveles precautorios razonables y basados en criterios del conocimiento.

g) No hay soluciones de gestión ambiental sin costos económicos, ambientales o políticos.

h) Con la ecología, como con la economía, se pueden tomar muchas decisiones o políticas, pero cada norma, regulación, control operativo, gestión u omisión tendrá sus consecuencias.

i) Los residuos que no se traten hoy quedarán como pasivos para tratar por generaciones futuras, y seguramente el costo de tratamiento e implicancias ambientales serán mayores;

j) Las «zonas de sacrificio ambiental» deben ser consensuadas políticamente (ubicación de un relleno de seguridad, una planta de tratamiento de residuos patogénicos en autoclaves, un horno de incineración, una planta de tratamiento fisicoquímico, diques de cola, etc.).

k) El estado del arte en el conocimiento científico mundial debe ser considerado y la transferencia de tecnología es una actividad crítica a la hora de resolver problemas (residuos complejos, residuos mineros, residuos de fracking o de lodos, perforación, RAEE, etc.).

l) Visualizar la gestión de residuos con un enfoque estratégico integral permite contar con un panorama global y minimizar los errores en la estrategia por implementar. Desde el punto de vista ambiental permite seleccionar las alternativas de menor impacto y, desde el punto de vista de la viabilidad económica, permite realizar el análisis teniendo en cuenta los costos del conjunto del sistema.

Mientras el avance en el conocimiento científico y tecnológico de las ciencias de los materiales e ingeniería ambiental tiene un rol fundamental en la toma de decisiones razonables en la gestión de los residuos, también hay muchas opciones que son determinadas por preferencias personales o de comunidades locales. La elección entre opciones de tratamiento igualmente eficientes sobre la base de cómo estas pueden impactar en las comunidades locales es un ejemplo y asignar responsabilidades para que se sigan los procedimientos correctos es otro.

Los instrumentos reguladores son también otra opción de política para seguir.

Definir la opción más eficaz para definir un marco legal, atraer las inversiones (públicas o privadas) y operar con los RRPP no solo requiere adaptar los avances científicos, sino que tiene también un componente cultural y económico. Las estrategias son desarrolladas para situar en el terreno de juego el modo «preferido» de resolver los problemas de residuos, basándose en lo que es aceptable así como en lo que resulta eficiente, y requieren de consensos políticos y acuerdos con las partes interesadas (vecinos, autoridades de control, industrias generadoras, operadores de RRPP, las ONG, etc.).

Las políticas pueden ser determinadas por personas en puestos de autoridad, o a través de un mecanismo de consulta, comisiones participativas y uso de referencia de las convenciones internacionales. Sin embargo, a criterio del autor, será crítico el aporte de la comunidad científica especializada para determinar los niveles guía o niveles permisibles para corrientes de residuos peligrosos y su impacto en el ambiente (suelo, aire, agua y según los usos) que se dictamine en la legislación.

Las autoridades deben utilizar los avances en el conocimiento científico para regular los umbrales de tolerancia humana y biológica, o analizar los riesgos de las corrientes de residuos a regular, en función de su dosis, concentración y riesgo de exposición a esas sustancias peligrosas de seres humanos o la biodiversidad en general, asociadas a la actividad productiva, industrial o humana en general.

Si una provincia o municipio autoriza una actividad productiva, como un yacimiento minero o petrolero, un parque industrial o la instalación de un operador de residuos peligrosos, deberá acordar el sitio, tecnología, controles operativos y condiciones de construcción y operación de los residuos por gestionar. De ahí en más, una vez fijados los lineamientos, resoluciones operativas y controles por ejercer, se deberá trabajar para alcanzar los estándares fijados y sancionar potenciales desvíos o hallazgos de incumplimientos en cualquier etapa de su proceso, de acuerdo a lo expresado en la ley.

El marco de la política implica un determinado número de componentes, que abarcan aspectos legales, institucionales, sociales, financieros y técnicos. Estos necesitan progresar en paralelo. Las políticas y estrategias afectan a los gestores de instalaciones de residuos y a los reguladores, así como otros agentes. Es

común mirar la política desde niveles diferentes, por ejemplo, el Gobierno puede adoptar una estrategia política general que regule, controle y exija indicadores de desempeño tanto a los generadores, como a transportistas y operadores de los RRPP.

La norma ambiental nacional argentina define cuatro actores en la gestión de residuos peligrosos: la autoridad de control (el Estado), el generador, el transportista y el operador; y mediante resoluciones o el marco legal vigente, asigna las responsabilidades, los objetivos, metas y procedimientos que junto con la aprobación de una licencia ambiental (Certificado ambiental), que incluye un Plan operativo de gestión ambiental, constituyen un aspecto principal de las políticas en materia de control de la gestión de residuos.

Para ser eficaces, las políticas necesitan conexiones idóneas entre los componentes y los asociados o la cooperación entre los agentes implicados. En la mayoría de los casos, las autoridades inician una estrategia política que proporciona el marco para operadores individuales. Sin embargo, como se menciona anteriormente, existen políticas sectoriales por parte de la industria o las empresas.

Aunque se trate de un principio fácilmente comprensible, la prevención de la generación de residuos es una de las prácticas en la que lograr resultados efectivos y que generen valor para las empresas es más difícil. La introducción de políticas de producción más limpia (P+L) y de la economía circular depende de un conocimiento exhaustivo de los procesos de producción y fuentes de generación de residuos, y la adopción de criterios de circularidad: es decir, pensar en cómo mis residuos, subproductos, efluentes o energía excedente pueden ser usados por otras empresas o actividades como insumo de sus procesos.

La economía circular requiere de mucho conocimiento y tecnología para transformar materia y energía para desechar en materia y energía para procesar. Y claramente, la autoridad de control y fiscalización debe tener capacidad técnica y profesional, no solo para aprobar ese cambio de uso de un desecho o excedente térmico en un insumo producto, sino que debe impulsar y promover que aquellos «desechos» (peligroso o no) puedan transformarse en insumos.

Sin embargo, las autoridades ambientales deben también saber que no toda materia y energía desechada puede entrar en la economía circular, ya que por

niveles de riesgo productivo o de contaminación del producto, esquemas antieconómicos (el costo del tratamiento de recuperación es inviable) o agotamiento de materiales, ciertas corrientes de desechos deben ser tratadas y dispuestas en esquemas seguros de gestión.

Por esto, la política ambiental y las autoridades de aplicación, fiscalización y control en materia de control de residuos peligrosos trabajan sobre líneas concretas de acciones punitivas, sancionatorias, de clausuras, de acciones penales y de seguros ambientales o cauciones, siendo muy pocas las líneas de crédito públicas o privadas para la adopción, operación, mantenimiento de las tecnologías o soluciones de fondo en materia de gestión de RRPP y reconversión a P+L.

En tal sentido, las autoridades de aplicación de las leyes de residuos peligrosos, patogénicos y RAEE han adoptados complejos sistemas de registros de tecnología, de generadores, de transportistas y de operadores, con sistemas complejos de documentación y trazabilidad de los RRPP, con bases de datos de información cruzada para seguir el ciclo de vida del RRPP desde su generación hasta su tratamiento, transformación o disposición final.

Definiciones sobre residuos peligrosos

La importancia que conlleva la definición legal de residuos peligrosos depende tanto de su objetivo como del empleo que se haga de ella. Por lo tanto, es posible la existencia de una diversa gama de definiciones. La necesidad de una definición estricta es mayor si la política nacional requiere que los residuos peligrosos sean tratados y eliminados separadamente de los residuos no peligrosos (residuos sólidos urbanos, podas, demoliciones, comerciales, etc.). La mayor parte de los países utilizan una definición de residuos peligrosos basada en tres criterios:

Listas de tipos particulares de residuos que son definidos como peligrosos.

Listas de procesos industriales en los cuales los residuos son definidos como peligrosos.

Estos dos criterios son absolutos y no requieren pruebas.

Asimismo, a menudo, los países usan listas de sustancias, cuya presencia es indicativa de riesgo potencial y requieren análisis. En algunos casos, cumplir uno o varios de estos criterios se considera una definición suficiente. En otros casos, se utilizan referencias adicionales basadas en los niveles de concentración particulares o en otros criterios.

Todo residuo o material que representa una amenaza para la salud humana o el medioambiente se considera peligroso. Las características que clasifican a cada residuo dentro de esta categoría están relacionadas a corrosividad, reactividad química, explosión, toxicidad, inflamabilidad y radioactividad. La variedad y cantidad de residuos peligrosos que están siendo generados sigue aumentando, en parte como consecuencia de la diversidad de los procesos industriales. Esto requiere un sistema de clasificación bastante flexible para incluir los nuevos residuos.

Cada aspecto de control y gestión de los residuos está regulado por los orígenes, las propiedades y protocolos de conducta de estos. Las consideraciones de los tipos de residuos están, sin embargo, bajo la influencia del sistema regulador, así como de las leyes de la química y la biología. Las políticas legales y las prácticas de un país influirán en cómo se clasifican los residuos y cómo pueden ser manejados, y pueden atribuir a generadores y operadores ciertas obligaciones.

Catalogar las fuentes y tipos es relativamente fácil, pero calcular las cantidades generadas resulta extraordinariamente difícil. Esto es debido a que el generador no puede o no describe con exactitud los residuos producidos. Como la generación de residuos es tan común, existen muchas fuentes potenciales y el establecimiento de inventarios de confianza lleva mucho tiempo.

Muchos países han realizado estudios para estimar los volúmenes totales de residuos que están siendo producidos. La mayor parte de dichos estudios son imprecisos, tienen poca fiabilidad y son caros de llevar a cabo. Muchos generadores de residuos no cooperan con las revisiones. Sin embargo, las revisiones del generador ocupan solo un lugar dentro de un sistema más amplio.

En países con adecuados sistemas de obtención de información pública, los datos oficiales a veces pueden ser una buena fuente de información. Pueden incluir datos sobre los residuos recibidos en las plantas de los operadores, por ejemplo, o los residuos transportados para otras formas de tratamiento. En algunos países, los inventarios de segregación de toxinas han sido introducidos para medir las liberaciones totales de sustancias químicas al medioambiente, basándose en las estadísticas provistas por los generadores.

En los casos en los que no existe ninguna información disponible, una estimación individual inicial puede venir dada por estadísticas publicadas basadas en los coeficientes de generación de residuos. Este método es útil para señalar en dónde son necesarias investigaciones más detalladas, pero rara vez es lo suficientemente exacto como para servir de base de acción de control. Existen algunos métodos computacionales disponibles, basados en varios coeficientes que a su vez se fundamentan en la experiencia práctica. Estos predicen la generación de residuos únicamente industriales, pero requieren una base de datos mínima.

El concepto «de la cuna a la tumba» va dirigido a asegurar que los materiales peligrosos sean controlados en todas las etapas de su ciclo de vida, desde el momento de su generación hasta su eliminación final. Este concepto supone que existe un conocimiento de la naturaleza, la cantidad y la posición de los residuos y que estos son supervisados completamente, otra razón para la búsqueda de información.

Relacionarse con el público no constituye una ciencia exacta y cualquier enfoque que pueda sugerirse requerirá probablemente ser adaptado a un cúmulo de circunstancias. Tampoco existe un único método «correcto» para dirigir la información pública y los programas de educación, aunque existan métodos que han demostrado ser menos acertados.

Las economías en vías de desarrollo pueden ser capaces de aprender de los errores de los demás y evitar repetirlos. Si los programas de conciencia pública se introducen pronto y extensamente, las economías en vías de desarrollo podrían evitar algunas posiciones firmemente arraigadas y la oposición con base emocional que es la respuesta a muchas propuestas en el mundo desarrollado.

Existe una incipiente creencia en los países industrializados sobre la necesidad de colaborar e informar a todos «los actores» en la gestión de residuos sobre las

decisiones que podrían afectar a sus vidas. Los agentes implicados son descritos de diversas formas, por ejemplo, una definición podría ser: todos aquellos que tienen derechos, responsabilidades e intereses en la materia.

El reconocimiento de la necesidad de la participación ciudadana en la toma de decisiones medioambientales se ha extendido progresivamente, ya que ciertas empresas descubrieron que tanto sus accionistas como sus clientes ostentan una representación influyente. Muchas grandes empresas desarrollan informes anuales que incluyen sus responsabilidades medioambientales y están más predispuestas a dialogar. Un público mejor informado y más implicado tiene mayor probabilidad de expresar sus opiniones. La consulta de esos puntos de vista, en vez de responder de manera antagonista, está siendo aceptada como norma en muchos campos.

También debe proporcionarse información a los generadores de residuos peligrosos. Esta variada audiencia necesita diferentes mensajes para concienciarles de cómo pueden contribuir mediante simples cambios en los procedimientos, así como cambios más radicales tales como el reemplazo de componentes tóxicos.

Los ciudadanos, como vecinos de generadores y plantas de residuos peligrosos existentes o propuestos, como usuarios (directos o indirectos) de algunos productos cuyos procesos conllevan residuos peligrosos (residuos electrónicos, químicos de hogar), y como generadores de residuos peligrosos domésticos, demuestran un gran interés. Está siendo presentado un creciente número de regulaciones y requiere la consulta pública sobre diversas cuestiones medioambientales, incluyendo la gestión de los residuos. Los impulsores de este aumento de participación por parte de los ciudadanos también reflejan un cambio general de actitudes.

La mejor práctica recomienda implicar al público desde el principio, antes que enfrentarse a él una vez tomadas las decisiones. Pueden ser aplicadas en otras partes las experiencias positivas realizadas en la gestión de los residuos peligrosos en el mundo desarrollado, puesto que los miedos y preocupaciones de una comunidad, así como sus actitudes e intereses, son probablemente muy similares en todas partes.

Todos los países del mundo generan algún tipo de residuo peligroso y nadie los quiere cerca de sus casas, escuelas o puestos de trabajo. Muchos consultores y

municipios han emprendido extensos y costosos procesos de selección de ubicaciones, que incluyen detalladas evaluaciones medioambientales y dichas propuestas han sido rechazadas debido a la oposición pública. Una carencia de información y participación pública es un factor común en los fracasos de propuestas de desarrollo de gestión de residuos. Todas las naciones tienen la responsabilidad de ser capaces de gestionar los residuos por sí mismas, por lo que asegurar la capacidad suficiente para tratar y eliminar los residuos peligrosos de un país es vital.

El perito ambiental frente a los residuos peligrosos

Desde el punto de vista de volúmenes generados, los residuos peligrosos son solo un porcentaje pequeño del total de generación de residuos de la Argentina, donde además se incluyen los residuos sólidos urbanos (RSU), residuos de construcción o demolición (C&D), residuos industriales no especiales (RINE), residuos de podas y jardín, los residuos agrícolas, lodos y biosólidos, y emisiones, entre otros. El ajuste de la gestión de esa parte de la corriente residual dentro del contexto de un planteamiento integrado a la gestión de todos los residuos debe ser parte de una estrategia nacional de gestión integral de residuos.

Los peritos ambientales deben contar con un conocimiento básico sobre la gestión de los residuos en general, los flujos de materia y energía que involucran, los principios de la economía de los residuos y tasas de gestión. Asimismo, deberá contar con conocimientos sobre las corrientes sometidas a control como residuos peligrosos, su generación, forma de acopio transitorio en origen, transporte, instalaciones de eliminación y tratamiento.

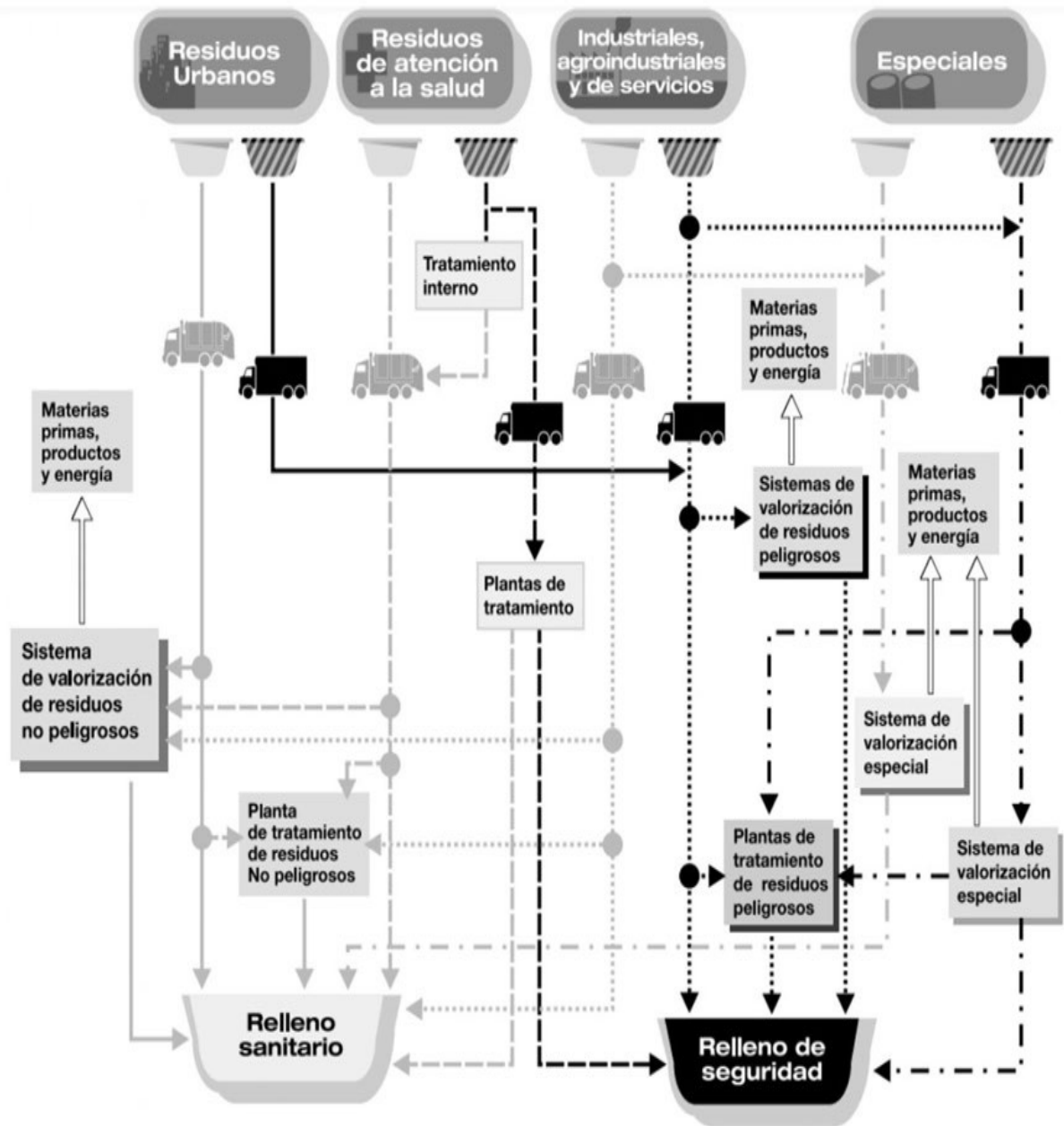
Es evidente que, para toda cadena de producción industrial y para ciertas actividades comerciales, la generación de residuos sólidos, emisiones y efluentes sometidos a regulación es un enorme desafío por resolver, controlar, monitorear y mitigar, así como un costo que puede hacer inviable su actividad. Ningún emprendedor o inversor que trabaje en el marco de la legalidad estará dispuesto a desarrollar una actividad cuyos desechos o emisiones le provoquen daños al personal, vecinos u entorno físico/biológico, con el riesgo de sanciones, clausuras o potenciales acciones legales en su contra.

Tanto la producción más limpia, como el control de la contaminación convencional proveniente de los residuos sólidos, emisiones o vertidos tienen el mismo objetivo: reducir los impactos ambientales de la actividad productiva y cumplir con los niveles guía o procesos de gestión establecidos para los RRPP. Sin embargo, la producción más limpia enfoca el tema contra corriente centrándose en la optimización del proceso de producción y el producto para asegurar una mayor eficiencia de los recursos y alcanzar una reducción genérica de todos los residuos no deseados, independientemente de su naturaleza. La gestión óptima de varios tipos de residuos se muestra en la Figura 2.

Como consecuencia de este amplio planteamiento, la responsabilidad de introducir y perseguir medidas de producción más limpia no puede residir únicamente en el sector de la gestión de los residuos, sino que debe implicar a todos aquellos agentes que toman parte en la producción, así como en los que diseñan las políticas. El concepto de producción más limpia ha sido reconocido como una contribución importante al desarrollo sostenible. Ha resultado igualmente importante a la hora de aumentar las ganancias y reducir los gastos.

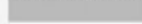
Las iniciativas de minimización sectorial y transversal-sectorial desarrolladas en diversos países han demostrado la utilidad de poner en práctica medidas de minimización de residuos. Las ventajas no son únicamente medioambientales, sino también de reducción de gastos, mejora de la eficacia y, a menudo, adquisición de una imagen pública más positiva para la empresa.

Las partes del Convenio de Basilea asumen la obligación de evitar o minimizar la generación de residuos peligrosos. El Convenio exige que cada país tome medidas para identificar y cuantificar los tipos de residuos que están siendo producidos y utilice la práctica más adecuada para evitar o minimizar su generación. Las medidas de minimización de residuos pueden y deben ser aplicadas por todos, desde los gobiernos hasta los miembros individuales. En realidad, todos los consumidores comparten la responsabilidad de reducir tanto cuantitativa como cualitativamente sus residuos, por ejemplo, mediante la adquisición de bienes con ciclos de vida más largos.



Códigos del diagrama

Residuos no peligrosos



Residuos peligrosos



—————> Residuos urbanos

- - - - -> Residuos atención a la salud

.....> Residuos industriales, agroindustriales y de servicios

- · - · -> Residuos especiales

Figura 2. Diagrama de gestión óptima de residuos según su origen.

La revisión y los procesos de evaluación que acompañan a la minimización de los residuos deberían formar parte de un planteamiento a largo plazo de gestión de residuos peligrosos en el futuro. Por lo tanto, los programas de minimización de residuos pueden ser considerados no como una carga adicional, sino como un aprovechamiento de las oportunidades. La minimización de los residuos en la industria comienza por la identificación de un residuo difícil. Si se toman las medidas oportunas para minimizar los residuos, la necesidad de eliminar dicho residuo peligroso puede reducirse considerablemente o su toxicidad puede ser disminuida. Los residuos deberían ser considerados de forma general, no únicamente los residuos sólidos que permanecen al final del proceso, sino también, por ejemplo, la energía y el agua necesarias durante el proceso y las emisiones de dicho proceso.

Existe cierta confusión sobre la expresión «minimización de residuos»: algunos países lo utilizan para definir cualquier medida que disminuye el número de residuos que necesitan eliminación final, abarcando la reducción de la fuente, el reciclaje in situ o fuera de la planta, y el tratamiento apropiado. Otros afirman que solo la reducción de los residuos generados constituye la verdadera minimización de residuos. Para aportar más confusión, otros términos como «la prevención de residuos», «evitar la generación de residuos» y «la eco-eficiencia» también son utilizados indistintamente.

Si bien se reconoce que todas las medidas son necesarias, desde la minimización, la reutilización, el reciclaje y el tratamiento para reducir los que requieren ser eliminados, este capítulo usa el término «minimización de los residuos» para referirse a las medidas que reducen la cantidad de residuos que son generados o «reducción en la fuente» (source reduction).

¿Quiénes son los generadores o sujetos obligados?

Para la normativa argentina, será generador: toda persona física o jurídica que genere residuos, como resultado de sus actos o de cualquier proceso, operación o actividad, a los efectos de la presente, toda persona física o jurídica que, como resultado de sus actos o de cualquier proceso, operación o actividad, produzca residuos calificados como peligrosos. Los generadores de residuos peligrosos deben inscribirse en cada jurisdicción provincial, o bien, en la nacional, y se les pide que presenten información con los siguientes datos:

- I. Nombre completo o razón social; nómina del directorio, socios gerentes, administradores, representantes y/o gestores, según corresponda; domicilio legal;
- II. Domicilio real y nomenclatura catastral de las plantas generadoras de residuos peligrosos; características edilicias y de equipamiento;
- III. Características físicas, químicas y/o biológicas de cada uno de los residuos que se generen;
- IV. Método y lugar de tratamiento y/o disposición final y forma de transporte, si correspondiere, para cada uno de los residuos peligrosos que se generen;
- V. Cantidad anual estimada de cada uno de los residuos que se generen;
- VI. Descripción de procesos generadores de residuos peligrosos;
- VII. Listado de sustancias peligrosas utilizadas;
- VIII. Método de evaluación de características de residuos peligrosos;
- IX. Procedimiento de extracción de muestras;
- X. Método de análisis de lixiviados y estándares para su evaluación;
- XI. Listado del personal expuesto a efectos producidos por las actividades de generación reguladas por la presente ley, y procedimientos precautorios y de diagnóstico precoz.

Además de pagar una tasa ambiental, los generadores de residuos peligrosos deberán:

- i. Adoptar medidas tendientes a disminuir la cantidad de residuos peligrosos que generen;
- ii. Separar adecuadamente y no mezclar residuos peligrosos incompatibles entre sí;
- iii. Envasar los residuos, identificar los recipientes y su contenido, numerarlos y fecharlos, conforme lo disponga la autoridad de aplicación;
- iv. Entregar los residuos peligrosos que no traten en sus propias plantas a los transportistas autorizados, con indicación precisa del destino final en el pertinente manifiesto.

Sistema de gestión de residuos peligrosos

La necesidad de desarrollar una infraestructura de gestión de residuos peligrosos apropiada se presenta tan pronto como se generan los residuos y este hecho afecta a todas las etapas subsecuentes: manejo, almacenamiento, transporte, tratamiento y eliminación.

El sistema de gestión consiste en una serie de acciones de gestión dirigidas a controlar y frenar la generación de residuos y coordinar las acciones necesarias entre diferentes individuos y grupos de personas.

Esta sección analiza aquellas acciones de gestión relacionadas con las etapas iniciales de manejo y almacenamiento de los residuos tras su generación. Muchas de las acciones, como un correcto etiquetado, también forman parte de las etapas posteriores de transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos.

El generador de residuos necesita adoptar un sistema establecido de tratamiento

de residuos una vez que dichos residuos han sido generados. Esto debe incluir procedimientos que aseguren un manejo apropiado, así como un almacenaje intermedio seguro hasta que los residuos puedan ser transferidos a áreas de almacenaje designadas para un período de almacenaje más lejano, o para su tratamiento o eliminación. Generalmente, este almacenaje intermedio se realizará en grandes tanques o en contenedores.

Es necesario un manejo, recogida y transporte seguro de los residuos peligrosos si estos deben ser transferidos a otra instalación de almacenaje, o transportados para su tratamiento o eliminación.

Manejo seguro de residuos peligrosos

Los residuos peligrosos son por naturaleza potencialmente dañinos. El objetivo de la gestión de residuos peligrosos es minimizar y controlar dicho potencial. Los riesgos por error humano y fallos en el material son dos áreas donde este potencial puede ser reducido si se aplica una gestión apropiada. Asimismo, los procedimientos inadecuados o inseguros son a menudo una de las causas de riesgo para los empleados y el medioambiente.

La salud y seguridad de los empleados, contratistas, visitantes a la instalación y de la comunidad vecina deberían constituir una prioridad. Los costos — financieros, ambientales, sociales y en términos de relaciones públicas— originados por la implantación de tal seguridad laboral podrían ser considerables. Puesto que muchas prácticas de seguridad se basan en una limpieza adecuada y en una apropiada práctica empresarial, su adopción en realidad puede suponer un ahorro en materias primas, así como reducir los días laborables perdidos a causa de accidentes y bajas por enfermedad. La prevención de accidentes catastróficos, explosiones, entre otros, tiene ventajas económicas aún mayores.

Los procedimientos seguros son un requisito previo a la propia seguridad y resultan preferibles de adoptar antes que la provisión de equipos, como el equipo protector. Sin embargo, la prevención de accidentes también requiere tal equipo, así como formación y supervisión, un mantenimiento adecuado y regímenes de

inspección y procedimientos de emergencia bien planeados.

Existen varias etapas o fases de los procesos de generación, manejo, almacenaje, tratamiento y eliminación de los residuos peligrosos, en las cuales los estándares o regulaciones de seguridad son especialmente cruciales, y una serie de accidentes típicos ocurren en cada etapa. Por ejemplo, daños a la piel y a los ojos causados por salpicaduras provenientes de un manejo y almacenaje inadecuados.

Los empresarios tienen el deber de tomar todas las medidas razonables y practicables para asegurar la salud y la seguridad de los empleados y demás individuos que puedan entrar en contacto con los materiales peligrosos. Deberían proporcionar el equipo de seguridad y la ropa, así como un programa de formación completo. Los empleados, a su vez, tienen el deber de usar el equipo protector y la ropa correctamente, y de observar los procedimientos de seguridad.

Garantizar que dicho personal es equipado correctamente con la ropa y el equipo apropiados y que recibe formación para usarlos puede incidir considerablemente en el nivel de accidentes.

Los costos asociados a la gestión de residuos peligrosos pueden actuar como fuerza disuasoria a cualquier gasto adicional en procedimientos de seguridad y equipamiento. Los costos nunca deben evitarse en detrimento del logro de un entorno laboral sano y seguro, y, a menudo, resulta posible recuperar algunos de estos costos por el ahorro en materias primas, la minimización de los residuos o las medidas de reciclaje.

Las condiciones peligrosas se pueden prevenir mediante acciones apropiadas, siempre y cuando las instalaciones estén bien diseñadas, los procedimientos sean eficazmente desarrollados, se adquiera el equipo apropiado y se use correctamente. La formación y la información proporcionada a trabajadores y personas implicadas en el manejo de materiales peligrosos son un factor clave para garantizar la consecución de los objetivos de seguridad. El dinero gastado en cursos de capacitación para el personal y la puesta al día de procedimientos de seguridad es siempre una inversión prudente y sabia.

En la Figura 3, se presenta en forma esquemática un cuadro de incompatibilidades de residuos.

1	Oxidantes Ácidos minerales	1																	
2	Cáusticos	C	2																
3	Hidrocarburos aromáticos	C, F		3															
4	Orgánicos halogenados	C, F, GT	C, GI		4														
5	Metales	GI, CF				C, F	5												
6	Metales tóxicos	S	S									6							
7	Hidrocarburos alifáticos	C, F																	7
8	Fenoles y cresoles	C, F																	8
9	Agentes oxidantes fuertes		C	C, F		C, F	C	C											9
10	Agentes reductores fuertes	C, F, GT			C, GT							GI, C	C, F, E	10					
11	Agua y mezclas que la contiene	C			C, E		S							GI, GT	11				
12	Sustancias reactivas en agua	Extremadamente reactivas, no mezclar con ningún producto químico o material de desecho														12			

E Explosivos
 F Fuego
 GI Gas inflamable
 GT Gas tóxico
 C Generador de calor
 S Solubilización de toxinas

Figura 3. Cuadro de incompatibilidades de residuos peligrosos.

Almacenamiento o gestión en planta

El correcto manejo, etiquetado y almacenamiento de los residuos peligrosos es vital para la protección del personal y para limitar la posibilidad de daños accidentales al medioambiente y a la salud del ser humano en general. El entendimiento y la conciencia sobre estas cuestiones prácticas son relativamente recientes en economías en vías de desarrollo, pero suponen uno de los factores clave para alcanzar una gestión más adecuada de los residuos peligrosos.

La forma en que los residuos son almacenados y manejados, in situ y fuera de planta, tiene un impacto principal sobre el éxito o el fracaso de un programa de gestión de residuos peligrosos. Es necesaria una planificación apropiada para garantizar el éxito. Algunas decisiones de almacenaje dependen directamente del volumen de residuos peligrosos que están siendo generados y de la disponibilidad de instalaciones de tratamiento o eliminación cerca del punto de generación.

El almacenamiento es una retención temporal de los residuos, tras la cual son tratados a largo plazo. Existen dos tipos principales de almacenaje: in situ y fuera de la planta. El almacenaje in situ se realiza dentro de los locales del generador de residuos, mientras que el almacenaje fuera de la planta traslada los residuos desde los locales en los cuales fueron generados. Ambos tipos de almacenaje están pendientes de tratamiento o eliminación de los residuos.

El almacenaje de residuos peligrosos debe ser realizado de forma que minimice los escapes accidentales. Algunas de las medidas de prevención más importantes son:

el diseño físico apropiado del área de almacenaje y de cualquier contenedor;

el correcto etiquetado de los contenedores de residuos;
señalización clara del área de almacenaje;
planes de capacidad para emergencia e imprevistos;
proyectos de información sobre riesgos;
duración apropiada del almacenamiento;
formación del personal.

Los contenedores de residuos peligrosos deben ser resistentes, estar en buen estado y sin escapes. Deben mantenerse cerrados durante el almacenaje y ser inspeccionados con regularidad. La compatibilidad del material residual con el material del contenedor es importante, de forma que la integridad del contenedor no sea perjudicada.

Los residuos peligrosos también pueden ser almacenados en tanques. Estos son útiles para los residuos que pueden ser manejados con facilidad por sistemas de manejo de materiales a granel, como tuberías, tolvas o transportadoras de correa.

Las áreas de almacenaje deben ser seleccionadas sobre la base de una serie de criterios. Estos incluyen: potencial de inundaciones, proximidad a áreas residenciales y acceso a carreteras o ferrocarriles.

Las áreas de almacenaje deben ser diseñadas para minimizar la posibilidad de explosión o cualquier emisión imprevista de residuos peligrosos al aire, agua o suelo. Los residuos incompatibles no deberían ser almacenados juntos, sino que deberían mantenerse separados por barreras, tales como paredes o bermas.

Marco internacional del transporte de residuos peligrosos

Tanto en los países industrializados, como en aquellos en vías de

industrialización, las materias primas deben ser transportadas a las instalaciones de tratamiento, los productos enviados a los consumidores y los residuos transportados para su eliminación. El transporte es un componente vital de la industria.

Los materiales peligrosos son transportados diariamente por carretera, ferrocarril, aire y mar, aunque la mayoría de los movimientos de residuos peligrosos son por carretera. Los vehículos que transportan cualquier tipo de sustancia peligrosa deben ser correctamente diseñados, construidos y mantenidos, y deben ser adecuados para su carga. Los controles internacionales para el transporte de sustancias químicas peligrosas existen desde hace tiempo y fueron ampliados a los residuos peligrosos en los años 80.

La escasez de instalaciones de tratamiento y de eliminación de residuos peligrosos puede requerir el transporte de residuos a larga distancia. Más aún, los gastos de tratamiento y eliminación pueden ser altos y hacen necesaria una inversión. Si bien existen razones financieras fuertes para transportar las sustancias químicas peligrosas necesarias para la fabricación y otros procesos, la separación y eliminación apropiada de los residuos peligrosos conlleva costos. Por dichas razones, podrían existir incentivos financieros fuertes para depositar los residuos ilegalmente, ya sea en una planta no autorizada para acoger residuos peligrosos o, lo que es peor, simplemente vertidos al borde de la carretera.

Muchos países han introducido controles sobre el transporte de residuos peligrosos para evitar tales prácticas. Un porcentaje muy alto de accidentes de residuos peligrosos está relacionado con el transporte. Es importante que los operadores, cargadores y conductores estén correctamente informados de los procedimientos requeridos y observen siempre las prácticas de seguridad.

Se deben realizar meticulosamente el embalaje, etiquetaje y procedimientos de registro requeridos. Además, en ciertos casos, se debe obtener consentimiento del destinatario antes de la salida de la planta donde dichos residuos fueron generados o almacenados.

De la misma forma que existen normas aplicadas al manejo y transporte de sustancias químicas peligrosas, todos los contenedores o tanques que contienen residuos peligrosos que están siendo transferidos desde la planta de almacenaje deberían estar claramente etiquetados con el tipo de residuo y sus peligros. Un registro de control de transporte, es decir, un manifiesto, debe acompañar el

envío de residuos a todas partes y proporcionar un registro de los movimientos de los residuos desde su generación, pasando por todas las etapas intermedias hasta el tratamiento final y la eliminación.

Los sistemas de marcado, etiquetaje y seguridad fueron desarrollados para las sustancias químicas. Cuando se trata de residuos peligrosos, estos sistemas son también aplicables, pero como la composición residual puede ser una mezcla de materiales, el sistema de etiquetaje para sustancias puras necesita mayor adaptación.

La existencia de una legislación eficaz para controlar la recogida y transporte de los residuos peligrosos es una parte vital del sistema general de gestión de residuos peligrosos. Si bien los sistemas reguladores de control del transporte introducidos por diversos países se diferencian en los detalles, la mayoría de ellos comparten algunos componentes esenciales. Una declaración de registro de viaje es uno de estos ejemplos.

En muchos países, aspectos como el etiquetado, el diseño del vehículo, las normas de construcción y la respuesta de emergencia no son cubiertos expresamente por las regulaciones de residuos peligrosos, sino por una legislación más amplia que controla el tránsito de mercancías peligrosas.

Los controles sobre la exportación e importación de residuos peligrosos se incluyen en la puesta en práctica nacional de las partes del Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de residuos peligrosos y su eliminación.

Transporte de residuos peligrosos en la Argentina

Las personas físicas o jurídicas responsables del transporte de residuos peligrosos deberán acreditar, para su inscripción en el Registro Nacional de generadores y Operadores de Residuos Peligrosos:

a) datos identificatorios del titular de la empresa prestadora del servicio y domicilio legal de esta;

- b) tipos de residuos que transportará;
- c) listado de todos los vehículos y contenedores que serán utilizados, así como los equipos que serán empleados en caso de peligro causado por accidente;
- d) prueba de conocimiento para proveer respuesta adecuada en caso de emergencia que pudiere resultar de la operación de transporte;
- e) póliza de seguro que cubra daños causados o garantía suficiente que, para el caso, establezca la autoridad de aplicación.

Estos datos no son excluyentes de otros que pudiera solicitar la autoridad de aplicación.

Toda modificación producida en relación con los datos exigidos en el artículo precedente será comunicada a la autoridad de aplicación dentro de un plazo de treinta (30) días. La autoridad de aplicación dictará las disposiciones complementarias a que deberán ajustarse los transportistas de residuos peligrosos, las que necesariamente deberán contemplar:

- a) apertura y mantenimiento por parte del transportista de un registro de las operaciones que realice, con individualización del generador, forma de transporte y destino final;
- b) normas de envasado y rotulado;
- c) normas operativas para el caso de derrame o liberación accidental de residuos peligrosos;
- d) capacitación del personal afectado a la conducción de unidades de transporte;
- e) obtención por parte de los conductores de su correspondiente licencia especial para operar unidades de transporte de sustancias peligrosas.

El transportista solo podrá recibir del generador residuos peligrosos si estos vienen acompañados del correspondiente manifiesto a que se refiere el artículo 12, los que serán entregados en su totalidad y solamente a las plantas de tratamiento o disposición final debidamente autorizadas que el generador hubiera indicado en el manifiesto.

Si por situación especial o emergencia los residuos no pudieren ser entregados en la planta de tratamiento o disposición final indicada en el manifiesto, el transportista deberá devolverlos al generador o transferirlos a las áreas designadas por la autoridad de aplicación con competencia territorial en el menor tiempo posible. El transportista deberá cumplimentar, entre otros posibles, los siguientes requisitos:

- a) Portar en la unidad durante el transporte de residuos peligrosos un manual de procedimientos, así como materiales y equipamiento adecuados, a fin de neutralizar o confinar inicialmente una eventual liberación de residuos;
- b) Incluir a la unidad de transporte en un sistema de comunicación por radiofrecuencia;
- c) Habilitar un registro de accidentes foliado, que permanecerá en la unidad transportadora y en el que se asentarán los accidentes acaecidos durante el transporte;
- d) Identificar en forma clara y visible al vehículo y a la carga, de conformidad con las normas nacionales vigentes al efecto y las internacionales a que adhiera la República Argentina;
- e) Disponer, para el caso de transporte por agua, de contenedores que posean flotabilidad positiva aún con carga completa, y sean independientes respecto de la unidad transportadora.

El transportista tiene terminantemente prohibido:

- a) Mezclar residuos peligrosos con residuos o sustancias no peligrosas, o residuos peligrosos incompatibles entre sí;
- b) Almacenar residuos peligrosos por un período mayor de diez (10) días;
- c) Transportar, transferir o entregar residuos peligrosos cuyo embalaje o envase

sea deficiente;

d) Aceptar residuos cuya recepción no esté asegurada por una planta de tratamiento y/o disposición final;

e) Transportar simultáneamente residuos peligrosos incompatibles en una misma unidad de transporte.

En las provincias podrán trazarse rutas de circulación y áreas de transferencia dentro de sus respectivas jurisdicciones, las que serán habilitadas al transporte de residuos peligrosos. Asimismo, las jurisdicciones colindantes podrán acordar las rutas a seguir por este tipo de vehículos, lo que se comunicará al organismo competente a fin de confeccionar cartas viales y la señalización para el transporte de residuos peligrosos.

Para las vías fluviales o marítimas la autoridad competente tendrá a su cargo el control sobre las embarcaciones que transporten residuos peligrosos, así como las maniobras de carga y descarga de estos. Todo transportista de residuos peligrosos es responsable, en calidad de guardián de ellos, de todo daño producido por un potencial incidente ambiental. Queda prohibido el transporte de residuos peligrosos en el espacio aéreo sujeto a la jurisdicción argentina.

Las sustancias peligrosas y sus etiquetas de riesgo correspondiente se muestran en la Figura 4.

Plantas de tratamiento

El tratamiento de residuos consiste en un proceso de transformación cuyo objetivo es reducir el volumen y disminuir la peligrosidad. Dentro de los procesos de tratamiento tenemos:

Fisicoquímicos

De estabilización

De solidificación

Biológicos

Térmicos

Clase 1
Explosivos

División 1.1 Explosivos con riesgo de explosión en masa
División 1.2 Explosivos con riesgo de proyección
División 1.3 Explosivos con riesgo predominante de incendio



1.4
División 1.4 Explosivos sin riesgo significativo de explosión

División 1.5 Explosivos muy insensibles; agentes explosivos



1.6
División 1.6 Materiales detonantes extremadamente insensibles

Clase 2
Gases

División 2.1 Gases inflamables



División 2.2 Gases comprimidos no inflamables, no tóxicos

División 2.3 Gases tóxicos por inhalación



División 2.4 Gases corrosivos



Clase 3
Líquidos inflamables



Clase 4
Sólidos inflamables, sustancias propensas a la combustión espontánea y sustancias que en contacto con agua emiten gases inflamables

División 4.1 Sólidos inflamables



División 4.2 Sustancias propensas a la combustión espontánea



División 4.3 Sustancias que en contacto con agua emiten gases inflamables



Clase 5
Sustancias oxidantes y peróxidos orgánicos

División 5.1 Sustancias oxidantes



División 5.2 Peróxidos orgánicos



Clase 6
Sustancias tóxicas (venenosas) y sustancias infecciosas

División 6.1 Sustancias tóxicas



División 6.2 Sustancias infecciosas



Clase 7
Materiales radiactivos



Clase 8
Materiales corrosivos



Clase 9
Materiales peligrosos varios

División 9.1 Cargas peligrosas que no pueden ser incluidas en las clases anteriores
División 9.2 Sustancias peligrosas para el medio ambiente
División 9.3 Residuos peligrosos



Figura 4. Diferentes clases de sustancias peligrosas y sus etiquetas de riesgos.

Cada proceso de tratamiento producirá otros residuos —emisiones atmosféricas, efluentes y residuos sólidos— que requerirán una gestión especial en función de sus características.

En el momento de diseñar un sistema de tratamiento de residuos se debe evaluar el impacto ambiental de las diferentes alternativas, ya que en algunos casos se generan nuevos residuos o emisiones que pueden representar un importante riesgo para la salud o el ambiente. La disposición final de los residuos tiene como objetivo su confinamiento, minimizando las liberaciones de contaminantes.

En el caso de residuos peligrosos, lo más común es el confinamiento en rellenos de seguridad. Esta tecnología consiste en la disposición en el suelo utilizando obras civiles especialmente diseñadas para tal fin. Las unidades de tratamiento pueden ser individuales o colectivas, diseñadas para un solo tipo de residuos o multipropósito en las que es posible el tratamiento de una variedad de residuos. Estas últimas son las de mayor complejidad, ya que se requiere de una completa y versátil infraestructura capaz de tratar en forma eficiente residuos de muy diversas características.

Las plantas de tratamiento de residuos peligrosos son aquellas en las que se modifican las características físicas, la composición química o la actividad biológica de cualquier tipo de corriente sometida a control, de acuerdo con su estado y concentración. En estos procesos, se busca eliminar las propiedades reactivas, tóxicas, explosivas o ecotóxicas de los residuos peligrosos. El personal debe estar debidamente capacitado para realizar distintos procedimientos para tratar de forma física o química a los residuos, como ser triturado, estabilización, encapsulado, neutralización, inertización, floculación, decantación o incineración con equipos tipo batch, conjuntos o lotes de residuos.

Asimismo, estas plantas de tratamiento pueden estar orientadas a la valorización de residuos, mediante el recupero de combustibles, generación de energía y/o recursos materiales. Puede que se obtenga un residuo menos peligroso, o se lo haga susceptible de recuperación, o más seguro para su transporte o disposición

final. Son plantas de disposición final los lugares especialmente acondicionados para el depósito permanente de residuos peligrosos en condiciones exigibles de seguridad ambiental.

Es requisito para la inscripción de plantas de tratamiento y/o disposición final en el Registro Nacional de Generadores y Operadores de Residuos Peligrosos la presentación de una declaración jurada en la que se manifiesten, entre otros datos exigibles, los siguientes:

- i. Nombre completo y razón social; nómina, según corresponda, del directorio, socios gerentes, administradores, representantes, gestores; domicilio legal;
- ii. Domicilio real y nomenclatura catastral;
- iii. Inscripción en el Registro de la Propiedad Inmueble, en la que se consigne, específicamente, que dicho predio será destinado a tal fin;
- iv. Certificado de radicación industrial;
- v. Características edilicias y de equipamiento de la planta; descripción y proyecto de cada una de las instalaciones o sitios en los cuales un residuo peligroso esté siendo tratado, transportado, almacenado transitoriamente o dispuesto;
- vi. Descripción de los procedimientos utilizados para el tratamiento, el almacenamiento transitorio, las operaciones de carga y descarga, los de disposición final y la capacidad de diseño de cada uno de ellos;
- vii. Especificación del tipo de residuos peligrosos por ser tratados o dispuestos, y estimación de la cantidad anual y análisis previstos para determinar la factibilidad de su tratamiento y/o disposición en la planta, en forma segura y a perpetuidad;
- viii. Manual de higiene y seguridad;
- ix. Planes de contingencia, así como procedimientos para su registro;
- x. Plan de monitoreo para controlar la calidad de las aguas subterráneas y

superficiales;

xi. Planes de capacitación del personal.

Operadores de residuos

La necesidad de crear instalaciones de tratamiento de residuos peligrosos reside, en gran parte, en la necesidad de medidas dirigidas a la limpieza y reducción de la contaminación del aire, agua y otros medios. En muchas economías en vías de desarrollo, los materiales de residuos peligrosos simplemente son vertidos al aire, o en el caso de líquidos, a alcantarillas, ríos o aguas costeras, y, por su parte, los residuos sólidos van a parar a vertederos incontrolados.

Si se quiere introducir controles sobre el destino de los residuos, se debe proporcionar otro tipo de salidas como alternativa a las contaminantes.

El desarrollo de un programa de gestión de residuos peligrosos aportará una serie de ventajas que incluyen el control de la contaminación y la preservación del medioambiente natural. Tendrá también, probablemente, un impacto positivo sobre el ambiente de negocios y permitirá a las empresas ser más competitivas respecto a aquellas de países industrializados.

Las instalaciones tecnológicamente avanzadas también conllevarán nuevos puestos de trabajo especializados, no simplemente para los empleados que trabajan en las plantas de tratamiento, sino también para los servicios auxiliares y de apoyo, tales como el transporte, abastecimiento de alimentos, la limpieza, etc. De este modo, la nueva instalación puede traer la prosperidad económica a una determinada área.

Seleccionar una instalación apropiada que encaje dentro del sistema de gestión escogido requiere cuidadosas elecciones referentes no solo al tipo de instalación y tecnología, sino también a la escala y la ubicación. Dichas elecciones dependen en sí mismas de otros factores, como son las condiciones geográficas, la infraestructura de transporte y los volúmenes de residuos que se generan en el área colindante y circundante.

La opción menos deseable es el almacenamiento de los residuos. Esta opción tiene el potencial de causar daño medioambiental a la planta. Sin embargo, durante el desarrollo de las instalaciones necesarias, a veces esta opción podría ser necesaria a corto plazo.

Generalmente, se requiere una combinación de soluciones a corto y largo plazo, además de un programa de desarrollo de la instalación por etapas que permita un aumento gradual de la capacidad, al mismo tiempo que la adaptación de las tecnologías a los diferentes residuos.

Las opciones se identifican con el fin de tratar los residuos y requieren un nivel básico de información para garantizar que las instalaciones escogidas y las tecnologías sean las apropiadas para los residuos.

Las soluciones in situ deben ser en general las prioritarias, siempre y cuando sean posibles y practicables. Sin embargo, las instalaciones centralizadas fuera de la planta pueden ofrecer economías de escala y formar parte de la infraestructura industrial básica de la región.

El gobierno juega un papel clave en la creación del clima propicio de inversión y debe trabajar juntamente con otros agentes (instituciones financieras, industrias generadoras de residuos, sector de residuos peligrosos) para atraer la inversión. El gobierno también tiene un papel clave en el establecimiento de un sistema de control, sin el cual las costosas instalaciones de residuos no serían capaces de competir con opciones de precio menor como es el vertido. Un nivel de competitividad justo es esencial para los inversionistas. También puede requerirse algún tipo de apoyo financiero si la inversión de capital resulta cuantiosa.

La introducción de estrategias de gestión de residuos peligrosos se basa en el desarrollo simultáneo de legislación, aplicación, instalaciones y servicios de apoyo. Pocas de las acciones necesarias para desarrollar un control apropiado de los residuos peligrosos pueden ser puestas en práctica sin la existencia de servicios de apoyo e infraestructura adecuados.

La consideración de los diversos elementos técnicos y reguladores de una estrategia de residuos peligrosos implica el análisis de una serie de servicios técnicos. Estos incluyen la supervisión, análisis, consulta técnica y formación especializada en geomecánica, química y ciencias sociales. La comunicación al

público es otra área que requiere amplio conocimiento, si se desean utilizar métodos sofisticados de transmisión de mensajes.

El balance exacto y fiable de las fuentes de residuos y los impactos originados por su manejo constituyen uno de los puntos fundamentales de una política eficaz. Es importante que estos servicios se encuentren disponibles en un límite de tiempo y a un costo razonable.

Los servicios que manejan los residuos son la parte más visible de la infraestructura necesaria para establecer un plan operacional. Estos incluyen el transporte, almacenaje, tratamiento y eliminación, junto con el reciclaje y la recuperación, que aparecen como factores cada vez más importantes.

Servicios especializados en varias disciplinas —desde geotécnicos hasta la supervisión de sustancias químicas— constituyen una exigencia obvia, pero otros servicios como la seguridad de la planta, la informática y el mantenimiento del equipo son también necesarios en la mayoría de los casos.

Los servicios relacionados con la supervisión y las pruebas requieren amplias instalaciones de laboratorio en la mayoría de las situaciones. La variada naturaleza de la composición química de los residuos y las, a menudo, bajas concentraciones de componentes tóxicos significan que la experiencia de los expertos del laboratorio tiene que ser de alto estándar.

Los requisitos de comunicación y formación a veces se descuidan al planear las necesidades de infraestructura. Estos forman una parte importante de la iniciativa global de gestión de residuos. Contrariamente a la opinión de muchos técnicos, la comunicación requiere habilidades específicas, bien definidas y una determinada aptitud, que no es muy frecuente entre los especialistas técnicos.

La creciente popularidad (y las exigencias legales esporádicas) de evaluación del riesgo antes de la concesión de la planificación o aprobación de la planta, así como la necesidad de formular políticas significan que estas habilidades también deben estar disponibles.

Elección de tecnologías apropiadas

Las tecnologías de tratamiento y disposición final de residuos peligrosos son una industria madura y bien conocida, con proveedores locales e internacionales que dan solución en la Argentina a la mayor parte de los residuos, salvo los PCB y compuestos orgánicos persistentes, que se exportan. Hoy se dispone de un variado mercado de opciones de tratamiento y eliminación que abarcan la mayor parte de las jurisdicciones. Algunas tecnologías son adecuadas tanto para el tratamiento in situ, en los locales del generador, como para instalaciones centrales fuera de la planta.

La selección de tecnologías depende del tipo y cantidad de residuos por tratar, crecimiento esperado, espacio disponible para montar la planta y el entorno donde se instalará la planta (capacidad de carga del ambiente, en función de la presencia de otras plantas que puedan emitir contaminantes al ambiente). Si bien es un concepto nuevo para Argentina, la instalación de una planta operadora depende de la capacidad del ambiente de «cargar y sostener» un nuevo proyecto. Si en el entorno hay una alta densidad de plantas de generación termoeléctrica, industrias químicas y otras plantas contaminantes, un operador de residuos peligrosos agregaría más emisiones de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO₂), material particulado, entre otros.

Definida la licencia ambiental y social, el operador debe definir sus objetivos empresarios y las tecnologías para tratar, inertizar, contener, desactivar, neutralizar, inmovilizar, reducir o minimizar los residuos deben considerarse siempre como una prioridad. Una vez identificados y cuantificados los tipos principales de residuos peligrosos y las carencias de las instalaciones disponibles, el siguiente paso de los gestores de residuos es el de identificar y analizar las opciones disponibles para la gestión de los residuos peligrosos.

Para los órganos de desarrollo de políticas y empresas de gestión de residuos del sector privado, la identificación de una necesidad podría ser utilizada para estimular el desarrollo de nuevas instalaciones más apropiadas. En la utilización in situ, la corriente de residuos es, por lo general, conocida y las opciones de tecnología son más simples que aquellas para plantas externas que tienen que ser capaces de manejar gran diversidad de tipos y volúmenes de residuos a lo largo del año.

Determinadas opciones relativamente simples pueden ser practicables en algunos países donde las cantidades de recursos financieros o de residuos son limitadas. Los generadores de residuos deben, en primera instancia, contar con tecnología para evitar emisiones o vertidos fuera del parámetro legal. Pero también pueden seleccionar tecnologías de tratamiento in situ (plantas de tratamiento de efluentes, filtros de emisiones, islas de reciclaje, etc.), para maximizar la tasa de tratamiento o economía circular y minimizar la tasa de generación de residuos. Cada generador debe evaluar la relación entre la inversión y el costo operativo de tratar en planta frente al envío a un operador habilitado.

El adecuado tratamiento y eliminación de los residuos peligrosos depende del grado de conocimiento de los propios residuos, junto con la disponibilidad de instalaciones apropiadas para el acopio transitorio y transferencia a un operador. Es por ello por lo que los medianos y grandes generadores deben tener un responsable ambiental o servicio tercerizado de personal con conocimiento en la gestión de residuos. Si se desconocen los flujos de materia y energía, los balances de masa y la relación insumo/producto/residuos, no se pueden tomar decisiones con fundamento. Una mala gestión interna de los residuos peligrosos puede llevar a multas, sanciones graves y acciones penales contra los directores de la empresa.

Existen algunas cuestiones principales que requieren ser consideradas:

¿Qué normas, parámetros y niveles guía se deben cumplir al verter efluentes líquidos, emisiones gaseosas o desechar residuos?

¿Cuáles son las opciones de tratamiento in situ (en planta) para cada corriente de residuos generada? ¿Qué riesgo implican para el resto de la actividad y cuáles son los costos asociados, factibilidad, costo operativo y desecho generado?

¿Qué operaciones fuera de planta son necesarias, costos de transporte, tratamiento y disposición final?

El sistema de gestión de residuos debe ser implantado para impulsar la inversión en el tratamiento de residuos e instalaciones de eliminación. Los servicios de apoyo, incluyendo los laboratorios y el personal experto, son también necesarios

para adecuar los residuos a la opción de tratamiento y asegurar que la planta sea manejada con eficiencia sin causar contaminación colateral y generación de residuos.

Para cualquier corriente de residuos peligrosos particular (ej., tipo y cantidad) es posible definir una jerarquía de opciones de gestión deseables, que deberían ser consideradas una tras otra. El objetivo es limitar, en la medida de lo posible, la cantidad de residuos peligrosos que requieren eliminación final y garantizar la gestión adecuada de los residuos que tienen que ser tratados. Sin embargo, todas las tecnologías implican una opción de relleno de seguridad.

Existe un gran número de influencias sobre las decisiones de tratamiento y de eliminación, incluyendo los tipos y cantidades (actuales y futuras) de residuos peligrosos. La disponibilidad de las instalaciones existentes constituye otro factor. En países en vías de industrialización, donde existen pocas instalaciones fuera de planta, quizás podrían centrarse con más fuerza en garantizar decisiones eficaces de tratamiento in situ. En estas circunstancias deben combinarse decisiones a corto, medio y largo plazo, basadas en la generación de residuos actual y futura, así como en la disponibilidad de financiación para el desarrollo adicional de capacidad de tratamiento y eliminación. A corto plazo, los países pueden decidir la utilización de una serie de tecnologías de transición de bajo precio, como la encapsulación de residuos o la co-combustión en instalaciones existentes.

Considerando el impacto medioambiental y para la salud originado por el vertido incontrolado de los residuos, puede ser oportuno establecer primero instalaciones provisionales y desarrollar progresivamente las normas de tratamiento. Tanto la tardanza en la construcción como la dificultad de financiar nuevas instalaciones principales sugiere que tal planteamiento pueda tener ciertas ventajas. Existe también el riesgo de que los costos y los precios para los usuarios de las nuevas instalaciones a largo plazo puedan disuadir de su empleo y provocar que se siga llevando a cabo el vertido incontrolado.

En los países que han comenzado a desarrollar estrategias de gestión de residuos peligrosos, la capacidad y la importancia de las plantas de eliminación y tratamiento, tanto en proyecto como existentes, influenciarán las decisiones de tratamiento. La eliminación de un residuo particular generado esporádicamente requerirá una solución completamente diferente al tratamiento de un material similar que surge regularmente en mayor o menor cantidad. El régimen

regulador también influirá en la toma de decisiones puesto que, por ejemplo, algunos métodos de tratamiento no son compatibles con el cumplimiento de las normas de emisiones.

Para identificar un método de tratamiento y eliminación apropiado, deberían tenerse en cuenta tanto las propiedades generales de los residuos, como las propiedades de los componentes activos individuales.

Un primer objetivo debería ser la reducción de la cantidad de residuos peligrosos que necesitan tratamiento o eliminación y, en consecuencia, todas las opciones de reciclaje y recuperación deberían ser puestas en funcionamiento siempre que fuera posible. La recuperación incluye el empleo de residuos como combustible, la venta de contenedores vacíos limpios como chatarra, el reciclaje de ácido clorhídrico y de materiales inertes de la ceniza, etc.

Otro criterio de decisión importante debería ser el tratamiento de los residuos tan cerca como fuera posible del punto de generación, quizás en la misma planta. Las opciones de tratamiento incluyen métodos físicos, como el establecimiento de suspensiones acuosas, a veces mediante el revestimiento de los terrenos de la fábrica. Las tecnologías adecuadas para el tratamiento de corrientes de residuos de tipo único o segregadas provenientes de una sola fuente son a menudo más simples y menos costosas que las que deben ser utilizadas en plantas centrales donde se tratan mezclas de residuos. La otra cara de la moneda es la economía de escala que pudiera alcanzarse haciendo uso de una instalación centralizada.

La ubicación de las instalaciones cerca de los generadores de residuos resulta lo más sensato, pero esto no siempre es posible por diversos motivos, como la disponibilidad de una planta adecuada o la aceptación pública del proyecto. Por lo tanto, puede ser necesario desarrollar instalaciones de apoyo, como estaciones de transferencia o de almacenaje, para transportar los residuos a la instalación de eliminación o tratamiento. Tales estaciones de recogida o de transferencia también pueden actuar como instalaciones de pretratamiento o clasificación, con capacidad para llevar a cabo la separación física o química, procesos de filtración o de precipitación antes del transporte de la carga a la instalación.

Los líquidos inflamables por sí solos que no pueden ser reciclados deben ser incinerados donde técnica y prácticamente fuera factible, aunque la disponibilidad de instalaciones de incineración autorizadas puede ser limitada. En última instancia, las decisiones de tratamiento dependen en gran medida de

las propiedades químicas de los residuos, tales como el pH, la reacción con otras sustancias para producir gases tóxicos, la probabilidad de combustión espontánea y el potencial de oxidación. La forma física y la viscosidad de los residuos influirán tanto en su manejo como en la configuración de las plantas de tratamiento.

Una última consideración importante son los residuos generados por las plantas de tratamiento. No es aceptable que las instalaciones de tratamiento originen una contaminación secundaria, y el tratamiento y la eliminación de residuos deben constituir una de las partes integrantes de los procesos de planificación e inversión. La existencia de algún tipo de instalación de eliminación final para residuos estabilizados es, por lo tanto, a menudo una condición previa para el establecimiento de plantas de tratamiento. La ciencia no será siempre la base exclusiva de selección de una opción tecnológica. Las circunstancias políticas y sociales también influirán en las opciones elegidas.

Tratamiento físico-químico

La mayoría de los procesos de tratamiento son pretratamientos en vertederos. Entre los factores que influyen más considerablemente las opciones de tratamiento, se encuentran los tipos y las condiciones de permiso de los vertederos disponibles, bien si se trata de vertederos simples (sanitarios o seguros) o plantas de co-eliminación, o bien si aceptan el almacenaje de residuos estabilizados. La selección y la sofisticación del tratamiento escogido dependerá de estas exigencias del vertedero, de sus parámetros y normas de funcionamiento.

Las diapositivas cubren los aspectos principales de las diferentes tecnologías, pero pueden ser ampliadas analizando aspectos técnicos adicionales basados en la situación propia en los países (o grupos) en el curso de formación. Las diapositivas solo pueden tratar cuestiones generales relacionadas con las técnicas de tratamiento. Los comunicadores deberían añadir o adaptar los detalles sobre el equipo, la construcción y los aspectos de gestión a las circunstancias locales.

Los métodos físicos y químicos para el tratamiento de residuos implican una

serie de variados pero comúnmente utilizados procesos de tratamiento, que a menudo son usados en combinación para separar o transformar sustancias peligrosas. Por definición, no incluyen procesos biológicos.

Algunas de las muchas ventajas de los procesos de tratamiento fisicoquímicos incluyen el hecho de que requieren poca energía.

En general, los procesos de tratamiento físico están bien arraigados e incluyen un componente tecnológico relativamente bajo. Los métodos de tratamiento químico están también comúnmente establecidos. Por consiguiente, estos dos métodos de tratamiento pueden requerir niveles de inversión de capital relativamente inferiores en comparación con algunos otros métodos, como el tratamiento térmico. Sin embargo, todavía requieren un nivel alto de experiencia para garantizar un funcionamiento seguro.

El tratamiento fisicoquímico de residuos puede ser usado para tratar tanto los residuos sólidos como los líquidos, así como los residuos orgánicos e inorgánicos si se aplican los procesos adecuados. Sin embargo, tanto los procesos físicos como los químicos son específicos para cada residuo, y requieren un conocimiento a fondo del residuo que debe ser tratado y un entendimiento de las diversas aplicaciones.

Las reacciones químicas deben ser estrictamente supervisadas y comprobadas por un laboratorio calificado. La presencia de sustancias que inhiben el catalizador cuando este es usado puede afectar al éxito del proceso.

El diseño de la instalación y la selección del equipamiento para el tratamiento fisicoquímico de los residuos son determinados por las propiedades y las características de los residuos por tratar. Se encuentran también influenciados por las regulaciones nacionales, regionales y las normas vigentes.

Tratamiento biológico

Los procesos de tratamiento biológico son usados en el tratamiento de residuos peligrosos, solos o en combinación con otros métodos de tratamiento como el

tratamiento físico y químico. Los métodos de tratamiento biológico se encuentran extensamente desarrollados y serán comprendidos. Si bien es más comúnmente utilizado para residuos no peligrosos, el tratamiento biológico puede ser un método de tratamiento rentable y eficiente para ciertos residuos orgánicos peligrosos en concentraciones bajas. Por ejemplo, el tratamiento biológico puede ser usado para extraer componentes de residuos peligrosos de las aguas residuales.

Los procesos de tratamiento biológico son extensamente usados en todo el mundo con diversos objetivos que van desde el tratamiento de las aguas residuales a la limpieza de los suelos contaminados. El tratamiento biológico puede ser conveniente para residuos orgánicos peligrosos en bajas concentraciones. Los procesos biológicos nunca tienen una eficiencia del 100% y este hecho limita su uso.

Los procesos biológicos se basan en acciones naturales de los organismos vivos, pero para su aprovechamiento eficaz deben presentarse unas condiciones claramente definidas. Cuando las condiciones se encuentran fuera de los límites requeridos, el proceso fallará.

Los procesos biológicos pueden tardar meses en alcanzar las concentraciones de microorganismos requeridas —las condiciones necesarias para una adecuada actividad microbiana variarán según los organismos individuales— y el tratamiento, por lo tanto, puede ser muy largo.

Los tratamientos biológicos pueden ser usados después de los procesos físicos o fisicoquímicos para refinar las corrientes de residuos. Este es el objetivo más común de los procesos de tratamiento de aguas residuales. Las aguas residuales industriales rara vez pueden ser tratadas únicamente con métodos biológicos.

Estabilización y solidificación de residuos peligrosos

La estabilización y solidificación (E/S) tienen como objetivo inmovilizar los componentes tóxicos de los residuos peligrosos para prevenir la lixiviación de los residuos una vez eliminados. La inmovilización se logra reduciendo la

solubilidad de los componentes de los residuos, aislando físicamente los residuos y disminuyendo su área de superficie. La E/S, por lo tanto, implica tantos procesos físicos como químicos.

Términos diferentes como «inmovilización», «fijación», «solidificación» y «estabilización» son usados para describir varias técnicas, mediante las cuales ciertos residuos peligrosos se convierten en formas adecuadas de eliminación a largo plazo. Este texto usa «inmovilización» como un término general en el que se incluye tanto la estabilización como la solidificación.

Las tecnologías de E/S son usadas a menudo para tratar los residuos de otros procesos de tratamiento, como el polvillo de ceniza de la incineración o los lodos de la precipitación de metales pesados. Estas tecnologías son más convenientes para tratar residuos inorgánicos. Los componentes orgánicos de los residuos pueden hacer que la utilización de técnicas de E/S resulten inseguras e inadecuadas.

Las tecnologías de E/S son eficaces para tratar una serie de residuos inorgánicos de difícil manejo. Tales tecnologías pueden ser usadas para residuos que contienen mezclas de contaminantes y pueden tratar económicamente grandes volúmenes de residuos. Sin embargo, ciertos componentes de los residuos pueden interferir con las reacciones y el asentamiento de los conglomerantes de solidificación usados.

La química del tratamiento de E/S de residuos es compleja. La selección de un conglomerante de solidificación conveniente depende de la correcta predicción de las complejas interacciones entre los componentes de los residuos y los conglomerantes, que aseguren resultados razonables y fiables. Aunque no haya ninguna guía fija para seleccionar satisfactoriamente un conglomerante, el método de tratamiento y el régimen de eliminación, un programa de pruebas bien estructurado basado en el conocimiento de los mecanismos implicados en los sistemas de E/S disminuirá las dudas.

En muchos lugares del mundo, incluyendo los Estados Unidos, las tecnologías de tratamiento fisicoquímico basadas en E/S han sido identificadas por la EPA como la mejor tecnología disponible para tratar una amplia gama de residuos peligrosos y cada vez es más usada para tratar los suelos contaminados de antiguos predios industriales o derrames de hidrocarburos. Se contiene en un matriz al contaminante, logrando que no lixivie ni migre.

Si bien el objetivo principal de la E/S es generar un producto final que represente una amenaza menor para el medioambiente que el residuo original, podría existir una ventaja añadida si los residuos de E/S pudieran tener una utilidad práctica. Esto podría proporcionar ventajas económicas y ambientales, debido a que se evita la necesidad de eliminación.

Sin embargo, la preocupación por el funcionamiento a largo plazo de los productos de E/S y la posible exposición de receptores humanos o ecológicos a los contaminantes restringen algunas opciones de empleo final. En la práctica, relativamente pocos residuos tratados mediante E/S han sido reutilizados hasta el momento.

La E/S puede mejorar el manejo y las características físicas de los residuos peligrosos. Sin embargo, las tecnologías de E/S en lo que respecta a residuos peligrosos deberían ser consideradas principalmente como procesos de pretratamiento de residuos a disponer en relleno de seguridad. La E/S es, a menudo, la etapa de tratamiento final de los residuos antes de la eliminación.

Exceptuando las limitadas opciones de reutilización de los residuos tratados mediante E/S, el resto debería ser eliminado en vertederos seguros. A su vez, no deberían ser eliminados en conjunto con otros residuos, tales como RSU, puesto que el lixiviado ácido producido por estos puede causar una degradación seria de los residuos de E/S.

Tratamiento térmico

La incineración es el tratamiento térmico más ampliamente empleado y puede realizarse en hornos especialmente diseñados y en instalaciones industriales, siempre y cuando lo permitan las características técnicas de la instalación, así como también la composición de los residuos. Otras alternativas de tratamientos térmicos incluyen: pirólisis, plasma y oxidación en sal fundida. Los métodos de tratamiento térmico tienen la ventaja que reducen el volumen de los residuos de forma significativa y permiten la recuperación de energía.

La incineración de residuos es la opción de tratamiento térmico más usada, pero

también es regulada más estrictamente que otras opciones de tratamiento de residuos. Las exigencias legales difieren de un país o asociación de países. Las diferencias más importantes residen en torno a las exigencias sobre las emisiones de aire y residuos. Sin embargo, algunos detalles técnicos como controles, regulaciones, incluso la gestión, son temas que deben ser adaptados a cada situación local.

La incineración es un proceso complejo que debe ser cuidadosamente diseñado y operado, requiere de altos costos de inversión, operación y mantenimiento, así como mano de obra calificada. Sin embargo, se trata de una tecnología demostrada y disponible comercialmente para el tratamiento de residuos peligrosos. De hecho, es claramente aceptada como la mejor alternativa disponible para la destrucción de la mayoría de los residuos orgánicos peligrosos.

Existen diferentes tipos de incineradores y cada uno de ellos tendrá sus limitaciones en cuanto al tipo y cantidad de residuos para procesar. Los comunes son los de inyección líquida y los hornos rotatorios, los primeros empleados para residuos líquidos y los segundos para todo tipo de residuos.

Desde el punto de vista de la efectividad de la combustión, las variables operativas más importantes para un incinerador son: la temperatura, el tiempo de residencia y la turbulencia. Estas variables repercutirán directamente en la eficiencia de la destrucción del sistema y, por ende, en la generación de productos de combustión incompleta que formarán parte de las emisiones gaseosas del incinerador.

Dentro de la amplia gama de compuestos que pueden estar presentes en los residuos peligrosos, algunos son compuestos orgánicos que se destruyen eficientemente a bajas temperaturas (por ejemplo, madera, papel, aceites), sin embargo, otros constituyentes requieren de altas temperaturas para una combustión completa. Es así como los incineradores para residuos peligrosos son diseñados para que los gases de combustión alcancen temperaturas en el rango de 850 a 1600° C, con un tiempo de estadía de al menos 2 segundos.

A efectos de cumplir con los estándares de emisión que se manejan a nivel internacional, los incineradores deben contar con sofisticados sistemas de tratamiento de emisiones atmosféricas y el correspondiente sistema de control de emisiones. Se debe tener en cuenta que en las emisiones pueden aparecer

compuestos más tóxicos que el producto originalmente incinerado, tal es el caso de las dibenzodioxinas policloradas y dibenzofuranos policlorados (dioxinas y furanos). Estos contaminantes se han transformado en el elemento más controversial para la instalación de incineradores, sin embargo, es importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

Las dioxinas y furanos son formadas en cualquier proceso de combustión, más crítico si no es controlado. El desarrollo de la incineración y, por ende, la incorporación de tecnología más moderna ha incluido un sistema de enfriamiento rápido de los gases de combustión a efectos de prevenir la generación de estos contaminantes.

La emisión de dioxinas y furanos estará condicionada básicamente por el tipo de residuos para incinerar, el diseño del incinerador, los parámetros operativos del proceso y el sistema de tratamiento de emisiones atmosféricas con que cuente la instalación.

La alternativa de incineración como sistema de tratamiento de residuos dependerá de las características del residuo y de la instalación de incineración. En particular se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

El residuo debe ser apto para ingresar a un proceso de incineración (mayoritariamente orgánico y no contener cantidades de metales que puedan volatilizarse en el proceso). Además de estos aspectos generales, se deberían verificar las condiciones específicas de incineración para los contaminantes presentes.

El incinerador debe estar diseñado para el tratamiento de residuos peligrosos, en particular que se cumplan los parámetros de temperatura, turbulencia y tiempo de residencia necesarios. En caso de ser así, se debe verificar si existen restricciones específicas para algunos grupos de compuestos.

La operación del incinerador debe ser la adecuada. En caso de dudas, este hecho se puede corroborar a través de la realización de un test de quema.

Debe contar con sistema de tratamiento y control de emisiones atmosféricas acorde con los residuos que procesa.

Debe cumplir con los estándares de emisiones atmosféricas que rigen en el país o, en caso de no existir normas nacionales, se sugiere comparar sus emisiones con estándares internacionales.

Disposición final en rellenos de seguridad

Un relleno de seguridad es una obra de ingeniería diseñada, construida y operada para confinar en el terreno residuos peligrosos. Consiste básicamente en una o varias celdas de disposición final y un conjunto de elementos de infraestructura para la recepción y acondicionamiento de residuos, así como para el control de ingreso y evaluación de su funcionamiento.

Para ser considerado como un relleno de seguridad, debe contar como mínimo con los siguientes elementos:

Sistema de impermeabilización de base y taludes de doble barrera.

Sistema de captación, conducción y tratamiento de lixiviados.

Sistema de detección de pérdidas.

Sistema de captación y conducción de gases.

Elementos de control de ingreso de agua de lluvia por escurrimiento.

Sistemas de impermeabilización para la clausura.

Cada relleno contará con criterios de aceptación de residuos sobre la base de las características de las celdas y la compatibilidad de los residuos recibidos. Contará además con planes de contingencia y un programa de monitoreo ambiental. La evaluación de esta opción como sistema de destino final deberá tener en cuenta que el relleno cumpla con las condiciones mínimas de seguridad

para manejar residuos peligrosos y que los residuos por disponer cumplan con las condiciones de aceptación. En caso de que estas no se cumplieran, se deberá evaluar si existe la viabilidad de acondicionar los residuos mediante un pretratamiento.

Tratándose de plantas de disposición final, la ley nacional 24051 exige que la solicitud de inscripción esté acompañada de:

- a) antecedentes y experiencias en la materia, si los hubiere;
- b) plan de cierre y restauración del área;
- c) estudio de impacto ambiental;
- d) descripción del sitio donde se ubicará la planta y soluciones técnicas por adoptarse frente a eventuales casos de inundación o sismo que pudieren producirse, a cuyos efectos se adjuntará un dictamen del Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES) y/o del Instituto Nacional de Ciencias y Técnicas Hídricas (INCYTH), según correspondiere;
- e) estudios hidrogeológicos y procedimientos exigibles para evitar o impedir el drenaje y/o el escurrimiento de los residuos peligrosos y la contaminación de las fuentes de agua;
- f) descripción de los contenedores, recipientes, tanques, lagunas o cualquier otro sistema de almacenaje.

Los proyectos de instalación de plantas de tratamiento y/o disposición final de residuos peligrosos deberán ser suscriptos por profesionales con incumbencia en la materia. En todos los casos los lugares destinados a la disposición final como relleno de seguridad deberán reunir las siguientes condiciones, no excluyentes de otras que la autoridad de aplicación pudiere exigir en el futuro:

- 1) Una permeabilidad del suelo no mayor de 10 cm/seg hasta una profundidad no menor de ciento cincuenta (150) centímetros, tomando como nivel cero (0) la base del relleno de seguridad; o un sistema análogo, en cuanto a su estanqueidad o velocidad de penetración;
- 2) Una profundidad del nivel freático de por lo menos dos (2) metros, a contar desde la base del relleno de seguridad;

3) Una distancia de la periferia de los centros urbanos no menor que la que determine la autoridad de aplicación;

4) El proyecto deberá comprender una franja perimetral cuyas dimensiones determinará la reglamentación, destinada exclusivamente a la forestación.

Una vez terminada la construcción de la planta, la autoridad de aplicación otorgará, si correspondiere, el certificado ambiental que autoriza su funcionamiento. Las autorizaciones, que podrán ser renovadas, se otorgarán por un plazo máximo de diez (10) años, sin perjuicio de la renovación anual del certificado ambiental.

Toda planta de tratamiento y/o disposición final de residuos peligrosos deberá llevar un registro de operaciones permanente, en la forma que determine la autoridad de aplicación, el que deberá ser conservado a perpetuidad, aun si hubiere cerrado la planta. Para proceder al cierre de una planta de tratamiento y/o disposición final el titular deberá presentar un plan de cierre ante la autoridad de aplicación con una antelación mínima de noventa (90) días. La autoridad de aplicación lo aprobará o desestimaré en un plazo de treinta (30) días, previa inspección de la planta.

El plan de cierre deberá contemplar como mínimo:

a) Una cubierta con condiciones físicas similares a las exigidas en el inc. a) del art. 36 y capaz de sustentar vegetación herbácea;

b) Continuación de programa de monitoreo de aguas subterráneas por el término que la autoridad de aplicación estime necesario, no menor de cinco (5) años;

c) La descontaminación de los equipos e implementos no contenidos dentro de la celda o celdas de disposición, contenedores, tanques, restos, estructuras y equipos que hayan sido utilizados o hayan estado en contacto con residuos peligrosos.

La autoridad de aplicación no podrá autorizar el cierre definitivo de la planta sin previa inspección. En toda planta de tratamiento y/o disposición final, sus titulares serán responsables en su calidad de guardianes de residuos peligrosos.

Selección del emplazamiento

La selección de un emplazamiento para el desarrollo de una instalación de residuos peligrosos es una de las decisiones más importantes que debe tomar el operador de la instalación o un municipio. Un emplazamiento mal escogido requerirá probablemente un innecesario y elevado gasto de transporte de residuos, desarrollo de la planta o protección del medioambiente, o creará excesiva preocupación pública.

Para garantizar la selección de un emplazamiento apropiado debe seguirse un proceso sistemático de revisión de diferentes criterios de selección. Los criterios de selección están sujetos a la interpretación y las prioridades que marquen las circunstancias locales climáticas, políticas y culturales.

El proceso de selección de un emplazamiento implica a una serie de grupos diversos, desde órganos de desarrollo de políticas y políticos locales, a ingenieros, consultores y el público en general.

La situación probablemente será diferente en economías en vías de desarrollo, y, además, cada situación es diferente si se utilizan, por ejemplo, tecnologías de tratamiento o rutas de eliminación distintas. Los comunicadores deberían considerar la ampliación/adaptación del material con ejemplos locales, cuando sea posible. Es importante señalar que, para economías en vías de desarrollo, la situación puede ser muy diferente.

Existen dos decisiones fundamentales que deben tomarse antes de iniciar los procedimientos de búsqueda de posibles emplazamientos: ¿Qué extensión debiera tener el área que abarcaría el emplazamiento y su instalación, y qué criterios de selección son importantes en este caso?

La primera de estas decisiones, el área geográfica implicada, se encuentra bajo la influencia de los tipos de residuos que van a ser aceptados y el período de vida objetiva del emplazamiento. Estos tres factores influirán a su vez en las limitaciones del transporte, los posibles impactos medioambientales y sociales, y cualquier acuerdo de cooperación entre municipios o el sector privado que pudieran ser necesarios.

Los criterios de selección de emplazamientos deben ser acordados antes del inicio de los procesos de búsqueda exhaustiva de emplazamientos. No existe un único conjunto estándar de criterios y estos últimos se verán afectados inevitablemente por las influencias locales.

Deben considerarse las implicaciones —en términos de número de viajes y modos y gastos de transporte— de la recogida de residuos peligrosos, puesto que podrían ejercer una influencia dominante en la selección de un emplazamiento. En particular, este es probablemente el caso cuando se consideran emplazamientos regionales o lejanos.

Es importante obtener suficiente información sobre los posibles emplazamientos, mediante investigación de informes in situ, con el fin de confeccionar una lista de emplazamientos preseleccionados. La mayor parte de esta información tiene que ser cualitativa más que cuantitativa. Solo será necesario realizar investigaciones más rigurosas del emplazamiento más prometedor, con el fin de confirmar la geología y la hidrogeología del emplazamiento, así como el desarrollo de diseños conceptuales y estimación de probables gastos.

Puede aplicarse una amplia gama de criterios para la identificación de emplazamientos adecuados para el desarrollo de una instalación de residuos peligrosos. Estos pueden ser agrupados en relación con los siguientes aspectos:

relativos al transporte,

geotécnicos, hidrológicos e hidrogeológicos,

uso del terreno,

aceptabilidad de los ciudadanos,

seguridad.

Resulta improbable que estas decisiones clave puedan ser tomadas por una persona o incluso una organización por sí sola. Una vez que la decisión de búsqueda de un emplazamiento apropiado ha sido tomada, el municipio debería

impulsar activamente la participación en el proceso de identificación del emplazamiento de organizaciones y grupos comunitarios que muestren interés en la selección del emplazamiento.

Debería establecerse un foro apropiado que considerara los aspectos que afectan a estas decisiones clave y debería invitarse a representantes de las organizaciones y comunidades afectadas para comentar cuestiones tales como:

protección medioambiental y social,

uso del terreno y planificación del transporte,

acuerdos de recogida de residuos,

tecnologías de tratamiento de residuos,

regulaciones de residuos nacionales y regionales,

impacto en las comunidades vecinas, industrias y municipios.

Las preocupaciones por parte de los ciudadanos relativas al emplazamiento de una instalación de residuos peligrosos son un aspecto importante del proceso de selección del emplazamiento. El proceso de toma de decisiones debería ser de manera ideal, abierto y participativo, y debería implicar a todos los agentes que comparten intereses. Al mismo tiempo, es necesario un proceso objetivo de análisis técnico para informar del proceso de toma de decisiones.

De las responsabilidades legales de la gestión de residuos peligrosos

Se presume, salvo prueba en contrario, que todo residuo peligroso es cosa riesgosa en los términos del segundo párrafo del art. 1.113 del Código Civil,

modificado por la ley 17711. En el ámbito de la responsabilidad extracontractual, no es oponible a terceros la transmisión o abandono voluntario del dominio de los residuos peligrosos. El dueño o guardián de un residuo peligroso no se exime de responsabilidad por demostrar la culpa de un tercero de quien no debe responder, cuya acción pudo ser evitada con el empleo del debido cuidado y atendiendo a las circunstancias del caso.

La responsabilidad del generador por los daños ocasionados por los residuos peligrosos no desaparece por la transformación, especificación, desarrollo, evolución o tratamiento de estos a excepción de aquellos daños causados por la mayor peligrosidad que un determinado residuo adquiere como consecuencia de un tratamiento defectuoso realizado en la planta de tratamiento o disposición final.

Toda infracción a las disposiciones de esta ley, su reglamentación y normas complementarias que en su consecuencia se dicten será reprimida por la autoridad de aplicación con las siguientes sanciones, que podrán ser acumulativas, que incluyen apercibimiento; multas, suspensión de la inscripción en el Registro de treinta (30) días hasta un (1) año y cancelación de la inscripción en el Registro.

Estas sanciones se aplicarán con prescindencia de la responsabilidad civil o penal que pudiere imputarse al infractor. La suspensión o cancelación de la inscripción en el Registro implicará el cese de las actividades y la clausura del establecimiento o local.

Las sanciones establecidas en el artículo anterior se aplicarán, previo sumario que asegure el derecho de defensa, y se graduarán de acuerdo con la naturaleza de la infracción y el daño ocasionado.

En caso de reincidencia, los mínimos y los máximos de las sanciones previstas en los incs. b) y c) del art. 49 se multiplicarán por una cifra igual a la cantidad de reincidencias aumentada en una unidad. Sin perjuicio de ello a partir de la tercera reincidencia en el lapso indicado más abajo, la autoridad de aplicación queda facultada para cancelar la inscripción en el Registro.

Se considerará reincidente al que, dentro del término de tres (3) años anteriores a la fecha de comisión de la infracción, haya sido sancionado por otra infracción.

Régimen penal

Será reprimido con las mismas penas establecidas en el art. 200 del Código Penal, el que, utilizando los residuos a que se refiere la presente ley, envenenare, adulterare o contaminare de un modo peligroso para la salud, el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general. Si el hecho fuere seguido de la muerte de alguna persona, la pena será de diez (10) a veinticinco (25) años de reclusión o prisión.

Cuando alguno de los hechos previstos en el artículo anterior fuere cometido por imprudencia o negligencia o por impericia en el propio arte o profesión o por inobservancia de los reglamentos u ordenanzas, se impondrá prisión de un (1) mes a dos (2) años. Si resultare enfermedad o muerte de alguna persona, la pena será de seis (6) meses a tres (3) años. Cuando alguno de los hechos previstos en los dos artículos anteriores se hubiese producido por decisión de una persona jurídica, la pena se aplicará a los directores, gerentes, síndicos, miembros del consejo de vigilancia, administradores, mandatarios o representantes de esta que hubiesen intervenido en el hecho punible, sin perjuicio de las demás responsabilidades penales que pudiesen existir. Será competente para conocer de las acciones penales que deriven de la presente ley la Justicia federal.

De la autoridad de aplicación

Será autoridad de aplicación de la presente ley el organismo de más alto nivel con competencia en el área de la política ambiental, que determine el Poder Ejecutivo a la autoridad de aplicación:

a) Entender en la determinación de los objetivos y políticas en materia de residuos peligrosos, privilegiando las formas de tratamiento que impliquen el reciclado y reutilización de estos, y la incorporación de tecnologías más adecuadas desde el punto de vista ambiental;

- b) Ejecutar los planes, programas y proyectos del área de su competencia, elaborados conforme las directivas que imparta el Poder Ejecutivo;
- c) Entender en la fiscalización de la generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos;
- d) Entender en el ejercicio del poder de policía ambiental, en lo referente a residuos peligrosos, e intervenir en la radicación de las industrias generadoras de estos;
- e) Entender en la elaboración y fiscalización de las normas relacionadas con la contaminación ambiental;
- f) Crear un sistema de información de libre acceso a la población, con el objeto de hacer públicas las medidas que se implementen en relación con la generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos;
- g) Realizar la evaluación del impacto ambiental respecto de todas las actividades relacionadas con los residuos peligrosos;
- h) Dictar normas complementarias en materia de residuos peligrosos;
- i) Intervenir en los proyectos de inversión que cuenten o requieran financiamiento específico proveniente de organismos o instituciones nacionales o de la cooperación internacional;
- j) Administrar los recursos de origen nacional destinados al cumplimiento de la presente ley y los provenientes de la cooperación internacional;
- k) Elaborar y proponer al Poder Ejecutivo la reglamentación de la presente ley;
- l) Ejercer todas las demás facultades y atribuciones que por esta ley se le confieren.

Referencias bibliográficas

Brunstein L y Digón, A. (2015). Waste Assessment Guidance Training Set. International Maritime Organization.

Brunstein, L.; Chesini, F.; Montecchia, M. F.; Alfano, C. D.; Digón, A.; Rodríguez, E.; Sagardoyburu, S.; Benítez y de Titto, E. H. (2017). Herramientas para la gestión de residuos en establecimientos de atención de la salud. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Ministerio de Salud de la Nación.

Fernández Protomastro Gustavo. Minería urbana y la gestión de los RAEE. (2013). Editorial ISALUD. International Solid Waste Association y Asociación Argentina de Residuos Sólidos (ARS)

Jus.gob.ar / www.servicios.infoleg.gob.ar. Ley Nacional N.º 24051 – Dto. Regl. 831/93 – Resolución 522-E2016. F-2016-03345047-APN-SECCYMA#MAD e. 05/12/2016 N.º 92796/16 v. 05/12/2016

LaGrega, M.; Buckingham, P.; y Evans, J. (1996). Gestión de residuos Tóxicos. Volumen I y II. Madrid, España: Editorial McGraw-Hill,

Martínez, J.; Mallo, M.; Lucas, R.; Salvarrey, A. y Gristo, P. (2005). Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos. Fundamentos. Tomo I. Centro Coordinador de Basilea para América Latina y Caribe. IDRC.

Ministerio de Salud de la Nación. Argentina, Ministerio de Salud de la Nación. Directrices Nacionales para la Gestión de Residuos en Establecimientos de Atención de la Salud, del Ministerio de Salud de la Nación. Resolución MSN N.º 134/2016. Transporte y almacenamiento de plaguicidas. En serie: Información y estrategias para la gestión ecológicamente racional de plaguicidas de uso sanitario.

OMS (Organización Mundial de la Salud). (2005). Reglamento Sanitario Internacional, pp.85.

OPS (Organización Panamericana de la Salud).(2006). Metodología de identificación y evaluación de riesgos para la salud en sitios contaminados, pp.93. <http://www.bvsde.opsoms.org/tutorial/fulltex/metodolo.pdf>

Secretaría del Convenio de Basilea. www.basel.int. Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación.

Tchovanoglous, Theisen y Vigil. (1994). Gestión integral de residuos sólidos, Mc-Graw Hill.

Wilson, D.; Balkau, F. y Thurgood, M. (2002). Manual para la formación en gestión de residuos peligrosos para países en vías de desarrollo. ISWA International Solid Waste Association. Grupo de Trabajo sobre Residuos Peligrosos Vesterbrogade 74, 3rd floor, DK-1620, Copenhagen V, Dinamarca: Publicación de las Naciones Unidas ISBN: 92-807-2493-2.

PASIVOS AMBIENTALES

▪

María Graciela Pozzo Ardizzi

Gerente técnica de GPA consultoría ambiental y social S.A.S. Directora de DIMA, División Medio Ambiente de AIDIS Argentina. Desde 1998 realiza consultorías para la gestión ambiental de las industrias petrolera y minera. Consultor a tempore del Banco Mundial (World Bank). Docente universitaria de grado y postgrado. Capacitadora de IRAM y AIDIS. Perito ambiental para la Justicia neuquina, rionegrina y Justicia federal.

Contacto: gpozzoardizzi@gmail.com

Introducción

El pasivo ambiental es el conjunto de los daños ambientales, en términos de contaminación del agua, del suelo, del aire, del deterioro de los recursos y de los ecosistemas, producidos por una empresa durante su funcionamiento ordinario o por accidentes imprevistos, a lo largo de su historia.

La Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los EE. UU. introduce el concepto: «la obligación legal de hacer un gasto en el futuro por actividades realizadas en el presente y el pasado sobre la manufactura, uso, lanzamiento o amenazas de lanzar sustancias particulares o actividades que afectan el medio ambiente de manera adversa».

Según Russi y Martínez Alier (2002) el término «pasivo ambiental» tiene orígenes comerciales: en el balance del ejercicio anual de una empresa, el pasivo es el conjunto de deudas y gravámenes que disminuyen su activo. En otras palabras, se trata de sus deudas hacia la comunidad donde opera u operó una

empresa.

En estos términos tenemos activos y pasivos ambientales, a saber:

Activo: capital natural y su flujo de bienes y servicios ambientales, tangibles e intangibles, generados en el tiempo, que producen bienestar para los seres humanos y favorecen la sostenibilidad y conservación de los ecosistemas.

Pasivo: obligación (deuda) presente de una empresa o persona natural de hacer un desembolso de dinero en el futuro para compensar, mitigar y/o corregir los impactos negativos que se han causado al medio ambiente, por acciones en el pasado o en el presente.

Según la Ley 14343, que regula la identificación de los Pasivos Ambientales en la provincia de Buenos Aires, en el artículo 3º, se entenderá por pasivo ambiental al conjunto de los daños ambientales, en términos de contaminación del agua, del suelo, del aire, del deterioro de los recursos naturales y de los ecosistemas, producidos por cualquier tipo de actividad pública o privada, durante su funcionamiento ordinario o por hechos imprevistos a lo largo de su historia, que constituyan un riesgo permanente y/o potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad, y que haya sido abandonado por el responsable.

Se considera pasivo ambiental a aquellos sitios contaminados por la liberación de materiales o residuos peligrosos que no fueron remediados oportunamente, pero que implican una obligación de remediación.

Clasificación de pasivos ambientales

A fin de clasificar según su origen los pasivos ambientales, Chumpitaz, R. C. (2002) propone un listado de sitios peligrosos, con la inclusión de sitios dentro de siete grandes categorías. Estas categorías han sido definidas sobre la base de las principales fuentes de residuos peligrosos en América Latina.

I. Minero-metalurgia

Las minas y las fundiciones o metalurgias electrolíticas, en funcionamiento o abandonadas, se deben considerar como sitios peligrosos hasta que se demuestre lo contrario. La minería genera residuos metálicos y químicos que pueden contaminar especialmente el suelo, el aire y las aguas de sus predios y de los sitios vecinos a ellas, por la generación de lixiviados, polvos metálicos y, en algunos casos, por la emisión de gases tóxicos.

II. Regiones agrícolas

Las regiones agrícolas donde se aplican agroquímicos se deben considerar potencialmente peligrosas por la posibilidad de contaminación del suelo, del aire y del agua. Debido a la gran extensión que puede llegar a tener un área agrícola, la definición de sitio peligroso en una región puede limitarse a aquellos puntos donde se permite el contacto humano con los plaguicidas, por ejemplo, los ríos, las comunidades agrícolas, etc.

III. Macroindustrias

Una gestión inadecuada a lo largo del tiempo hace que residuos industriales antiguos e inidentificados aparezcan acopiados o enterrados en los «patios traseros» de los predios industriales. En las áreas de influencia de una zona industrial debe vigilarse la contaminación en todos los componentes del ambiente.

IV. Industria petrolera

La actividad hidrocarburífera e industrial que gira alrededor del petróleo es generadora de residuos peligrosos.

En esta industria hay que destacar sus actividades conocidas como:

Upstream: es el sector de exploración y producción.

Midstream: se refiere a la transportación de los hidrocarburos.

Downstream: incluye refinamiento de hidrocarburos en productos, así como su venta.

Todas ellas son potencialmente contaminantes, pero la calidad de sus productos y residuos las diferencian, como así también la contaminación ambiental que pueden causar.

V. Microindustria

Un porcentaje muy importante de la actividad industrial se genera en las microindustrias. En ausencia de vigilancia ambiental y controles, este tipo de empresas son responsables de pasivos ambientales históricos. Cabe citar, por ejemplo, microindustrias como las ladrilleras, curtiembres, galvanoplastia, recicladoras de baterías, pequeñas fundiciones, chatarreros. etc.

VI. Depósitos no controlados

El acopio y disposición de residuos sólidos en vertederos, tiraderos clandestinos y confinamientos para residuos industriales no regulados. En cuanto a los residuos líquidos, se deberán analizar las áreas donde lleguen las aguas residuales de industrias y/o ciudades sin tratamientos completos.

VII. Otros

Chumpitaz, R.C. (2002) reserva este apartado para sitios que no pueden categorizarse en ninguna de las clasificaciones anteriores. Sitios contaminados por actividad natural (volcanes, aguas termales, etc.), o de aquellos contaminados por accidentes químicos (derrames, accidentes carreteros, etc.), áreas impactadas con radiactividad, zonas contaminadas con residuos hospitalarios, etc.

Es importante recalcar que en una primera instancia todos los sitios serán considerados como potencialmente contaminados. Por lo tanto, no debe descartarse ninguno sin que exista evidencia comprobable de la ausencia de riesgos.

Se incluyen sitios de diversa naturaleza, por ejemplo:

Constituyen pasivos aquellos casos producto de actividades antrópicas en los cuales al menos uno de los contaminantes presentes en el sitio pueda ser calificado como peligroso, en nuestro caso en los términos del artículo segundo de la Ley nacional 24051.

Se incluyen los basurales, siempre y cuando sean clandestinos o no se esté efectuando algún tipo de acción de remediación o de monitoreo.

Gestión de pasivos ambientales

La gestión de pasivos ambientales (sitios contaminados con dueño visible o declarado, o sin él) tiene como alcance aquellos sitios en los que se sospeche la presencia de contaminación producto de actividades pasadas o que en la actualidad se encuentren inactivas, así como aquellos sitios que se presuman contaminados por ser de conocimiento público.

Se aconseja abordar la gestión de pasivos ambientales como la gestión ambiental de sitios contaminados. GASC, o sea, un conjunto de acciones técnico-administrativas que tienen como finalidad evaluar la problemática de sitios contaminados, generar información de base para la toma de decisiones e implementar medidas tendientes a la recuperación de estos.

La gestión ambiental de sitios contaminados (GASC) requiere cumplimentar las siguientes 3 etapas:

La evaluación del sitio

La evaluación de la exposición en sitios contaminados y

La remediación del sitio.

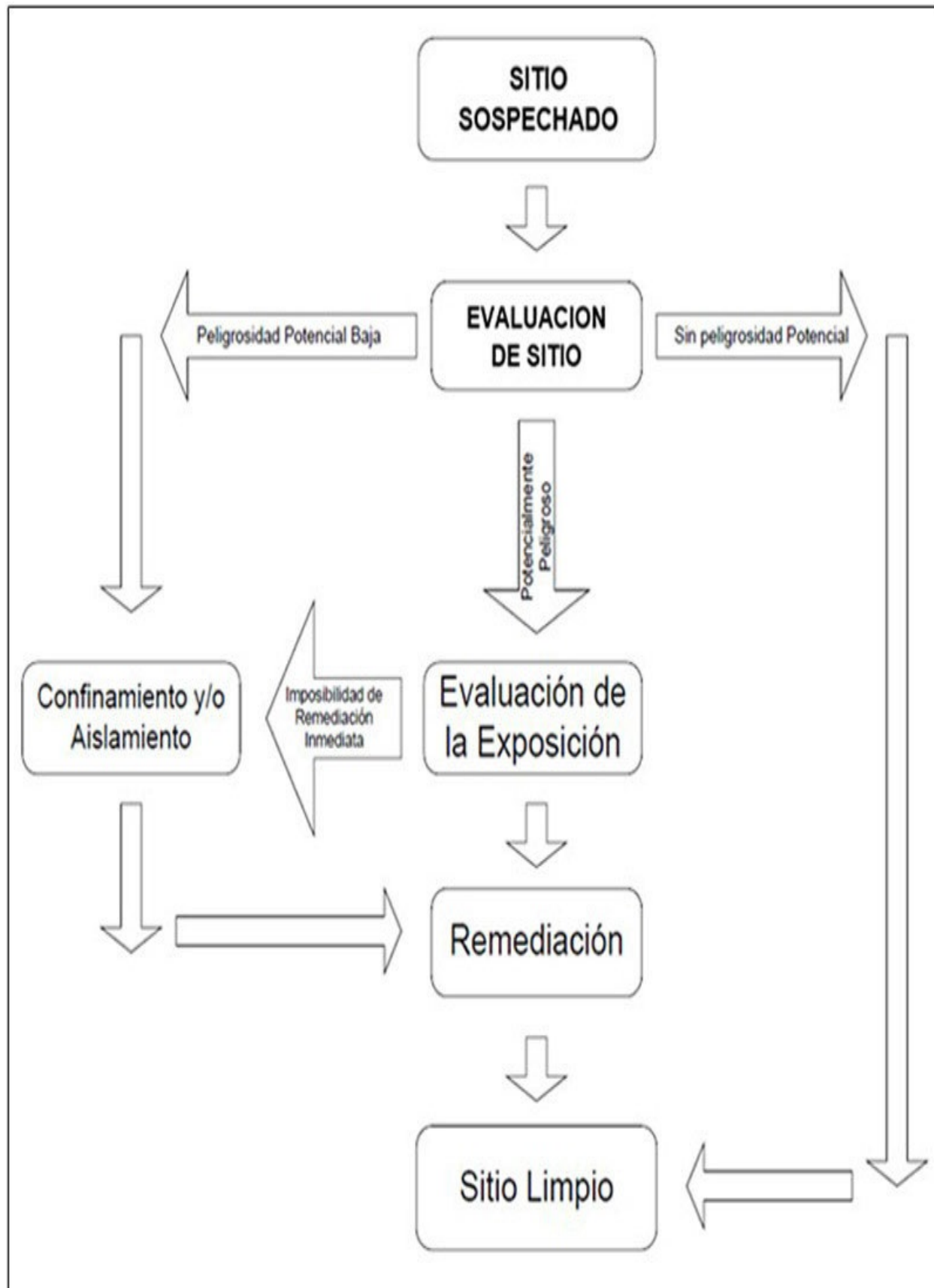


Figura 1. Diagrama que muestra las etapas de la gestión ambiental de sitios contaminados (GASC).

Fuente: modificado de Chumpitaz, 2002.

Inspección del sitio (IS)

La evaluación del sitio, en la fase de inspección, debe contar con la calidad y cantidad de datos y evidencias suficientes para concluir con certeza si un sitio está o no contaminado.

LA IS comprende cinco actividades:

visitas al sitio,

monitoreo de la contaminación ambiental,

selección de contaminantes críticos,

análisis preliminar de rutas de exposición, y

estimación preliminar del riesgo.

Los sitios inspeccionados son calificados para determinar si requieren de un análisis más detallado.

Visitas al sitio

Las visitas en la IS tienen tres objetivos: describir el sitio, reconocer el tipo de los contaminantes presentes en el sitio y definir cuáles serían los puntos de exposición.

A. Descripción del sitio

El informe incluye generalidades sobre la localización del sitio:

Población y distancia a las poblaciones más cercanas,

Situación ambiental (breve historia y antecedentes generales), y

Principales reclamos sociales o percepción social del problema.

La descripción del sitio debe ser breve pero completa.

B. Tipos de contaminantes

Sin análisis químicos previos es difícil determinar con precisión analítica los contaminantes presentes en el sitio. Sin embargo, la experiencia del perito y los antecedentes conocidos del problema permitirán inferir los tipos de contaminantes, es decir, si se trata de un compuesto inorgánico, orgánico o un agente microbiano. Para llegar a tal definición, durante la visita al sitio se deberá establecer con la mayor exactitud posible el origen de la contaminación.

Las entrevistas con informantes calificados (autoridades locales, empleados u operarios de la empresa, comunidad próxima al sitio) proveen información para este fin.

C. Puntos de exposición

Los puntos de exposición son los lugares donde los receptores (operarios, vecinos, población) entran en contacto con los contaminantes.

La selección y ubicación de puntos de exposición es básica, ya que el muestreo ambiental se debe realizar en ellos y su entorno.

Durante la visita al sitio, el responsable del estudio también debe ubicar zonas donde no existan evidencias de contaminación, para tomar en ellas muestras basales (testigos) que permitan establecer el nivel natural, si lo hubiera, de los contaminantes en la zona de estudio.

Monitoreo de la contaminación ambiental

En esta actividad se realiza el muestreo ambiental y la determinación de los contaminantes mediante el análisis químico en el laboratorio.

A. Muestreo ambiental

El muestreo se debe realizar en los puntos de exposición y otros puntos de importancia, según los criterios definidos por un diseño de muestreo previo.

Según el caso, será necesario tomar muestras de suelos, aguas superficiales, sedimentos, aguas subterráneas, aire interior y aire exterior. Es condición que el muestreo se efectúe siguiendo normas de calidad. La selección de los medios del ambiente que deben muestrearse en la fase de IS queda a criterio del perito.

Sin embargo, durante la fase de IS no se recomienda un muestreo muy detallado. El muestreo debe realizarse tanto «dentro» como «fuera» del sitio, con el objeto de investigar la posibilidad de que la contaminación haya impactado los sitios vecinos. En todos los casos, es importante obtener muestras basales.

B. Análisis ambiental

En todos los sitios se encontrarán tres tipos posibles de contaminación por:

compuestos inorgánicos,
compuestos orgánicos, y
contaminantes biológicos (microorganismos).

Con referencia a los compuestos inorgánicos, se investigarán metales y minerales no metálicos. Por ejemplo: cromo, cadmio, mercurio, manganeso, níquel, plomo, arsénico, flúor, cobre, cobalto, bario, etc. En muchos sitios no será necesario cuantificar todos los metales, sino solo los más importantes según su concentración y toxicidad. Los análisis se realizarán por espectrometría de emisión por plasma, que permite obtener un «barrido» de todos los metales. También por espectrofotometría de absorción atómica. Una alternativa analítica son los métodos colorimétricos. Esta alternativa es válida para concentraciones altas de metales.

El análisis de los compuestos orgánicos comprende al menos tres grandes grupos: volátiles, semivolátiles y compuestos polares. Para esto, se requiere un laboratorio que tenga por lo menos cromatógrafos de gases (con accesorios como purga y trampa, headspace, detector de masas, detector de captura de electrones, etc.) y cromatógrafos de líquidos con sus propios detectores (fluorescencia, ultravioleta, etc.). Independientemente del método seleccionado, los análisis deberán cumplir los criterios de calidad.

Los contaminantes microbiológicos se analizarán en aguas, en suelos, en sedimentos y alimentos. La información deberá contener como mínimo los siguientes puntos: diseño y representatividad del muestreo, medio del ambiente analizado, fecha de muestreo, localización de los puntos de muestreo y concentraciones encontradas en los medios analizados.

Selección de contaminantes críticos

La concentración de los contaminantes encontrados se puede comparar con valores de referencia. El perito puede emplear valores nacionales, como niveles guía del Decreto 831 de la Ley de Residuos Peligrosos, o utilizar referencias

internacionales, como las de la Organización Mundial de la Salud, EPA, Comunidad Económica Europea, etc., cuando no existen valores de referencia nacionales.

Para definir los contaminantes críticos deben cumplir los siguientes requisitos:

su concentración en alguno de los medios ambientales investigados supere el valor de referencia empleado;

que sean causa de preocupación social;

ser un tóxico persistente;

tener efecto aditivo con otros tóxicos presentes en el sitio;

que exista evidencia de riesgo por exposición al mismo.

Análisis preliminar de las rutas de exposición

Para efectuar este análisis se deben considerar las propiedades fisicoquímicas de cada sustancia. Con ellas se podrá determinar la capacidad de movilidad de las sustancias a través de los medios y, por consiguiente, se podrá definir su destino en el sitio o fuera de él. La identificación de los mecanismos de transporte permite determinar la posibilidad de contaminación potencial más allá de las áreas muestreadas y la necesidad de efectuar estudios adicionales de muestreo y análisis.

En general, los fenómenos de transporte involucran movimientos de gases, líquidos y partículas sólidas, a través de un medio y a través de interfaces entre aire, agua, sedimento, suelo.

El contaminante liberado al ambiente puede sufrir uno o más de los siguientes eventos:

movilidad (en agua, sedimento, suelo, aire, etc.);

transformación física (volatilidad, presión, etc.);

transformación química (fotólisis, hidrólisis, oxidación/reducción, precipitación, etc.);

transformación biológica (biodegradación); y/o

acumulación en uno o más medios (incluyendo el medio originalmente contaminado).

Los diferentes mecanismos de transporte y el destino de los contaminantes en el ambiente pueden resumirse en cuatro tipos:

emisión: liberación de material contaminante desde la fuente;

advección: migración del contaminante siguiendo el movimiento del medio (por ejemplo, siguiendo la dirección de la corriente de un arroyo, o la dirección de los vientos predominantes, o por el lavado de los suelos por lluvia o riego, etc.);

dispersión: distribución de contaminantes en un medio líquido, gaseoso y/o sólido;

atenuación: disminución de la cantidad del contaminante en el medio por degradación o adsorción.

El transporte y destino de los contaminantes puede ser afectado por factores de naturaleza química, por ejemplo:

- Solubilidad en agua: los contaminantes solubles en agua son escasamente retenidos en los suelos, son transportados desde el suelo contaminado hasta los cuerpos de agua superficial y/o subterránea.

Los compuestos muy solubles en agua tienden a ser menos volátiles y también

más biodegradables.

- Constante de la ley de Henry (H): a altas presiones de vapor respecto a su solubilidad en agua, la constante de la ley de Henry también es alta y el compuesto se evaporará en el aire.

Según la ley de Henry, un valor elevado de constante de Henry en un contaminante podría asegurar que la inhalación sería la vía principal de exposición.

- Coeficiente de partición de carbono orgánico (Koc): un «Koc» alto indica que el contaminante se fijará a la materia orgánica del suelo, fijándose en los suelos. Un bajo «Koc» sugiere la posibilidad de que el compuesto se movilice a otros medios como los cuerpos de agua, freática, etc.

- Coeficiente de partición octanol/agua (Kow): los contaminantes que poseen valores altos de «Kow» pueden bioacumularse en los organismos y concentrarse en suelos y sedimentos y se pueden transferir a los humanos a través de la cadena alimentaria. Los contaminantes con bajos «Kow» tienden a dispersarse en el agua o aire.

- Factor de bioconcentración (FBC): este factor se calcula mediante el cociente de la concentración de un compuesto químico en un organismo o tejido, dividida por la concentración del mismo compuesto en un medio externo.

En general, los compuestos que tienen un alto valor de «Kow» tienen un alto FBC.

- Velocidad de transformación y degradación: este factor toma en cuenta los cambios físicos, químicos y biológicos de un contaminante a través del tiempo en un medio ambiental. Depende de variables físicas y biológicas específicas del sitio de estudio.

Las características y propiedades del sitio de estudio también influyen en el destino y transporte de los contaminantes.

El perito debe considerar los factores específicos del sitio de estudio que pudieran influir en el transporte de los contaminantes, a saber, las condiciones

climáticas y de las características físicas del sitio tales como: precipitaciones, temperaturas, vientos, características geomorfológicas, corrientes superficiales, fenómenos de erosión, conexiones hidrológicas entre cuerpos de agua superficiales y acuíferos, características hidrogeológicas, fuentes de agua potable, características del suelo, percolación, recarga de acuíferos, lixiviado de contaminantes y transporte, entre otras.

Para delimitar la zona contaminada, se necesita contar con la información de los niveles de fondo de metales, compuestos orgánicos y pH en suelos del área.

Estimación preliminar del riesgo en la salud humana

Procedimiento general

El procedimiento más utilizado es el propuesto por el Consejo Nacional de Investigación (siglas en inglés, NRC) de los Estados Unidos en 1983, en su documento Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process (NRC, 1983) (también conocido como el Libro Rojo), estructurado en cuatro fases, descritas por Martín-Olmedo P y col. (2016):

A. Identificación del peligro.

Fase cualitativa que consiste en identificar todas aquellas situaciones o agentes capaces de generar efectos adversos en la salud en un escenario de exposición (Modelo conceptual de sitio), así como caracterizar la naturaleza de tales efectos (carcinogénico y no carcinogénico) en función de la evidencia científica obtenida de consulta en bibliografía calificada.

B. Caracterización del peligro o evaluación de la dosis/respuesta.

Fase cuantitativa que intenta describir la relación entre la magnitud y condiciones de exposición a un agente (dosis y vías), y la probabilidad de que se produzca un efecto adverso en salud (respuestas). La información se obtiene

mediante revisión de la evidencia científica generada en estudios de experimentación en animales o estudios epidemiológicos.

C. Evaluación de la exposición.

Proceso cuali-cuantitativo de caracterización de la intensidad, frecuencia y duración de la exposición humana a un agente presente en el medio, real o hipotéticamente liberado como resultado de acciones humanas.

La información obtenida en esta etapa hace referencia a la distribución y concentración de un peligro en una matriz medioambiental, la caracterización de las vías de exposición, así como datos sobre las características fisiológicas (Ej.: peso, edad, sexo, etc.) y de comportamiento de la población real o potencialmente expuesta (Ej.: hábitos de consumo alimentario).

D. Caracterización del riesgo.

Fase final en la que las evaluaciones de la exposición y la caracterización de la relación dosis-respuesta se combinan en la estimación de la probabilidad, naturaleza y magnitud del riesgo humano de acuerdo con los diferentes escenarios de exposición identificados.

El informe final debe contener información detallada referente a la naturaleza y peso de la evidencia en cada paso del proceso, la distribución de los riesgos entre los distintos sectores de la población, la incertidumbre asociada a cada componente del proceso, y los supuestos adoptados en las estimaciones.

Estimación del riesgo ecológico

La identificación de un elevado número de sitios contaminados en países industrializados ha enfatizado la necesidad de una estimación del riesgo ecológico (Ecological Risk Assessment ERA) y dio como resultado la inclusión

de ERA en las evaluaciones de riesgos de sitios contaminados. La base de ERA es similar a la estimación de riesgo en la salud humana, pero enfatiza las siguientes áreas:

ERA puede considerar efectos más allá de una especie individual, es decir, puede considerarse para evaluaciones de poblaciones, comunidades o ecosistemas.

**IDENTIFICACIÓN
PELIGROS**



- Características del sitio
- Preocupación comunidad
- Efectos en salud de peligros en el sitio
- Características físico-químicas de los peligros

**EVALUACIÓN
EXPOSICIÓN**



- Identificar rutas de exposición
- Análisis calidad de los datos
- Identificar grupos de especial vulnerabilidad

**SELECCIÓN
CONTAMINANTES
DE INTERÉS**

**CARACTERIZACIÓN
PELIGROS**

Evaluación DOSIS-
RESPUESTA



Cuantificar relación dosis-respuesta para cada efecto en salud y contaminante: **DIFERENCIAR ENTRE EFECTO CÁNCER Y EFECTO NO-CÁNCER**

**LÍMITES
MÁXIMOS DE
EXPOSICIÓN
HUMANA**

**CARACTERIZACIÓN
RIESGOS**



- Cuantificar exposición: **EFECTO CÁNCER Y NO CÁNCER**
- Relacionar dosis de exposición con índices toxicológicos en humanos para efecto cáncer y no cáncer

Figura 2. Fases del procedimiento de ER en salud. Fuente: Martín-Olmedo et al., 2016.

No es solamente el valor del recurso individual el que debe ser protegido, sino su rol en los servicios ecosistémicos, por lo que debe remitirse a proteger las funciones del ecosistema y los usos de la tierra.

Generalmente, se aplican pruebas de ecotoxicidad para evaluar los contaminantes de un ecosistema. Como la estimación de riesgo en la salud, ERA puede ser usado para escenarios como uso y gestión del suelo, para esquematizar estándares y guías, así como para decisiones específicas en gestión de riesgo.

Los países europeos son los que actualmente están aplicando los conceptos de ERA en proyectos y estándares, como en el proyecto CLARINET (Red de rehabilitación de suelos contaminados en la Comunidad Europea).

En Argentina, el Programa de Sitios Contaminados PROSICO (2007) requiere que se evalúe el riesgo «que el sitio representa para la salud y el ambiente con base en el desarrollo de un modelo conceptual que represente la cantidad, calidad y distribución de contaminantes, los mecanismos de transporte de estos, los componentes ambientales en riesgo, la probabilidad de exposición y los potenciales efectos toxicológicos asociados a dicha exposición».

Los criterios para evaluar el control de la contaminación en muchas provincias se basan en la normativa nacional que establece niveles de calidad de los sitios según el uso que se da a los recursos contaminados. Estos niveles de calidad son estándares cuantitativos que definen concentraciones límite para distintas sustancias químicas en diferentes medios (agua, aire, suelo) y para los usos que puedan tener (residencial, agrícola, industrial, recreativo, consumo humano, riego, bebida animal, etc.). En la jurisdicción nacional, el decreto 831/93, reglamentario de la Ley 24051 de Residuos Peligrosos, establece estos niveles de calidad para distintos usos de suelo.

La Ciudad Autónoma de Buenos Aires y la provincia de Buenos Aires poseen legislación nueva sobre gestión de pasivos ambientales o sitios contaminados que requieren definir las acciones y objetivos de remediación con base en una

evaluación de riesgo. (Ley 14343. Regula la identificación de los Pasivos Ambientales. Provincia de Buenos Aires; Ley 6117. Ley de Gestión ambiental de sitios contaminados. Ciudad Autónoma de Buenos Aires). Las restantes provincias establecen los estándares de la legislación nacional o estándares propios, siempre más exigentes que la normativa nacional.

Softwares de aplicación en estudios de estimación de riesgos

Las siguientes herramientas se refieren a la estimación de la salud humana y riesgos en aguas subterráneas. Algunos de ellos también se usan para criterios de protección ecológica.

RBCA Tool Kit (GSI) for Chemical Releases. El software RBCA (Risk Based Corrective Actions) puede ser usado para realizar análisis de valores genéricos en el sitio de la exposición (Tier 1), también para realizar análisis de valores específicos dentro o fuera del sitio de exposición (Tier 2).

El software ROME ver.01 (Reas Onable Maximun Exposure) ha sido desarrollado para la National Environment Protection Agency por la empresa Dames & Moore.

Desde 1995 el modelo Risc-Human ha estado disponible para la evaluación riesgos de exposición humana a la contaminación de suelos y también para objetivos de remediación.

RISC (Risk Integrated Software for CleanUp). British Petroleum, ver.3.0 Este modelo ha sido desarrollado por la British Petroleum (BP Oil Europe), derivado de los estándares ASTM/RBCA, de acuerdo con el proceso gradual, donde Tier 2 incluye mayormente módulos de transporte y destino, y una herramienta de cálculo MonteCarlo.

Otro software existente es el llamado APIDISS, Decision Support System (American Petroleum Institute) que evalúa la concentración del objetivo receptor

y estima el riesgo relacionado a niveles de exposición de contaminantes.

Remediación de sitios

Una vez determinados los sitios que necesitan remediación, estos pueden ser evaluados para así comenzar su recuperación.

En esta etapa se aplican técnicas para corregir y controlar los riesgos detectados.

El objetivo de una remediación busca la reducción de las concentraciones de compuestos contaminantes en el suelo y el agua subterránea del sitio previo a inmovilizar o controlar la fuente de contaminantes.

Las técnicas de remediación pueden ser de diversas características. Se evaluarán de manera conjunta la eficiencia y aplicabilidad de cada técnica, y se determinará la mejor estrategia de remediación para cada caso.

La ejecución de esta etapa requerirá el desarrollo de un Plan de remediación con su correspondiente Estudio de impacto ambiental (EIA) que deberá ser aprobado por la autoridad de aplicación correspondiente.

Dicho Plan de remediación deberá incluir un Plan de monitoreo que contemple el antes, durante y después de la ejecución de las acciones de remediación.

Las técnicas aplicables pueden ser ex situ (excavación y traslado del suelo a planta de tratamiento), o in situ (se realizan en el sitio con mínima disturbación). Las técnicas in situ evitan los riesgos asociados a la excavación y transporte del suelo.

Según Oblasser y col, (2016) en el Manual de tecnologías de remediación de sitios contaminados, las tecnologías de remediación de suelos o aguas subterráneas abarcan todas aquellas operaciones que tienen por objetivo reducir la toxicidad, movilidad o concentración del contaminante presente en el medio, mediante la alteración de la composición de la sustancia peligrosa o del medio, a través de acciones químicas, físicas o biológicas.

Las tecnologías de remediación pueden agruparse en función de sus características de operación o finalidad, según los siguientes criterios:

Objetivo de la remediación,

Lugar en que se aplica el proceso de remediación, y

Tipo de tratamiento utilizado.

En función de los objetivos de remediación se puede distinguir:

Técnicas de contención o encapsulado, que aíslan el contaminante en el medio, sin actuar sobre él.

Técnicas de confinamiento, que actúan mediante la alteración de las condiciones fisicoquímicas del medio reduciendo la movilidad del contaminante.

Técnicas de descontaminación, que operan en la disminución o eliminación de la concentración de contaminantes presentes en el medio.

Las tecnologías según el tipo de tratamiento aplicado se pueden clasificar en:

Tratamientos biológicos, actúan en la degradación, transformación y/o remoción de contaminantes basados en la actividad metabólica natural de ciertos organismos.

Tratamientos fisicoquímicos, operan en la destrucción, separación y/o contención de contaminantes aprovechando las propiedades físicas y/o químicas de los contaminantes o del medio.

Tratamientos térmicos, que utilizan altas temperaturas para volatilizar,

descomponer, destilar o fundir los contaminantes.

Tratamientos biológicos o biotratamientos

Los tratamientos biológicos o biotecnologías de remediación utilizan organismos vivos (plantas, lombrices, hongos, bacterias, actinomicetos, etc.) para la degradación, transformación o remoción de compuestos tóxicos, dependiendo de las actividades catabólicas de los organismos y de su capacidad para utilizar los contaminantes como fuente de nutrición y energía.

Las estrategias de biodegradación de los organismos varían en función de la estructura química del compuesto y de las especies degradadoras involucradas, pudiendo incluir reacciones de óxido-reducción, procesos de sorción e intercambio iónico, reacciones con formación de complejos y quelatos. Las tecnologías de biorremediación pueden realizarse in situ o ex situ, en condiciones aeróbicas (en presencia de oxígeno) o anaeróbicas (sin oxígeno).

Las principales tecnologías biológicas de remediación utilizadas en suelos y aguas subterráneas se describen brevemente a continuación:

Bioaumentación: activa y estimula la biodegradación o biotransformación de contaminantes presentes en suelos y/o aguas subterráneas mediante el agregado de cultivos de microorganismos con capacidad de degradación de contaminantes orgánicos. Esta tecnología se utiliza cuando se requiere el tratamiento inmediato de un sitio contaminado o cuando la población microbiana nativa es insuficiente en número o capacidad degradadora. Sirve para descontaminación, se aplica in situ, en suelos y aguas subterráneas. Es aplicable a un amplio espectro de contaminantes orgánicos biodegradables.

Biodegradación asistida/bioestimulación: acelera las reacciones de biodegradación mediante la optimización de las condiciones medioambientales que favorecen el crecimiento de aquellos microorganismos que realicen la metabolización de contaminantes orgánicos presentes en suelos y/o agua

subterránea. Sirve para descontaminación, se aplica in situ, en suelos y aguas subterráneas. Es aplicable a un amplio espectro de contaminantes orgánicos biodegradables.

Biotransformación de metales: inmoviliza y/o transforma por actividad microbiana a los metales u otros compuestos inorgánicos presentes en suelos contaminados mediante mecanismos de oxidación/reducción, metilación, dimetilación, formación de complejos, biosorción y/o acumulación intracelular, entre otros. Sirve para descontaminación, se aplica in situ, en suelos. Es aplicable a metales y compuestos inorgánicos.

Bioventeo (bioventing) bioaireado (biosparging): estimula la biodegradación natural de compuestos contaminantes en condiciones aeróbicas, mediante el suministro de aire (enriquecido en O₂) a través de pozos de inyección, suministrando solamente el oxígeno necesario para sostener la actividad de los microorganismos degradadores. Sirve para descontaminación, se aplica in situ, en suelos y aguas. Es aplicable a hidrocarburos del petróleo de peso mediano, explosivos (DDT, DNT).

Compostaje: estimula la actividad biodegradadora, aerobia o anaerobia, de microorganismos nativos bajo condiciones termofílicas (54 a 65 °C), transformando compuestos orgánicos tóxicos. El material contaminado se mezcla con sustancias orgánicas sólidas biodegradables (paja, aserrín, estiércol, desechos agrícolas). Sirve para descontaminación, se aplica ex situ, en suelos. Es aplicable a explosivos (TNT, RDX, HMX), hidrocarburos aromáticos policíclicos, hidrocarburos de petróleo, hidrocarburos clorados y pesticidas.

Fitorremediación/fitorrecuperación: remueve, transfiere, estabiliza, concentra y/o destruye los contaminantes (orgánicos e inorgánicos) presentes en suelos, lodos y sedimentos, humedales, mediante la utilización de especies vegetales. En esta clase se agrupan: la fitorremediación, la rizodegradación, la fitoextracción, la fitodegradación, la fitovolatilización y la fitoestabilización. Sirve para

descontaminación y contención, se aplica in situ y ex situ, en suelos y sedimentos. Es aplicable a metales, pesticidas, solventes, explosivos, hidrocarburos aromáticos policíclicos, petróleo crudo.

Landfarming/biolabranza: el suelo contaminado es trabajado por laboreo agrícola con el aporte de nutrientes y agua, es removido periódicamente con arado, rastra o cincel, favoreciendo su aireación. Las condiciones del suelo (pH, temperatura, aireación) se controlan, optimizando la velocidad de degradación. Sirve para descontaminación, se aplica in situ y ex situ, en suelos. Es aplicable a hidrocarburos del petróleo de peso mediano.

Pilas Biológicas/biopilas: son una variante del landfarming y el compostaje. Las pilas de suelo generalmente se cubren con plástico para controlar los lixiviados, la evaporación y la volatilización de contaminantes, además de favorecer su calentamiento, según el clima regional. Sirven para descontaminación, se aplican ex situ, en suelos. Son aplicables a hidrocarburos del petróleo de peso mediano, derivados del petróleo, compuestos orgánicos volátiles halogenados y no halogenados, compuestos orgánicos semivolátiles y pesticidas.

Tratamientos fisicoquímicos

Los tratamientos fisicoquímicos se basan en las propiedades físicas y/o químicas de los contaminantes y del medio contaminado para descontaminar mediante la destrucción, separación o contención de la contaminación. Al igual que las biorremediaciones, las fisicoquímicas pueden realizarse in situ o ex situ.

Las principales tecnologías fisicoquímicas de remediación utilizadas en suelos y aguas subterráneas se describen brevemente a continuación:

Barreras físicas/pantallas (verticales-horizontales): consisten en la construcción de paredes o barreras impermeables en el suelo para controlar la migración de la

contaminación. Se aplican cuando la descontaminación resulta técnica o económicamente inviable y cuando la contaminación está perfectamente localizada. Sirven para contención y aislamiento, se aplican in situ, en suelos. Son aplicables a contaminantes orgánicos e inorgánicos.

Barreras permeables reactivas: adsorben, precipitan y/o degradan los contaminantes presentes en aguas subterráneas, mediante la instalación de una pantalla perpendicular al flujo de la pluma de contaminación, cuyo material de relleno puede adsorber, precipitar o degradar biótica o abióticamente los contaminantes. Sirven para descontaminación y contención, se aplican in situ, en aguas subterráneas. Son aplicables a contaminantes orgánicos biodegradables, metales, nitratos, sulfatos.

Lavado por inundación: extrae los contaminantes mediante la inundación del suelo con agua u otras soluciones acuosas que desalojen y transporten los contaminantes a una zona determinada para su captación, tratamiento y/o reciclaje. Sirve para descontaminación, se aplica in situ, en suelos. Es aplicable a todo tipo de contaminantes especialmente inorgánicos.

Estabilización fisicoquímica: limita la solubilidad o movilidad del contaminante por la adición de materiales como cemento hidráulico, cal, arcillas o polímeros, que aseguren que los contaminantes se mantengan en su forma menos móvil o tóxica. Sirve para confinamiento, se aplica ex situ, en suelos. Es aplicable a compuestos inorgánicos como metales pesados, limitada eficacia para contaminantes orgánicos y pesticidas.

Extracción de agua/bombeo y tratamiento: extrae el agua contaminada del suelo y subsuelo, tanto de la zona saturada como de la no saturada. El agua es bombeada a la superficie para su posterior tratamiento. En la zona no saturada, se requiere una inyección previa de agua, por gravedad o presión, que arrastre y lave los elementos contaminantes del suelo y que los almacene en la zona saturada para ser posteriormente bombeada a la superficie. Sirve para

descontaminación, se aplica in situ, en suelos y aguas subterráneas. Es aplicable a compuestos orgánicos volátiles (COVs) y semivolátiles (SCOVs), combustibles, metales, PCBs, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), disolventes halogenados y clorados, etc.

Extracción de Aire: extrae los contaminantes adsorbidos en la matriz de suelos no saturados mediante su volatilización o evaporación a través de pozos de extracción (verticales y/u horizontales) que extraen el aire con los contaminantes a la superficie, donde se tratan mediante sistemas especializados. Sirve para descontaminación, se aplica in situ, en suelos. Es aplicable a sustancias volátiles y semivolátiles como hidrocarburos ligeros, derivados del petróleo, disolventes no clorados, hidrocarburos aromáticos policíclicos ligeros y compuestos organoclorados volátiles.

Inyección de aire comprimido/air sparging: separa los contaminantes disueltos en el agua mediante la inyección in situ de aire comprimido a través de pozos. El aire ayuda a volatilizar los contaminantes disueltos en el agua subterránea, provocando su desplazamiento en forma de gases hacia la zona no saturada. El aire contaminado extraído es depurado en la superficie, generalmente con filtros de carbón activado. Sirve para descontaminación, se aplica in situ, en suelos y aguas subterráneas. Es aplicable a solventes clorados, sustancias volátiles y semivolátiles ligeras como xilenos, benceno, tolueno, tetracloruro de carbono, tricloroetano, cloruro de metilo, etc.

Inyección de solidificantes/solidificación/estabilización: encapsula los contaminantes mediante la mezcla de suelos con aditivos solidificantes, formando un material sólido. No involucra una reacción química entre el contaminante y los aditivos. Sirve para confinamiento, se aplica in situ y ex situ, en suelos. Es aplicable a compuestos inorgánicos, eficacia mucho menor para compuestos orgánicos semivolátiles y pesticidas.

Lavado de suelos: desorbe y solubiliza los contaminantes presentes en el suelo

por lavado con surfactantes químicos. El suelo excavado es separado físicamente por tamizado, para eliminar partículas gruesas con poca capacidad de adsorción. Posterior al tratamiento, el suelo se vuelve a lavar con agua para eliminar los contaminantes y agentes surfactantes residuales y es devuelto a su lugar de origen. Sirve para descontaminación, se aplica ex situ, en suelos. Es aplicable a compuestos orgánicos semivolátiles, hidrocarburos derivados del petróleo, cianuros y metales.

Técnicas de oxidación: destruyen los contaminantes mediante el uso de compuestos oxigenados muy oxidantes, como el peróxido de hidrógeno o el ozono. Si se alcanza la mineralización completa, los productos finales de la oxidación serán agua, dióxido de carbono y sales. Sirven para descontaminación, se aplica ex situ o in situ en suelos y aguas subterráneas. Son aplicables a un amplio espectro de contaminantes orgánicos y explosivos (Hidrocarburos del petróleo, hidrocarburos clorados, compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles, alcoholes, cetonas, aldehídos, fenoles, éteres, pesticidas, dioxinas, PCBs, TNT, RDX y HMX).

Remediación electrocinética: moviliza agua, iones y partículas pequeñas cargadas mediante la aplicación de una corriente eléctrica de baja intensidad entre electrodos introducidos in situ en el suelo contaminado. Durante el tratamiento, los contaminantes pueden ser transportados por electromigración (movimiento de iones hacia el electrodo de carga opuesta), electroósmosis (movimiento del agua respecto a la superficie cargada de las partículas del suelo), electrólisis (movimiento de iones como respuesta a una diferencia de potencial). Sirve para descontaminación, se aplica ex situ o in situ en suelos y aguas subterráneas. Es aplicable especialmente a metales solubles o complejados.

Sellado de suelos (capping): confinación de suelos contaminados en estructuras construidas a tal efecto. Sirve para confinamiento, se aplica ex situ en suelos y sedimentos. Es aplicable a contaminantes orgánicos e inorgánicos.

Tratamientos térmicos

Como las tecnologías fisicoquímicas y a diferencia de las biológicas, los tratamientos térmicos incluyen la destrucción, separación y/o inmovilización de los contaminantes.

Las tecnologías térmicas de separación generan emisiones que requieren ser tratadas antes de su liberación al aire. Las técnicas destructivas generan residuos sólidos y líquidos, que requieren de tratamiento y disposición final. Los procesos térmicos son rápidos, pero generalmente son de alto costo debido a la demanda de energía y equipos específicos. La mayoría de las tecnologías térmicas son ex situ.

Las principales tecnologías térmicas de remediación utilizadas en suelos y aguas subterráneas se describen brevemente a continuación:

Desorción térmica (DT): volatiliza los contaminantes en suelos extraídos desde su lugar de origen y tratados en equipos conocidos como desorbedores. Es un proceso de separación física no destructivo que requiere que los vapores generados reciban un tratamiento posterior.

La desorción térmica puede realizarse por inyección de aire caliente a presión, inyección de vapor o por calentamiento del suelo por radio frecuencia. Según la temperatura de operación del equipo, el proceso puede ser categorizado en DT de alta temperatura (de 320 a 560 °C) o DT de baja temperatura (de 90 a 320 °C). Durante la DT de baja temperatura, el suelo retiene sus propiedades físicas y sus componentes orgánicos, lo que hace posible que pueda conservar su capacidad para soportar futura actividad biológica. Sirve para descontaminación, se aplica ex situ en suelos. Es aplicable a compuestos orgánicos volátiles no halogenados, combustibles, algunos compuestos orgánicos semivolátiles, hidrocarburos aromáticos policíclicos, PCBs, pesticidas y metales volátiles.

Calentamiento por conducción térmica/desorción térmica, in situ: volatiliza y/o destruye los contaminantes presentes en el suelo mediante la aplicación de calor

utilizando pozos de acero o mantas que cubren la superficie del suelo. Las mantas son utilizadas para contaminación poco profunda. Sirve para descontaminación, se aplica in situ en suelos. Es aplicable especialmente a COV's y SCOV's. Adicionalmente BPC, HAP, dioxinas, pesticidas, herbicidas, combustibles, solventes clorados, lubricantes y aceites.

Calentamiento por radio frecuencia: evapora los contaminantes usando energía electromagnética para calentar el suelo y favorecer la liberación de vapores. Esta técnica aplica a un volumen de suelo acotado usando filas de electrodos verticales enterrados en el suelo, pudiendo elevar la temperatura hasta 300°C. Sirve para descontaminación, se aplica in situ en suelos. Es aplicable especialmente a COV's y SCOV's. Adicionalmente BPC, HAP, dioxinas, pesticidas, herbicidas, combustibles, solventes clorados, lubricantes y aceites.

Inyección de agua caliente: moviliza los contaminantes del suelo y aguas subterráneas mediante la inyección de agua caliente. Sirve para descontaminación, se aplica in situ en suelos y aguas subterráneas. Es aplicable especialmente a COV's, SCOV's, pesticidas y combustibles, entre otros.

Inyección de aire caliente: volatiliza los contaminantes presentes en el suelo mediante la inyección de aire a alta temperatura. Los vapores generados son recuperados mediante pozos de recolección y tratados en la superficie. Sirve para descontaminación, se aplica in situ en suelos y sedimentos. Es aplicable a hidrocarburos livianos de petróleo.

Inyección de vapor: moviliza, evapora y/o destruye los contaminantes presentes en el suelo y aguas subterráneas mediante la inyección de vapor. Los vapores generados son recuperados mediante pozos de recolección y tratados en la superficie. Sirve para descontaminación, se aplica in situ en suelos y aguas subterráneas. Es aplicable a COV's, SCOV's, pesticidas y combustibles, entre otros.

Es frecuente que una sola metodología de remediación no sea completamente eficiente para alcanzar los objetivos de remediación para un sitio con pasivos ambientales, es común que se aplique secuencialmente más de una tecnología, o bien métodos mixtos como los que se describen a continuación.

Extracción multifase: extrae simultáneamente in situ mediante zanjas o pozos, sustancias contaminantes que estén presentes en el suelo en fase vapor (compuestos orgánicos volátiles), fase líquida (en disolución) y, especialmente, compuestos no acuosos en fase libre. La biosorción (bioslurping) y la «extracción dual» son ejemplos de aplicación de la extracción multifase. Sirve para descontaminación, se aplica in situ en suelos y aguas subterráneas. Es aplicable a compuestos orgánicos volátiles, en disolución y compuestos orgánicos no acuosos en fase libre.

Atenuación natural/atenuación natural monitoreada/recuperación pasiva: contiene y reduce la contaminación química mediante procesos naturales biológicos (biodegradación aerobia, anaerobia y co-metabólica) y fisicoquímicos (volatilización, dispersión, dilución, desintegración, estabilización química y bioquímica, precipitación y sorción en partículas de materia orgánica y arcillas del suelo). Requiere un monitoreo constante durante todo el tiempo que estos procesos naturales estén actuando con objeto de eliminar riesgos para el medio ambiente y la salud humana. Es un proceso muy extendido en el tiempo. Sirve para descontaminación, se aplica in situ en suelos y aguas subterráneas. Es aplicable a compuestos BTEX (benceno, tolueno, etil benceno y xilenos), hidrocarburos clorados, algunos pesticidas y compuestos inorgánicos.

Conclusiones

La metodología de abordaje respecto a sitios con pasivos ambientales requiere un trabajo sistemático en las etapas de reconocimiento y caracterización del sitio (Investigación preliminar e Investigación detallada) para poder estimar el riesgo para la salud basándose en datos ambientales específicos del sitio.

Muchos sitios solo necesitarán la etapa de Evaluación inicial por su bajo contenido de contaminantes peligrosos o por su bajo potencial contaminante y no representan un riesgo potencial para la salud humana o para la ecología.

Aquellos sitios que representen un riesgo para la salud necesariamente deben terminar en una etapa de remediación o, dependiendo del riesgo potencial que el sitio represente, puede también aislarse y/o confinarse.

Las tecnologías de remediación abordadas en este capítulo son las llamadas tecnologías de remediación innovadoras.

Referencias bibliográficas

CLARINET (Red de rehabilitación de suelos contaminados en la Comunidad Europea), <http://www.clarinet.at>

Chumpitaz, R.C. (2002). Gestión Ambiental de Sitios Contaminados (GASC). Evaluación Inicial, Evaluación de la Exposición y Remediación utilizando Tecnologías Innovadoras. ILO-MOQUEGUA-PERÚ.

IRAM 29481-1:1999. Muestreo Parte 1 Directivas para el diseño de programas de muestreo. Instituto Argentino de Normalización - IRAM.

IRAM 29555-1:2003. Tratamiento biológico en el suelo (Landfarming). Parte 1: Directivas para estudios de tratabilidad.

IRAM 29481-5:2005 Directivas para la investigación exploratoria de sitios urbanos e industriales con respecto a la contaminación de suelos. Instituto Argentino de Normalización.

IRAM 29481-5:2006 Muestreo. Parte 5: Directivas para la investigación exploratoria de sitios urbanos e industriales con respecto a la contaminación de suelos.

IRAM 29482-2008 Directivas para la investigación detallada de sitios urbanos e industriales con respecto a la contaminación de suelos.

IRAM 29594-1:2010. Tratamiento de suelos contaminados con productos y residuos de la industria hidrocarburífera. Parte 1: Tratamiento biológico del suelo (Landfarming).

IRAM 29590:2012 Calidad ambiental. Acciones correctivas basadas en riesgo (ACBR) aplicadas a sitios contaminados con hidrocarburos. Guía metodológica.

IRAM 29594-2:2016. Tratamiento de suelos contaminados con productos y residuos de la industria hidrocarburífera. Parte 2: Tratamiento biológico en pilas (biopilas).

IRAM 29596:2016 Calidad ambiental. Guía para la remediación de aguas subterráneas por atenuación natural monitorizada en sitios con presencia de hidrocarburos.

IRAM 29598:2016 Calidad ambiental. Desarrollo de modelos conceptuales para sitios contaminados.

IRAM 29597:2018 Calidad ambiental. Desarrollo de modelos conceptuales de sitio y estrategias de remediación para la fase líquida no acuosa liviana presente en el subsuelo.

IRAM 29599: 2019 Calidad ambiental. Guía para estimar la transmisividad de la fase líquida no acuosa liviana.

IRAM 29592 Calidad ambiental. Evaluación de riesgo para los ecosistemas (estudio integrado de tres líneas de evidencia: química, ecotoxicológica y ecológica) (en estudio).

IRAM 29700 Calidad ambiental. Acciones correctivas basadas en riesgo. Guía metodológica (en estudio).

LEY N° 6117. (2018) Ley de Gestión ambiental de sitios contaminados. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

LEY N° 14343. (2011) Regula la identificación de los Pasivos Ambientales. Provincia de Buenos Aires.

Martín-Olmedo P.; Carroquino Saltó, M. J.; Ordóñez Iriarte, J. M. y Moya, J. (2016). La Evaluación de riesgos en salud. Guía metodológica. Aplicaciones

prácticas de la metodología de Evaluación de riesgos en salud por exposición a químicos. Madrid: Sociedad Española de Sanidad Ambiental y Escuela Andaluza de Salud Pública. Serie Deaeribus, aquis et locis, n° 3.

Metodología de valoración de pasivos ambientales www.uniambiental.edu.co
Recuperado de <https://es.slideshare.net/aniambiental/67-pasivos-ambientales>

NRC 1983 (National Research Council). Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process. Washington DC: National Academy Press.

Oblasser, A.; Lilian Veas, M. F.; Valdivieso, C.; González, M.; Fuentes, C.; Girardi, S.; Papi, May Lin Almendras, Michelle Herve y Anais Scapini. (2016). Manual de Tecnologías de Remediación de sitios contaminados. Fundación Chile. Unidad Tecnológica de Agua y Medio Ambiente.

PROSICO. (2007). Programa para la Gestión Ambiental de Sitios Contaminados. Manual metodológico. República Argentina: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.

Russi D. y Martínez Alier J. (2002). Los pasivos ambientales. Debates ambientales. Recuperado de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-LosPasivosAmbientales-1255830.pdf>

SIGEN. 2014. Guía para la ejecución de Auditorías Ambientales. Sindicatura General de la Nación.

U.S. EPA. 2012. (U.S. Environmental Protection Agency). Framework for Human Health Risk Assessment to Inform Decision Making: EPA risk assessment forum external review draft. EPA/601/D12/001. Washington DC: Office of the Science Advisor Risk Assessment Forum, U.S. Environmental Protection Agency.

GESTIÓN AMBIENTAL

▪

Aleandra Scafati

Fundación Ecomujeres, magíster en Políticas Públicas y Urbanismo por New School University, EE.UU. Magíster en Derecho y Economía del Medio Ambiente por Carlos III de Madrid, España. Posgraduada en Finanzas por Harvard University, EE.UU. Posgraduada en Periodismo Económico por New York University, EE.UU. Especializada en Comunicación Institucional (PCI) por Universidad Austral. Fundadora de la ONG Ambientalista Ecomujeres (www.ecomujeres.org.ar). Columnista especializada en Ambiente para Radio Milenium Programa «Somos Nosotros», Revista Ecosistema y Revista Creatividad Ética. Directora del Posgrado en Ambiente y Desarrollo Sustentable y de Peritos Ambientales en la Universidad Católica Argentina.

Contacto: ascafati@ecomujeres.com.ar

¿A qué llamamos gestión ambiental?

La gestión ambiental es el conjunto de actividades que permiten contar con un plan integral y sistemático de cuidado ambiental. Con la gestión ambiental se busca reducir a la máxima expresión posible el impacto antrópico negativo sobre el ambiente, con el fin de mejorar la calidad de vida y proteger el ambiente, para lo cual se busca prevenir, y, cuando no se puede, mitigar ese impacto negativo lo máximo posible para reducirlo a su menor expresión y potenciar los impactos positivos a su mayor expresión posible.

La gestión ambiental busca definir cómo se puede avanzar hacia un modelo de desarrollo sustentable, para lo cual no se limita solamente a lo operativo, sino también busca definir las políticas y las estrategias clave para avanzar hacia un

desarrollo sostenible y socioambientalmente adecuado.

Los objetivos de la gestión ambiental se pueden resumir en los siguientes:

Garantizar que la planificación programática, técnica y económica de cualquier proyecto económico incluya las consideraciones ambientales clave.

Fomentar un cambio en la conciencia individual y colectiva de los actores involucrados, en materia de cumplimiento de los requisitos legales ambientales aplicables.

Afianzar el desarrollo de procesos de mejora continua en materia de desempeño ambiental.

Las áreas de actuación para aplicar gestión ambiental son tan diversas como abarcadoras y se podrían resumir en las siguientes:

En las organizaciones, para contar con una estructura orgánica y funcional articulada, con el fin de definir las instancias de dirección, de coordinación y de ejecución de un sistema de gestión ambiental, así como la asignación de responsabilidades, de presupuesto y del establecimiento de las líneas de dirección e interacción.

En un municipio o comunidad local, para sentar las bases del ordenamiento territorial con el propósito de la caracterización ambiental y social del territorio, la identificación de los ecosistemas naturales y construidos, las actividades económicas que allí se desarrollan o puedan desarrollarse, para lograr su zonificación socio-económica-ambiental, con dinámicas de adaptación y resiliencia ante cambios posibles y/o inesperados.

En las áreas protegidas o con necesidad de ser protegidas, para preservarlas y protegerlas entendiendo que son parte de nuestro patrimonio natural, cultural, y de reserva de valor futuro, para las generaciones venideras.

En la biósfera, para recuperar y proteger las principales fuentes de aguas y su biodiversidad, como también, el suelo y su biodiversidad, reduciendo la contaminación y su recuperación.

En las grandes ciudades, para construir ambientes urbanos amables, estéticos e inteligentes, promocionando una cultura de ecología urbana que valore vivir respetando el ambiente urbano natural y construido, promoviendo una mejor calidad de vida para todos.

En las escuelas, para educar y concientizar sobre la importancia de contar con un ambiente sano y seguro para todos.

¿Cuál es el marco normativo que define la gestión ambiental en Argentina?

La gestión ambiental surge de la propia Constitución Nacional, en su artículo 41 declara:

Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo. El daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer, según lo establezca la ley. Las autoridades proveerán a la protección de este derecho, a la utilización racional de los recursos naturales, a la preservación del patrimonio natural y cultural y de la diversidad biológica, y a la información y educación ambientales.

Esta definición en nuestra propia Constitución nos exige contar con una política ambiental que contenga la gestión ambiental como la herramienta para asegurar ese desarrollo sustentable. En ese sentido, la Argentina cuenta con una Ley General del Ambiente, la Nro. 25675, Ley de Presupuestos Mínimos, que busca

el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, incluyendo la preservación y la protección de la diversidad biológica para la implementación del desarrollo sustentable.

Esta ley define los principios filosóficos de cualquier gestión ambiental, a saber:

Principio de congruencia: la legislación provincial y municipal referida a lo ambiental deberá ser adecuada a los principios y normas fijadas en la presente ley; en caso de que así no fuere, este prevalecerá sobre toda otra norma que se le oponga.

Principio de prevención: las causas y las fuentes de los problemas ambientales se atenderán en forma prioritaria e integrada, tratando de prevenir los efectos negativos que sobre el ambiente se puedan producir.

Principio precautorio: cuando haya peligro de daño grave y/o irreversible, la ausencia de información o certeza científica no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces, en función de los costos, para impedir la degradación del ambiente.

Principio de equidad intergeneracional: los responsables de la protección ambiental deberán velar por el uso y el goce apropiado del ambiente por parte de las generaciones presentes y futuras.

Principio de progresividad: los objetivos ambientales deberán ser logrados en forma gradual a través de metas interinas y finales, proyectadas en un cronograma temporal que facilite la adecuación correspondiente de las actividades relacionadas con esos objetivos.

Principio de responsabilidad: el generador de efectos degradantes del ambiente, actuales o futuros, es responsable de los costos de las acciones preventivas y correctivas de recomposición, sin perjuicio de la vigencia de los sistemas de responsabilidad ambiental que correspondan.

Principio de subsidiariedad: el Estado Nacional, a través de las distintas instancias de la administración pública, tiene la obligación de colaborar y, de ser necesario, participar en forma complementaria en el accionar de los particulares en la preservación y la protección del ambiente.

Principio de sustentabilidad: el desarrollo económico y social y el aprovechamiento de los recursos naturales deberán realizarse a través de una gestión apropiada del ambiente, de manera tal, que no comprometa las posibilidades de las generaciones presentes y futuras.

Principio de solidaridad: la Nación y los Estados provinciales serán responsables de la prevención y de la mitigación de los efectos ambientales transfronterizos adversos de su propio accionar, así como de la minimización de los riesgos ambientales sobre los sistemas ecológicos compartidos.

Principio de cooperación: los recursos naturales y los sistemas ecológicos compartidos serán utilizados en forma equitativa y racional. El tratamiento y la mitigación de las emergencias ambientales de efectos transfronterizos serán desarrollados en forma conjunta.

Es importante comprender que la gestión ambiental y su marco regulatorio prevén, para el caso de incumplimiento, sanciones que corresponden a los regímenes de responsabilidad administrativa, civil y penal. Por ello es clave identificar el marco normativo ambiental aplicable a cada emprendimiento económico, para comprender el alcance de las responsabilidades que generan su desarrollo y evitar incurrir en incumplimientos que conlleven consecuencias jurídicas.

Las responsabilidades pueden ser de orden administrativo cuando derivan de la infracción de la norma ambiental administrativa, sus normas complementarias y/o su reglamentación. Su sanción administrativa se concreta por la acción u omisión infractora. Ejemplos de esta infracción son: apercibimientos, multas, inhabilitaciones o clausuras.

Las responsabilidades también pueden ser de orden civil. La responsabilidad civil deriva de la norma constitucional que, junto al reconocimiento del derecho de todos los habitantes a gozar de un ambiente sano, al desarrollo humano, sustentable y a la calidad de vida, nos impone el correlativo deber a las personas físicas y/o jurídicas de su protección y la obligación prioritaria de la recomposición del daño ambiental. Ejemplos de esta sanción son el daño colectivo o directo previsto en el artículo 27 de la Ley General del Ambiente Nro. 25675 o el daño individual o indirecto previsto en el Código Civil.

Por último, las responsabilidades pueden ser de orden penal, lo que se confirma cuando una conducta tipificada como delito se concreta en la aplicación de una pena por la acción u omisión dolosa o culposa del autor de una u otra. Ejemplos de esta sanción están previstos en la Ley de Residuos Peligrosos Nro. 24051, en los artículos 55 al 58.

¿Cuáles son los instrumentos de la gestión ambiental?

Para poner en práctica la gestión ambiental existen instrumentos. Estos instrumentos, que además están regulados por las autoridades nacionales, provinciales y/o municipales, se pueden identificar de la siguiente manera:

Evaluación de Impacto Ambiental

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es un ejercicio de predicción y prevención de una incidencia no deseada en el ambiente, y, por ende, en la sociedad de una acción futura, llevado a cabo a través de un procedimiento jurídico-administrativo. La función de la normativa es indicar el procedimiento, los plazos, los requisitos mínimos y las formas en que este proceso debe ser documentado y comunicado formalmente a la autoridad ambiental y a la ciudadanía, tanto para la aprobación de la acción y su posterior fiscalización, como para velar por el cumplimiento de los compromisos adquiridos y la aplicación de la política ambiental existente. Al proceso de EIA debe considerársele como un análisis sistemático, reproducible, interdisciplinario y participativo de los efectos potenciales de una acción propuesta.

Las etapas comunes de una EIA incluyen:

La presentación de un estudio mínimo de base según el cual se define:

-que el proyecto no acarrea efectos significativos, o

-que deberá realizar una EIA.

La presentación de una EIA detallada por parte del proponente, como consecuencia de la clasificación del proyecto, según el estudio mínimo de base.

La circulación de dicha EIA, a los fines de la inclusión de comentarios por otros organismos involucrados y por parte de la comunidad.

La Declaración de Impacto ambiental por parte del órgano ambiental competente, que deberá considerar los comentarios introducidos a la EIA. Su finalidad es dar a la autoridad competente los elementos necesarios para la aprobación total, parcial o condicional, o la denegación de la propuesta.

Evaluación Ambiental Estratégica

La Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) atiende a la evaluación ambiental de políticas, planes y programas, y corrige las falencias de la Evaluación de los Impactos ambientales, que trabaja sobre el diseño y la ejecución. Es el proceso formal, sistemático y global, de incorporar consideraciones ambientales en el nivel de preproyecto en la toma de decisiones.

Las etapas comunes de una EAE incluyen:

La aplicabilidad para investigar sobre si el plan o programa se encuentra sujeto a la legislación sobre EAE.

El ámbito para definir las fronteras de la investigación, y las suposiciones y evaluaciones necesarias.

La documentación del estado del ambiente representando una referencia sobre la cual establecer las aseveraciones.

La determinación de los impactos ambientales significativos (no marginales), positivos y negativos, usualmente en términos de direcciones de cambio, más que en cifras firmes.

La gestión de la información y la participación pública.

La influencia en la toma de decisiones basada en la evaluación y el seguimiento de los efectos de los planes y programas tras su implementación.

Estudio de Impacto Ambiental

Un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) es un documento técnico, cuyo objetivo es asegurar la presentación documentada de la información y la veracidad de los diagnósticos, las predicciones y las recomendaciones sobre cursos de acción relativos a un proyecto. El EIA es la principal herramienta para la evaluación de los efectos ambientales de todo el proceso de toma de decisión dentro del procedimiento jurídico-administrativo. El EIA es una herramienta predictiva, basada en información científica, interdisciplinaria, que cubre adecuadamente el proyecto y su plan de manejo, y contiene suficiente información para explicar la línea de base del territorio afectado y revisar los impactos ambientales. Asimismo, permite comparar las situaciones y/o dinámicas ambientales previas y posteriores a la ejecución de una acción humana.

Las etapas comunes de un EIA incluyen:

La descripción general del proyecto, incluyendo las exigencias previsibles en el tiempo con respecto al uso del suelo y otros recursos.

El análisis de la normativa específica relacionada con el proyecto.

La estimación de los tipos y cantidades de residuos que se generarán durante su funcionamiento y las formas previstas para su gestión.

La estimación de los riesgos de inflamabilidad y de emisión de materia y/o

energía resultantes del funcionamiento, y las formas previstas de tratamiento y control.

La descripción de los efectos previsibles, ya se trate de consecuencias directas o indirectas, sean estas presentes o futuras, sobre la población humana, la fauna urbana y no urbana, la flora, el suelo, el aire y el agua, incluido el patrimonio cultural, artístico e histórico.

La descripción de las medidas previstas para reducir, eliminar o mitigar los posibles efectos ambientales negativos.

La descripción de los impactos ocasionados durante las etapas previas a la actividad y las medidas para mitigar dichos impactos.

Un informe sobre la incidencia que el proyecto acarreará a los servicios públicos y a la infraestructura de servicios en cada jurisdicción.

La descripción ambiental del área afectada y de su entorno ambiental.

La identificación de Puntos críticos de control y un Programa de vigilancia y monitoreo de las variables ambientales durante su emplazamiento y funcionamiento.

Los programas de recomposición y restauración ambientales previstos.

Los planes y programas para cumplir ante las emergencias ocasionadas por el proyecto o la actividad.

Los programas de educación ambiental para el personal y la comunidad.

Las previsiones para cumplir para el caso de paralización, cese o desmantelamiento de la actividad.

Declaración de Impacto Ambiental

La Declaración de Impacto Ambiental es un dictamen administrativo con efectos

jurídicos variables, según el régimen jurídico donde se aplique. Es un documento elaborado por la Autoridad de aplicación ambiental donde se refleja la conveniencia o no de realizar un proyecto y las condiciones a las que está sometido. La Declaración de Impacto ambiental surge después que la Autoridad de aplicación ambiental analiza el estudio mínimo de base o el Estudio de Impacto ambiental y, en aquellos casos en que corresponda, las alegaciones, objeciones o comentarios que el público en general o las instituciones consultadas hayan hecho.

Auditoría Ambiental

La Auditoría Ambiental es una actividad que evalúa el funcionamiento de instalaciones existentes en lo atinente a las cuestiones ambientales, con el fin de conocer, por ejemplo, el grado de cumplimiento de la legislación ambiental vigente o medir la efectividad y el grado de cumplimiento de medidas de mitigación y control. Se realiza a instancias de la autoridad ambiental competente, quien, en base a sus misiones y funciones y a la legislación vigente, decide la conveniencia o necesidad de realizarla. El ejecutor de la auditoría puede ser la propia autoridad competente o un consultor externo al auditado. La Auditoría Ambiental es una herramienta sistemática de documentación y evaluación periódica del desempeño de los programas, la administración y el equipamiento de protección ambiental de cada proyecto y organización, para valorar el cumplimiento procedimental y, a la vez, optimizar la gestión ambiental.

Normas voluntarias

Existen normas de carácter voluntario que colaboran en el armado de un sistema de gestión ambiental. En este sentido, la norma más utilizada y consensuada internacionalmente es la que se presenta en la Serie ISO 14000, que se define como un conjunto de documentos de gestión ambiental que, una vez

implementados, abarcan todos los aspectos de la gestión de una organización o proyecto en sus responsabilidades ambientales y ayudan a los involucrados a tratar sistemáticamente asuntos ambientales, con el fin de mejorar el comportamiento ambiental y las oportunidades de beneficio económico.

La Serie ISO 14000, si bien es un conjunto de normas, al ser voluntaria no establece un conjunto de metas cuantitativas en cuanto a las líneas de base para la reducción o mitigación de los impactos ambientales. Por el contrario, la Serie ISO 14000 se centra en la organización o el proyecto, proveyendo un conjunto de estándares basados en procedimientos y pautas para construir y mantener un Sistema de gestión ambiental.

Todas las normas Serie ISO 14000 se desarrollan sobre la base de los siguientes principios:

Deben resultar en una mejor gestión ambiental.

Deben ser aplicables en todas las naciones.

Deben promover un amplio interés en el público y en los usuarios de los estándares.

Deben ser costo-efectivas, no prescriptivas y flexibles, para poder cubrir diferentes necesidades de organizaciones de cualquier tamaño, en cualquier parte del mundo.

Deben servir a los fines de la verificación tanto interna como externa.

Deben estar basadas en el conocimiento científico.

Deben ser prácticas y útiles.

Existen claros beneficios por contar con sistemas estandarizados y protocolizados para la gestión ambiental, a saber:

Normalizan las funciones.

Reducen el impacto ambiental.

Mejoran la imagen institucional.

Incrementan el rendimiento en las tareas.

Motivan al personal.

Facilitan la capacitación del personal.

Delimitan las funciones y responsabilidades.

Mejoran la comunicación.

Minimizan errores y facilitan su resolución.

Mejoran la productividad de las operaciones.

Facilitan la toma de decisiones.

Dentro de la Serie ISO 14000, se encuentran las siguientes normas para hacer efectiva la gestión ambiental:

Sistemas de gestión ambiental – ISO 14001, 14004, 14005, 14006, 14011

Cambio climático y huellas ambientales – ISO 14064, 14065, 14066, 14046

Etiquetado ambiental – Serie ISO 14020

Evaluación del desempeño ambiental – Serie ISO 14030, 14031

Evaluación del ciclo de vida – Serie ISO 14040, 14062

Comunicaciones ambientales – ISO 14063

¿Hacia dónde está migrando la gestión ambiental?

La crisis climática y los reclamos sociales han puesto en la agenda pública la necesidad de repensar nuestros modelos de producción y consumo, para lo cual la gestión ambiental es la herramienta fundamental para replantear las políticas y planificar nuevos modelos de hacer negocios hacia un sistema que acompañe el desarrollo para la sustentabilidad.

Es así como aparecen nuevas exigencias dentro de la economía tradicional, y la base de gestión se define en los objetivos para el desarrollo sostenible que propone la agenda global para el 2030. Estos objetivos fueron lanzados por Naciones Unidas en la Asamblea General de septiembre de 2015, con la firma de más de 190 líderes mundiales y se comprometen a:

Objetivo 1. Dar fin a la pobreza en todas sus formas en todas partes.

Objetivo 2. Dar fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y mejorar la nutrición y promover una agricultura sostenible.

Objetivo 3. Asegurar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.

Objetivo 4. Garantizar una educación de calidad y equitativa, y promover las oportunidades de aprendizaje permanente para todos.

Objetivo 5. Lograr la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres y las niñas.

Objetivo 6. Asegurar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.

Objetivo 7. Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos.

Objetivo 8. Promocionar el empleo pleno, productivo, inclusivo y el trabajo decente y «verde» para todos.

Objetivo 9. Construir infraestructura flexible, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación.

Objetivo 10. Reducir la desigualdad dentro de los países y entre ellos.

Objetivo 11. Convertir las ciudades y los asentamientos humanos en hábitats inclusivos, seguros, resilientes y sustentables.

Objetivo 12. Asegurar patrones de consumo responsable y producción sostenible.

Objetivo 13. Tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus impactos. Objetivo 14. Conservar y utilizar de manera sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible.

Objetivo 15. Proteger, restaurar y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, el manejo sostenible de los bosques, la lucha contra la desertificación, y detener y revertir la degradación de la tierra y la pérdida de biodiversidad.

Objetivo 16. Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y construir instituciones eficaces, responsables e inclusivas en todos los niveles.

Objetivo 17. Fortalecer la cooperación entre Estados y promover mejores prácticas financieras, fiscales y comerciales, y fomentar la transferencia de las mejores y más modernas tecnologías entre países y regiones.

A estos objetivos los podemos agrupar en ambientales, sociales y económicos, y en el plano económico aparecen dos objetivos clave para tener en cuenta en la gestión ambiental. Estos son el 9, de «Infraestructura e innovación» y el 12, de «Consumo responsable y producción sostenible». A través de estos objetivos aparece la necesidad de pensar modelos ecosistémicos de producción y consumo, donde todo sea un insumo y un producto a la vez, donde desaparece la noción de residuo o basura, y se repiensa y rediseñan con nuevos materiales o materiales recuperados y/o reciclados, todos los productos y servicios, para

reducir al máximo el consumo de activos y servicios ambientales, tanto para su creación como durante su utilización. En cada proceso, se analiza todo el ciclo de vida y se trazabiliza su impacto en el ambiente, tratando que este sea el más positivo posible.

Estos modelos ecosistémicos se conocen genéricamente como economía circular. La economía circular es parte del estudio de retroalimentación de sistemas no lineales, que piensan la producción como un sistema vivo, similar a los ecosistemas naturales. Como idea genérica incluye los conceptos de «cuna a cuna», «biomímesis», «ecología industrial» y «economía azul». Por «cuna a cuna» se entiende el cierre completo de los ciclos de los materiales, diseñando todos los productos de modo que los materiales se reciclen en el mismo uso, o bien se reciclen «hacia arriba», es decir que el siguiente uso tenga más valor que el actual. Por «biomímesis» se entiende a la naturaleza como fuente de inspiración de nuevas tecnologías innovadoras para resolver aquellos problemas humanos que la naturaleza ha resuelto, a través de modelos de sistemas (mecánica) o procesos (química), o elementos, que imitan o se inspiran en ella. Por «ecología industrial» se entiende un modelo que sirve de transición entre la concepción de economía lineal, donde los recursos son extraídos de los ecosistemas, explotados por actividades humanas y finalmente reenviados de vuelta a los ecosistemas, pero en una forma degradada; hacia una concepción de economía como un ecosistema, en el que se intercambian flujos de materia, energía e información con el mismo y con su entorno, no se altera. Por «economía azul» se entiende a un sistema que aplica innovaciones de bajo costo con recursos locales, para generar capital no solo económico, sino social. En todos los casos, la gestión ambiental tiene el desafío de planificar y darle trazabilidad a cada uno de estos modelos para que puedan lograr sus objetivos.

Conclusión

Hemos visto que la gestión ambiental es una herramienta fundamental para dar sostenibilidad a los modelos socio-económicos de acuerdo a las siguientes razones:

- 1. Ambientales: los actuales niveles de contaminación y modalidades de uso de*

los recursos resultan insostenibles; el déficit de reserva planetaria para nuestras necesidades diarias de consumo como humanidad es deficitario en más de un 40% y ya el planeta no está en condiciones de continuar recuperándose con estas tasas de consumo ni abastecer nuestra demanda.

2. Financieras: las presiones para aumentar las utilidades requieren de una revisión exhaustiva de los costos de operación, identificar los excesos y desperdicios, y migrar hacia modelos más eficientes que nos permitan ahorrar costos y mejorar la productividad. Asimismo, el crecimiento de las finanzas verdes hace que cada vez más, nuestro crédito esté supeditado a nuestro comportamiento ambiental.

3. Sociales: la creciente demanda por parte de los consumidores por acceder a productos y servicios de bajo impacto ambiental hacen que empecemos a incorporar en las etiquetas y en la comunicación los atributos ambientales de nuestros productos y servicios.

4. Legales: la normativa ambiental es cada vez más exigente y de carácter obligatorio, con alto impacto sancionatorio sobre las empresas y los empresarios, y ello hace que cada vez seamos más conscientes de las normas ambientales.

5. Reputacional: las tendencias de los consumidores de elegir productos o servicios, que se perciben con un adecuado y apropiado desempeño ambiental está creciendo en todos los países. Argentina no es ajena a esta tendencia, numerosas encuestas de comportamiento de consumo dan cuenta de ello. Si bien los consumidores cuidan su bolsillo, también prefieren productos amigables con el planeta.

6. Competitividad: la necesidad de insertarse y mantenerse en el mercado global obliga al cumplimiento de ciertos requisitos específicos, como también permite obtener beneficios impositivos y financieros. Si bien los etiquetados ambientales son normas voluntarias, nos permiten validar la trazabilidad de las huellas ambientales de los productos y servicios ofrecidos, y esta es una tendencia que se vuelve una barrera parancelaria para la venta de productos y servicios si no cumplimos con la reducción de dichas huellas.

Actualmente, no considerar la variable ambiental en cualquier proyecto, más allá

de las sanciones normativas y comerciales, implica un conflicto social de tal magnitud que hace inviable cualquier proyecto, sea empresario, comunitario, urbano y/o rural. En todos los casos, la opinión idónea de un tercero calificado, como puede ser el caso de un perito ambiental con credenciales validadas, se transforma en un actor clave y necesario, para dar certeza a la sociedad, los mercados, los gobiernos y al ciudadano de a pie.

Referencias bibliográficas

Ley 25.675 General del Ambiente. Presupuestos Mínimos. (2002). Buenos Aires, Argentina: Congreso de la Nación Argentina

Haas, W.; Krausmann, F.; Wiedenhofer, D.; Heinz, M. (2015). How Circular is the Global Economy?: An Assessment of Material Flows, Waste Production, and Recycling in the European Union and the World in 2005. Viena, Austria: Journal of Industrial Ecology.

Hargroves, K. D. & Smith, M. H. (2006). Innovation inspired by nature Biomimicry. Australia. CSIRO ECOS.

ISO Series 14000 (2018). Online <https://www.iso.org/iso-14001-environmental-management.html>

McDonough, W.; & Braungart, M. (2002). Cradle to Cradle. New York City, EEUU: North Point Press.

Naciones Unidas (2015). Objetivos para el Desarrollo Sostenible. Online <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>.

Pauli, G. (2014). The Blue Economy: 10 years, 100 Innovations. 100 Million Jobs. New Mexico, EEUU. Paradigm Publications

Seoanez Calvo, M. (1998). Ecología industrial: ingeniería medioambiental aplicada a la industria y a la empresa: manual para responsables medioambientales. Madrid, España: Mundi-Prensa.

Webster, K. (2017). The Circular Economy: A Wealth of Flows. Segunda Edición Ellen Mac Arthur Foundation.
<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>

PERCEPCIÓN Y CONSTRUCCIÓN SOCIAL DEL RIESGO

■

Máximo Lanzetta

Licenciado en Sociología (FCS-UBA), magister en Políticas Ambientales y Territoriales (FFyL-UBA), especialista en Globalización y Reestructuración Urbana (Universidad Paris I). Profesor titular en Universidad Nacional Arturo Jauretche y Universidad Nacional de Lanús. Gerente de Programas y Proyectos del Instituto Nacional del Agua. Miembro fundador de la Sociedad Iberoamericana de Salud Ambiental y del Consejo Consultivo de la Fundación Metropolitana.

Contacto: maximo_lanzetta@yahoo.com.ar

El concepto de riesgo

Una primera cuestión para acercarnos al concepto de riesgo es tener en cuenta el origen de la palabra en la sociedad occidental, el contexto histórico de su aparición y el modo en que fue empleado nos servirán para ampliar el horizonte de posibilidades de significación del término. En este sentido, Luhmann (1996) señala que las culturas antiguas que ya habían desarrollado técnicas de elaboración no habían tenido necesidad de un término para lo que hoy nosotros denominamos como riesgo. Si bien la incertidumbre respecto al futuro existió siempre, entonces prevalecía la práctica de la divinización que, si bien no garantizaba una certeza, pautaba un conjunto de prácticas socialmente preestablecidas, cuyo cumplimiento aseguraba que la decisión propia no despertara la ira de los dioses.

El origen de la palabra no tiene una fuente precisa. Mary Douglas (1987) sostiene que el concepto de riesgo viene de la teoría de probabilidades, un

sistema axiomático que deriva de la teoría del juego en la Francia del siglo XVII. Si bien es posible establecer que el significado del concepto de riesgo más difundido hoy tenga ese origen, la palabra en sí surge mucho antes. Según Duclos (1989), la palabra «riesgo» es de origen español y denota el peligro potencial, la idea más abstracta sobre el cálculo de probabilidad de un acontecimiento nefasto. Luhmann (1996) relativiza esta posición e indica que el término puede tener un origen árabe, pero este no puede precisarse y, por lo tanto, es desconocido. Lo cierto es que en Europa el término se encuentra en documentos medievales (en particular en España e Italia), pero se difunde a partir del 1500 con la invención de la imprenta. No obstante, «de riesgo se habla solamente en el largo período de transición del medioevo al inicio de la modernidad» (Luhmann, 1996: 17). En este sentido, una palabra nueva viene a ser utilizada para denotar una situación problemática que con las palabras disponibles no podía hacerse de manera suficientemente precisa (Luhmann, 1996). En todo caso, la palabra «riesgo» aparece para dar cuenta de decisiones que se vinculan estrechamente con el tiempo futuro y cuya justificación ya no puede ser divinizada o hacer descansar en una tradición. Las consecuencias de las decisiones tomadas ya no se legitiman mediante un ritual religioso. Como lo indica Luhmann (1996), no se puede conocer el futuro de manera suficiente y tampoco el futuro que es producido por las propias decisiones. En síntesis, la noción de riesgo aparece vinculada a un problema decisional en un momento histórico en que pierden eficacia simbólica las argumentaciones divinizadas y el conocimiento respecto al futuro se revela siempre escaso. La sociedad busca tomar la desgracia dentro de la forma de riesgo y no más en forma de magia o religión. La noción de riesgo aparece estrechamente vinculada a la incertidumbre. Como veremos más adelante, la manera en que dicha incertidumbre se expresa y es afrontada por la sociedad moderna va a ser cambiante, estructurando esquemas de percepción diferenciales dentro de procesos históricamente situados de la construcción social del riesgo.

En este punto es necesario repasar la manera en que fue entendido el riesgo durante el comienzo de la modernidad, para comprender los conceptos que hoy día circulan en el mundo científico. Denis Duclos (1989) plantea que, tanto para Comte como para Durkheim, la ciencia tenía un rol civilizador ante la problemática de la distensión y ruptura del lazo social, como el riesgo de anomia. Desde la noción de «frío» con que Simmel caracterizaba las relaciones individuales dentro de la gran ciudad, hasta la Escuela de Chicago que analiza las relaciones sociales dentro de la metrópolis como opuesta a su ecología limpia, siempre se trata de una catástrofe provocada por la inmigración masiva y

el crecimiento demográfico incontrolado. Las dos grandes variaciones de los motivos cívicos de la sociología clásica predicán, por tanto, alguna solución al problema del desorden social, considerado como riesgo por excelencia (Duclos, 1989: 7).

Desde otra perspectiva teórica, tal como lo indica Luhmann (1996: 9), «la investigación económica está familiarizada con el tradicional tratamiento estadístico del cálculo del riesgo: eso se debe al importante estímulo del genial proyecto de Frank Knight, que buscó explicar la ganancia de emprendimiento con base en la función de absorción de la incerteza». Este desarrollo teórico se apoyó en la teoría del juego (Douglas, 1996) y consolidó la distinción entre riesgo e incerteza como un dogma. En este sentido, la desgracia «podría ser reducida a una matemática complicada y, por lo tanto, normalizada» (Luhmann, 1996: 2). Cabe recordar que «una situación peligrosa es la que está gobernada por probabilidades conocidas. Si no se sabe lo suficiente sobre las probabilidades estamos tratando con incertidumbres» (Douglas, 1996: 75). Esto explica el hecho de que gran parte del trabajo de riesgo apunte a traducir estas en términos de probabilidades. Este tipo de explicación probabilística si bien ayuda a comprender una parte de la construcción del riesgo, su carácter dominante en el discurso científico-técnico opaca las posibilidades de una perspectiva de análisis centrada en la decisión. Para ello es necesario entender que «el riesgo no es una cosa material, es una construcción intelectual muy artificial que se presta particularmente bien a evaluaciones sociales de probabilidad y de valor» (Douglas, 1987: 56). En este sentido, decimos con Luhmann (1996: 26) que «se habla de riesgo cuando puede ser tomada una decisión». Cada sentido del concepto de riesgo se basa en una distinción entre actualidad y potencialidad. Una potencialidad que encierra la posibilidad de una consecuencia considerada desgraciada.

En la construcción del concepto de riesgo se realiza una delimitación de aquello que se pretende significar con la palabra «riesgo» realizando oposiciones de términos. Así, la idea más difundida según Luhmann (1996) es que el concepto de riesgo deba ser determinado oponiéndolo a aquel de seguridad. Con ello surgen los expertos de la seguridad, en particular de los emprendimientos económicos, y se confirma la tendencia a definir el riesgo como una medida por procesos matemáticos. Luhmann (85) (1996: 30) señala que es a partir del siglo XVII que la temática de la seguridad comienza a ser opuesta al riesgo. El problema que se plantea es que los expertos de la seguridad se constituyen en observadores de primer orden, esto es, que creen en los hechos y, cuando

discuten o los tratan, lo hacen sobre la base de interpretaciones distintas. El saber experto parece prescindir de la situación de observador, confundiendo su discurso y sus representaciones de la realidad que intenta denotar con la realidad misma.

El tema del riesgo no debe quedar referido solamente a la esfera material y de las probabilidades; como Luhmann (1996) indica, este tema debe ser referido a la relación que se establece entre dimensión temporal y dimensión social del problema. Mirado desde el punto de vista de la decisión, podemos afirmar que «no existe ningún comportamiento exento de riesgo. Por la primera forma, esto significa que no hay ninguna seguridad absoluta. Por la otra, significa que, si se toman decisiones, no se puede evitar el riesgo» (Luhmann, 1996: 38). Estas decisiones se pueden apoyar en cálculos referidos a los casos conocidos, pero esto es solo una ayuda decisional y no implica la posibilidad de evitar el riesgo.

A esta altura podemos diferenciar en la construcción del riesgo tres niveles. Por un lado, lo que llamaremos el «riesgo analítico» es aquel que se construye en base a las herramientas científico-técnicas produciendo enunciados que pretenden comprender el fenómeno y desarrollar planes de acción vinculados a la prevención, la mitigación y la reconstrucción. El riesgo analítico constituye un aspecto del riesgo y es un insumo para lo que llamamos «riesgo decisional», en el sentido que Luhmann (1996) otorga al término riesgo y del que participan todos los actores sociales en el contexto de la modernidad. Si bien todos los actores participan del riesgo decisional y por ello todos deben elaborar argumentaciones «racionales» que justifiquen sus prácticas, solamente los expertos (en el sentido de que detentan un saber específico), están en condiciones de producir los códigos y reglas que rigen el riesgo analítico. Esta situación produce una asimetría entre los actores sociales, acentuados en el caso del riesgo tecnológico mayor en la lucha por la definición del problema. Estos dos niveles en los que se construye el riesgo aparecen atravesados por un nivel que refiere a las percepciones que del riesgo tienen los actores involucrados. Aparece así el «riesgo percibido» como un nivel que se enlaza a los anteriores en el proceso de construcción social del riesgo, modelando las representaciones y las interpretaciones que del proceso hacen los actores sociales.

Riesgo y ciudad moderna

El peligro ha sido un factor que ha estado siempre presente en las ciudades desde la antigüedad. Basta recordar la catástrofe de Pompeya que fue enterrada por una erupción volcánica. Los peligros más habituales estaban asociados a las hambrunas; las enfermedades: pestes y epidemias, etc.; la naturaleza: terremotos, inundaciones, etc.; y las guerras. Estas situaciones desgraciadas no podían ser pensadas en términos de riesgo, dado que, como hemos señalado, eran enfrentadas desarrollando un conjunto de prácticas divinizadas preestablecidas que estipulaban las alternativas apropiadas para cada circunstancia.

A partir del alto medioevo las aglomeraciones urbanas comienzan a ser más importantes en términos de cantidad de habitantes. Este factor de densificación de las aglomeraciones hace que peligros ya antiguos como la peste y el incendio comiencen a ocupar un lugar destacado dentro de los problemas de las ciudades. No obstante, en Europa, el fuego representa la amenaza más constante, cuyos efectos se agravan en los comienzos del siglo XVIII. Si bien persisten los otros peligros, incluso la violencia en las aglomeraciones, el incendio se convierte en «la desgracia de los tiempos» (Chaline y Dubois-Maury, 1994).

Respecto de la peste, cabe mencionar el caso de la Peste Negra que azotó entre 1347 y 1352 en las ciudades portuarias de Europa Occidental. Otro ejemplo del potencial devastador de la peste es el caso de la ciudad francesa de Toulouse que pierde cerca del 50 % de su población entre 1628 y 1631. Pero el caso de Londres la coloca a la cabeza de estos eventos desgraciados. «Su población es estimada en cerca de 100.000 habitantes a mediados del siglo XVI; las epidemias de los años 1560 eliminan a un cuarto de la población, pero la cifra de la población alcanza, sin embargo, a 250.000 habitantes en 1660, un poco antes que la Gran Peste que se suscita en 1664-1665 arranque a unas 70.000 personas. Sin embargo, la cifra de la población pasa a 575.000 habitantes hacia 1700» (Chaline y Dubois-Maury, 1994: 8).

La crónica de los incendios en las ciudades es muy larga. Podemos mencionar los incendios de Toulouse en 1442 y 1551, el primero duró cerca de quince días; Strasbourg (1298); Lille (1545); Saint-Malo (1661). Fuera de Francia se destacan la destrucción de Berlín en 1405; Ámsterdam (1451 y 1452); Oslo (1624); importantes incendios afectaron a Moscú entre 1330 y 1626; Londres (1189). Las pequeñas ciudades también fueron afectadas, incluso muchas desaparecieron. Pero han sido «tres incendios de amplitud catastrófica, los que

han estado seguidos de vastas operaciones de reconstrucción conformes a las normas y a los gustos de un urbanismo nuevo: Londres (1666), Rennes (1720), Lisboa (1755)» (Chaline y Dubois-Maury, 1994: 18).

Una de las limitaciones para afrontar los incendios es el escaso manejo técnico del agua, cuyos progresos son muy lentos con relación a la cantidad de incendios que se suscitan. Recién durante el siglo XVII, el holandés Van der Heide pone a punto una bomba portátil con manga. A fines del siglo XVII se comienzan a establecer los cuerpos o servicios especializados para combatir los incendios (Chaline y Dubois-Maury, 1994). En Francia el cuerpo de bomberos nació por orden de Napoleón Bonaparte luego del incendio de la embajada de Austria en 1716 (Lagadec, 1981).

No son solo los cuerpos de bomberos una consecuencia de estos incendios. También surge, como ya indicamos, un nuevo urbanismo que establece normas nuevas para la ciudad. En Londres se pone en marcha, junto al plan de reconstrucción, un verdadero código de construcción, que entre otras cosas establece los materiales de las calles y de las construcciones, así como el financiamiento por parte del capital privado de la reconstrucción de las viviendas (Chaline y Dubois-Maury, 1994: 23). Habría que agregar también los cambios que se producen en materia de higienismo algunos años después.

Al compás de estos cambios que se operan en el modo de enfrentar las desgracias que ocurren en la incipiente ciudad moderna, se opera una transformación en la manera en que esta es comprendida. El caso de los incendios es el más claro. La estructuración de un servicio urbano, como los cuerpos de bomberos, y el manejo técnico del agua en la ciudad están acompañados de un proceso social que, en este caso, deja de lado el discurso fatalista acerca del origen del incendio y desacraliza la argumentación que legitima la acción que se lleva a cabo para enfrentar la desgracia. En este contexto, el concepto de riesgo, tal como lo define Luhmann (1996), hace su entrada en la comprensión de las desgracias que ocurren en las ciudades.

Algunos autores (Kerven y Rubise, 1991; Kerven, 1995) denominan a esta nueva etapa como la «era de las neuronas», señalando que un conjunto de descubrimientos que se producen en el siglo XVII generan las condiciones para una comprensión racional del peligro (86). Este cambio implica una disminución de la capacidad de la religión para explicar la desgracia de escala social, al mismo tiempo que se afirma una nueva creencia que va a tener como centro a la

tecnología y al progreso.

El riesgo tecnológico

La revolución industrial introduce cambios sociales importantes, entre ellos, un tipo de riesgo emerge con mayor importancia: el riesgo tecnológico o riesgo industrial. Chaline y Dubois-Maury (1994) señalan que en el período que cubre el siglo XIX y el comienzo del siglo XX está caracterizado por una serie de paradojas.

Por un lado, cuanto más se agrandan las ciudades, menos ocurren los incendios. Esto está asociado a la mejora en la tecnología de provisión de agua en las ciudades, a los mecanismos y técnicas de combate de los incendios y las nuevas tecnologías de construcción de edificios. Un dato ilustrativo es que, en las ciudades inglesas, se registraron, entre 1800 y 1849, 82 incendios importantes; entre 1850 y 1879 solo 17; y entre 1880 y 1900 ninguno (Chaline y Dubois-Maury, 1994).

Si bien el tiempo de las grandes pestes cesa con la era industrial, la miseria combinada con malas condiciones de alojamiento e insalubridad «explican la vulnerabilidad recurrente de los ciudadanos a nuevas agresiones epidémicas» (Chaline y Dubois-Maury, 1994: 33). Particularmente el cólera será una de las epidemias más comunes junto a la fiebre tifoidea; la emergencia de estas está asociada a la aún deficiente provisión de agua en términos de cantidad y calidad, de los casi inexistentes servicios de cloacas y a los deficientes sistemas de desagües pluviales.

La revolución industrial con sus avances tecnológicos beneficia a la población, pero al mismo tiempo generaliza peligros nuevos ligados a los medios de producción y al transporte. En la cotidianeidad la desgracia es mayormente producida por accidentes tecnológicos en relación con los producidos por algún desencadenante natural. En este período son los accidentes industriales los que más golpean la conciencia colectiva, dado que se establece una nueva forma de peligro: aquella de la muerte accidental y colectiva (Chaline y Dubois-Maury, 1994: 41). La generalización de la máquina a vapor en el sector productivo y en

el transporte explica la mayor parte de las explosiones de calderas que han generado decenas de víctimas. Pero hay dos actividades sumamente peligrosas: la minería y los establecimientos de productos químicos para la fabricación de explosivos. La explosión de un polvorín en París en 1794, que ocasionó miles de víctimas, es considerada uno de los primeros accidentes tecnológicos de Francia. Estos accidentes se agravaron durante la Primera Guerra Mundial. El transporte, en particular el automóvil, completan el panorama de los riesgos tecnológicos que se revelan como más importantes desde los comienzos del siglo XX.

El llamado riesgo tecnológico mayor

En la década del 60 comienza un período de debate que se va a acentuar en los 70 a partir de diversos accidentes tecnológicos, tanto en la industria química como en la nuclear, que ponen en discusión los alcances de la clásica definición de riesgo tecnológico. Estos acontecimientos han estado acompañados por una preocupación por el medioambiente que como tal emerge en el debate político bajo la presión de las clases medias urbanas; la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano reunida en Estocolmo de 1972 es un producto de este proceso. Pero es también un período en que la problemática ambiental deviene masivamente en un problema científico (Theys, 2000). En Francia en particular aparece una nueva palabra que intenta dar cuenta de un nuevo fenómeno: «riesgo tecnológico mayor».

Sin dudas, la obra de Patrick Lagadec (1981) *La civilisation du risque. Catastrophes technologiques et responsabilité sociale* marca en Francia el inicio de un debate en los umbrales de los años 80, y pronto se convertirá en un clásico en la materia. Entre otras cosas, Lagadec va a dar mayor precisión al modo en que utilizará el concepto *risque technologique majeur* (riesgo tecnológico mayor), que ya era bastante común en los distintos medios franceses en el análisis de riesgo tecnológico, en particular en los organismos gubernamentales. Para ello comienza haciendo una descripción de cinco hechos (accidentes tecnológicos) que considera significativos para introducir el tema en general y que lo pusieron en el centro del debate público. Lagadec va a ensayar una definición del término de «riesgos tecnológicos mayores» para dar cuenta de estos fenómenos.

Los cinco hechos que lista Lagadec (1981) ponen en evidencia la falta de estructuración de mecanismos de prevención ante un accidente tecnológico. Estos son:

- 1) La deflagración en Flixborough (1974), en Gran Bretaña.
- 2) El accidente químico en Seveso (1976), en Italia, Milán.
- 3) El accidente del buque Amoco-Cádiz, frente a la costa de Finisterre (1978).
- 4) Three Mile Island (1979), accidente nuclear en USA, Pensilvania.
- 5) Toronto, accidente de transporte químico (1979) en Canadá.

Lagadec (1981) inicia una tibia introducción al concepto de «riesgo tecnológico mayor», para ello recurre al desarrollo histórico de las ciudades. Tal como señalamos, con el crecimiento de las ciudades al compás de la modernidad, estas comenzaron a tener peligros hasta ese momento inexistentes, el mayor de ellos eran los incendios. Pero lo nuevo en términos de accidentes tecnológicos es que la destrucción que provocan los accidentes, como los señalados en el párrafo anterior, tienen consecuencias que se hacen sentir no solo por su magnitud, que puede abarcar una vasta región afectando capitales económicos, el ambiente natural y la población que la habita, sino también por su duración, estos afectan incluso a la descendencia de la población accidentada. En este sentido, el autor señala que «hasta hoy los accidentes golpean en un instante; en adelante, la catástrofe se inscribe en la duración. En el momento de acontecer, la catástrofe no deja de cumplirse: ella no hace más que comenzar» (Lagadec, 1981: 62). El accidente cruza la frontera del tiempo, afectando a otras generaciones. «La irreversibilidad de los fenómenos puestos en juego es un nuevo factor a considerar» (Lagadec, 1981: 63). Además, estos fenómenos pueden perdurar invisibles como la dioxina en Seveso (Italia). Lagadec (1981) habla en términos del «descubrimiento de los riesgos tecnológicos mayores». Esto es el descubrimiento de la posibilidad del fracaso sin repechaje de la acción del hombre. El abordaje de los accidentes nucleares le permite señalar el rasgo más importante de los riesgos tecnológicos mayores. «En caso de accidente grave, las características de riesgo mayor, a saber, amplitud y duración son reunidas»

(Lagadec, 1981: 66).

En las sociedades actuales aparecen dos factores agravantes, según Lagadec: la densificación de las industrias, que potencian los efectos de un accidente que puede desencadenar una reacción en cadena. A este problema se suma que estas instalaciones son objeto de posibles atentados terroristas, para lo cual recuerda hechos en España y Francia contra centrales nucleares (87). Los riesgos así definidos no se agotan en consecuencias y daños, sino que contienen un componente a futuro. El riesgo tiene algo de real y algo de irreal. «Por una parte, muchos peligros y destrucciones ya son reales: aguas contaminadas y moribundas, la destrucción del bosque, nuevas enfermedades, etc. Por otra parte, la auténtica pujanza social del argumento del riesgo reside en la proyección de amenazas para el futuro» (Beck, 1998: 39). Se trata de riesgos en los que actuar luego de sucedido el acontecimiento es casi imposible.

Un factor adicional que caracteriza a los llamados riesgos tecnológicos mayores es que la percepción de estos está mediada por la ciencia y la técnica (Beck, 1998). Si bien, como hemos indicado, el riesgo no es nuevo, no se constituía en un factor social globalizado que afectara al conjunto. Incluso en las ciudades del siglo XIX existían serios problemas higiénicos, pero esos riesgos eran atribuidos a un subabastecimiento de tecnología higiénica. Hoy tienen su origen en una sobreproducción industrial, son riesgos de la modernización. Los riesgos modernos se sustraen a las percepciones clásicas de olor y vista, más bien residen en las fórmulas químico-físicas (tóxicos en alimentos, amenaza nuclear, radiaciones de diverso tipo). Estos nuevos riesgos se sustraen a la percepción humana inmediata. La existencia y el reparto de los riesgos están siempre mediados argumentativamente, y queda a merced de los juicios y controversias de los expertos, quienes no por ello dejan de constituirse en observadores de primer orden. Esto da lugar a una situación de dependencia respecto al saber, y, por consiguiente, de aquellos que lo producen o dicen poseerlo.

La sociedad contemporánea como sociedad del riesgo

Los cambios producidos en el tipo de riesgo tecnológico que se manifiestan en las sociedades más industrializadas a partir de los años 60 parecen indicar una

transformación social que va más allá de una variación del riesgo tecnológico en sí. En este sentido es significativa la obra de Beck (1998). Para este autor, los cambios en el tipo de riesgo tecnológico están asociados a cambios de la sociedad en su conjunto. Beck sostiene la idea de que somos testigos de una fractura dentro de la modernidad, «la cual se desprende de los contornos de la sociedad industrial clásica y acuña una nueva figura, a la que aquí llamamos sociedad (industrial) del riesgo» (Beck, 1998: 16). El accidente de Chernóbil marca una nueva era; ahora «se puede dejar fuera la miseria, pero no los peligros de la era atómica (...) su poder es el poder del peligro que suprime todas las zonas protegidas y todas las diferenciaciones de la modernidad» (Beck, 1998: 11).

La relación naturaleza-sociedad ha operado cambios profundos. «La contraposición de naturaleza y sociedad es una construcción del siglo XIX que servía al doble fin de dominar e ignorar la naturaleza. La naturaleza está dominada y agotada a finales del siglo XX, y, de este modo, ha pasado de ser un fenómeno exterior a ser un fenómeno interior, ha pasado de ser un fenómeno dado a ser un fenómeno producido» (Beck, 1998: 13). De esta manera, la naturaleza ha quedado incluida en el sistema industrial; de manera tal que «en la modernidad avanzada, la producción social de riqueza va acompañada sistemáticamente por la producción social de riesgos. Por tanto, los problemas y conflictos de reparto de la sociedad de la carencia son sustituidos por los problemas y conflictos que surgen de la producción, definición y reparto de los riesgos producidos de manera científico-técnica» (Beck, 1998: 25).

Pero, «la moderna sociedad del riesgo no es, por consiguiente, solo el resultado de la percepción de las consecuencias de las realizaciones técnicas: ella está ya inscrita en el desarrollo mismo de la posibilidad de la investigación y del saber» (Luhmann, 1996: 39). Vale decir que la acción de investigación se desarrolla en un sistema social donde la decisión está atravesada por el riesgo; más aún el desarrollo científico-tecnológico tiene como motor la necesidad de encontrar respuestas racionales que ayudan a argumentar las decisiones desacralizadas de la sociedad. La ciencia y la técnica generan nuevas condiciones de riesgo, al tiempo que proveen los medios para hacer posible su percepción y desarrollan un discurso que realiza una argumentación racional de las acciones necesarias para afrontar el peligro, y, por lo tanto, para asumir el riesgo.

En la sociedad del riesgo surge así a impulsos pequeños y grandes (en la alarma

por el smog, en el accidente tóxico, etc.) el potencial político de las catástrofes. La defensa y administración de estas puede incluir una reorganización del poder y de la competencia. «La sociedad del riesgo es una sociedad catastrófica. En ella, el estado de excepción amenaza con convertirse en el estado de normalidad» (Beck, 1998: 30).

Paradójicamente, la sociedad del riesgo es caracterizada por algunos autores como la sociedad de la hiperseguridad (Theys, 1987). Theys indica que entre 1880 y 1930 se producen las mayores catástrofes industriales, siendo el período más mortal. Las mejoras en materia de seguridad se traducen en una sostenida baja del ritmo de catástrofes en los países industrializados luego del período 1930-1960. Para encontrar una respuesta «es necesario buscar la razón en la enorme asimetría que existe en materia de exposición al riesgo» (Theys, 1987: 11). En todo caso, riesgo tecnológico mayor e hiperseguridad constituyen las dos caras de una misma moneda: la sociedad del riesgo.

Las diferenciaciones sociales sufren un cambio, aparecen nuevas desigualdades sociales dentro de la sociedad del riesgo. «Estas surgen en especial allí donde las situaciones de clase y las situaciones de riesgo se solapan... Las industrias con riesgo se han trasladado a los países de sueldos bajos. Esto no es casualidad. Hay una 'fuerza de atracción' sistemática entre la pobreza extrema y los riesgos extremos» (Beck, 1998: 47). Esto es particularmente importante en países como el nuestro, donde la sociedad de la carencia, o de clase, y la sociedad del riesgo coexisten dando lugar a una situación de mayor complejidad. Si bien es cierto que los riesgos mayores se definen por su capacidad para atravesar fronteras geográficas y de clase; también es cierto que no afectan a todos por igual, menos aún en sociedades donde el solapamiento de ambos tipos de sociedades es muy marcado. La vulnerabilidad social propia de los estados de pobreza no hace más que aumentar los riesgos que devienen de la exposición a los peligros del desarrollo tecnológico. Paradójicamente, ellos «no son los principales responsables de la contaminación que sufren» (Reboratti, 1993).

En el plano político existen diferencias importantes en el tránsito de la sociedad de clases a la sociedad del riesgo. De manera esquemática, Beck (1998) señala que «las sociedades de clases restan referidas a su dinámica de desarrollo al ideal de la igualdad... No sucede lo mismo con la sociedad del riesgo. Su contraproyecto normativo que está en su base y la estimula es la seguridad» (88) (Beck, 1998: 55). El principio de igualdad es positivo e impulsa al cambio. La utopía de la seguridad resulta negativa y defensiva, se trata de evitar lo peor. De

este modo, podemos decir junto a Beck (1998) que la frase de la sociedad de clases es «¡Tengo hambre!»; mientras que en la sociedad del riesgo la frase es «¡Tengo miedo!». «En lugar de la comunidad de la miseria, aparece la comunidad del miedo. En este sentido, el tipo de la sociedad del riesgo marca una época social en la que la solidaridad surge por miedo y se convierte en fuerza política» (Beck, 1998: 56).

En la sociedad del riesgo, la solidaridad del miedo explica en parte la fortaleza de los movimientos sociales de rechazo a ciertas actividades consideradas peligrosas, tales como: centros de actividad nuclear, la traza de trenes de alta velocidad, las plantas de tratamiento y disposición de residuos, las antenas, ciertas industrias y minas, etc. Pero ¿qué cosas son aquellas consideradas peligrosas y/o riesgosas? ¿quién las define? Sin dudas, en el proceso social de la construcción del riesgo tecnológico, las percepciones juegan un papel determinante en el establecimiento de qué riesgo la sociedad considera aceptable.

Percepción y aceptabilidad social del riesgo

Si bien el tema del riesgo está en la base del nacimiento de las ciencias sociales, en su preocupación por la anomia, en el caso de los riesgos tecnológicos, tal como señala Duclos (1987), las ciencias sociales son conducidas a intervenir en un debate que en su comienzo ha estado dominado por las ciencias exactas, la economía y la ingeniería. Los problemas asociados a la percepción y aceptabilidad del riesgo no deben ser clasificados dentro de una escala lineal. Las bases sociales que las afectan traducen a veces las oposiciones profundas dentro de la concepción del mundo, y de la definición misma de lo que es un riesgo. En este sentido resultan interesantes algunos trabajos realizados al respecto.

Denis Duclos (1987) hace un rápido relevamiento de algunas encuestas de opinión respecto a lo que el «público» (francés) considera peligrosas o preocupaciones sociales, dentro de ellas la relativas a las actividades tecnológicas peligrosas o de riesgo mayor, generalmente referido a la actividad nuclear y a la manipulación de sustancias peligrosas. Estas jerarquizaciones

ponen de relieve que aquellas varían según varios factores: el año de realización, en función del contexto social, el sexo, la orientación política (en particular respecto a las centrales nucleares); pero también depende de cómo se haya realizado la encuesta, los organismos tienden a generar una influencia sobre la orientación de las respuestas del público. La pregunta que en este punto se hace Duclos es qué es lo que los individuos perciben de la realidad de los riesgos. Al respecto, las primeras investigaciones tuvieron origen en los Estados Unidos y el fenómeno que golpeó a los investigadores era la distancia entre las percepciones de los riesgos y la realidad (según ellos la entendían), pero también entre las percepciones de ellos mismos, según las categorías de individuos. Duclos (1987) considera que el factor que parece explicar esta disonancia es la memorabilidad de los eventos, y notablemente su orquestación por los medios. Cabe señalar que esta idea de los medios como distorsionadores de la realidad, amplificadores de la demanda, etc. está presente en todos los autores de la época. Lo que también destaca Duclos (1987) es que la relación entre el público y los expertos es puesta muchas veces en una relación que fluctúa de una confianza sencilla a una desconfianza ostracista. Muchos se olvidan de que los expertos también son parte del público, y por lo tanto, participan del sentido común; pero, al mismo tiempo, como veremos más adelante, se trata de un sujeto con particulares vinculaciones con los empresarios industriales.

Para comprender esa desconfianza es necesario avanzar en el estudio de las diferencias, en particular las referidas al modo en que el riesgo es percibido por ambos, público y expertos. Cutter (1993) señala que en unas encuestas realizadas en EE.UU. en 1984 y 1989 existían ciertas diferencias entre lo que el público consideraba los problemas más importantes y aquellos que eran listados por la EPA (44 y 62 % respectivamente). El tema que estaba en el tope de las preocupaciones del público, como problema más serio, era el de los sitios de disposición de los residuos peligrosos (84%); mientras que los expertos consideraban los riesgos de los sitios de disposición de residuos peligrosos como de un nivel de preocupación mucho menor.

Los estudios recopilados y llevados adelante por la antropóloga Mary Douglas han arrojado resultados interesantes y en cierta medida inesperados (vistos desde una lógica tecnocrática). Luego de varios años de investigación, Douglas (1996) encuentra que el público subestima aquellos riesgos que se consideran controlados, de modo tal que en actividades muy familiares existe la tendencia a minimizar la probabilidad de malos resultados, concordando con los resultados alcanzados por la escuela de Slovic (Cutter, 1993; Duclos, 1987). Al mismo

tiempo, se subestiman también los riesgos que conllevan los acontecimientos que se dan rara vez. La gente tiende a fijar la atención en el estrato medio de las probabilidades, impactando más aún si son relatados por los medios de comunicación que dramatizan el probable suceso. Parecería que el individuo necesita hacer parecer su mundo más inmediato como más seguro de lo que en realidad es.

Respecto a saber cuáles son los factores que influyen en la percepción del riesgo, creemos que algunas de sus observaciones señaladas por Cutter (1993) resultan útiles. A partir de su trabajo de investigación, la autora sostiene que los factores que influyen en las visiones sobre el riesgo en los individuos, en los grupos y en las sociedades, y que juegan un papel importante en el proceso de construcción de la «aceptabilidad del riesgo», son los siguientes:

La experiencia. Eventos como el de Chernóbil influyeron sobre poblaciones muy distantes, luego del accidente el nivel de percepción de la población de Washington cambió estando más alerta ante los accidentes tecnológicos.

Filosofía ambiental. Refiere a las ideologías sobre la naturaleza y la tecnología.

Raza, género y estatus socioeconómico. Estos factores pueden variar las formas de percepción del riesgo. Muchos trabajos demostraron la importancia de las diferencias de género en la percepción de riesgo.

Distancia. La distancia de la población al objeto que genera el riesgo al cual está expuesta no es solamente un indicador de peligro. Conocer o estimar la distancia sirve como un ancla heurística de conocimiento del riesgo y la vulnerabilidad individual hacia la amenaza.

Percepción- comportamiento encadenado. Tema típico de la psicología social que trabaja la relación entre percepción y comportamiento.

Politización del riesgo. Uno de los temas es la relación entre los expertos y no expertos en la formación de la política pública. La dicotomía entre la comprensión técnica del riesgo versus la reacción del público (influenciada por los medios, movidos por las estrellas y preocupaciones con una sociedad de cero riesgos) ilustran la politización del riesgo y la necesidad que el management incorpore la visión pública en las decisiones del manejo del riesgo.

Veamos cómo comprender teóricamente estas observaciones empíricas. En la obra *Risk and Culture*, Mary Douglas «analiza la forma en que construimos determinadas categorías culturales a partir de ciertas posiciones sociales. Las nociones de riesgo no están basadas en razones prácticas o en juicios empíricos. Son nociones construidas culturalmente que enfatizan algunos aspectos del peligro e ignoran otros. Se crea así una cultura del riesgo que varía según la posición social de los actores» (Bestard, 1996: 11).

La idea de cultura del riesgo nos permite tomar una nueva vía de comprensión que nos saca del reduccionismo racionalista de las probabilidades matemáticas. En este punto, un tema importante se plantea a nivel de los aspectos cognitivos del sistema cultural. Mary Douglas piensa que «la cognición de peligros y la elección de los individuos ante determinados riesgos tienen más que ver con las ideas sociales de moral y de justicia, que con ideas probabilísticas de costes y beneficios en la aceptación de los riesgos» (Bestard, 1996: 14). En este sentido, compartimos la idea de que «sin un modo intelectualmente respetable de discutir sobre la justicia no hay manera de discutir la aceptabilidad del riesgo, ya que la mayoría de las cuestiones políticas relacionadas con el riesgo suscitan graves problemas de justicia» (Douglas, 1996: 34). Esto no significa que se puede reducir la cuestión de la percepción del riesgo a un problema ético y moral, como muchos pretenden. No obstante, incluso los análisis de costo-beneficio darían resultados distintos si se aplicaran dentro de sistemas éticos diferentes (Douglas, 1996). Existe, en suma, una relación entre un determinado sistema ético y el orden social que sostiene.

Resulta difícil establecer en el debate sobre el riesgo la idea de cultura del riesgo como elemento de comprensión del fenómeno. Las ideas más tecnicistas son defendidas por los expertos de las empresas y los gobiernos. Ellos desarrollan la idea de la necesidad de educación del público, en particular en muchos casos la llamada educación ambiental no tiene otro cometido que el de «convencer». En la óptica de los expertos, la percepción del riesgo es planteada como un problema de percepción incorrecta del público profano. El fracaso de los intentos educativos termina por llamarnos a todos irracionales (Douglas, 1996). En suma, «los expertos presumen lo que se supone que hacen posible y producen: el sesgo cultural a través del que percibimos los peligros» (Bestard, 1996: 15). Después de todo, son ellos quienes construyen las herramientas de percepción de los riesgos tecnológicos mayores, quienes estipulan los niveles máximos de

exposición a una determinada sustancia a partir de los cuales podemos ingresar en procesos que atenten contra la salud.

Luego de todas las pretensiones de objetivación, aparece más tarde o más temprano la cuestión de la aceptación y, por tanto, una vieja cuestión: ¿cómo queremos vivir? (Beck, 1998). La constatación del riesgo resulta de una simbiosis entre racionalidad cotidiana y racionalidad de los expertos, entre interés y hecho. Una simbiosis que ya no puede ser separada, no obstante, la distancia que separa ambas percepciones -profana-experta. Lo cierto es que «una consecuencia importante y esencial: en la definición del riesgo se rompe el monopolio de racionalidad de las ciencias» (Beck, 1998: 35). La pretensión de racionalidad de las ciencias se debilita permanentemente, dado que se mueven exclusivamente en afirmaciones de probabilidades.

Una cuestión que aparece en el esquema de percepción es un cambio en la manera en que se estructura la temporalidad. En la sociedad del riesgo «el centro de la conciencia del riesgo no reside en el presente, sino en el futuro... En su lugar aparece como «causa» de la vivencia y de actuación presente el futuro, es decir, algo no existente, construido, ficticio» (Beck, 1998: 40). En este sentido, creemos que esto plantea nuevos problemas al sistema ético dominante, comienza a tener lugar la noción de «generaciones futuras»; es decir, se establece un sujeto de derecho inexistente a partir del cual se establecen pautas y decisiones que afectan a sujetos de derecho existentes. Esta paradoja social y moral forma parte del sistema de decisión de la sociedad del riesgo.

Otro nivel de análisis se sitúa en el papel jugado por las instituciones. Mary Douglas (1996) plantea que, si el interés está depositado en la percepción pública del riesgo, entonces debemos prestar atención no al peligro, sino a las instituciones. Son estas las que apoyan determinados tipos de percepciones del riesgo. «Podemos afirmar sin temor a equivocarnos que las instituciones frenan la curiosidad, como también premian el aprendizaje. Dado que un foco sobre un tipo de peligro distrae la atención de otros, se sigue que la vigilancia perceptiva no será casual, sino que será una función del tipo de organización que se está alcanzando» (Douglas, 1996: 92). Podría ser un ejemplo de esto la fuerte atención que se hace en Argentina sobre las antenas de telefonía, mientras que no se discute el nivel de inmisión que se produce por el uso de los diferentes dispositivos que irradian ondas no ionizantes, incluidos los aparatos de telefonía móvil. Las instituciones realizan un control social de la curiosidad; como ya lo indicara Herbert Simon, no podemos considerar una decisión individual fuera

del contexto organizacional en el cual se inscribe; esta observación ha dado lugar al concepto de «racionalidad acotada» (Peretti-Watel, 2000: 119). Otro aspecto es el efecto de diversos discursos, principalmente institucionales, que van generando lo que Auyero y Swistun (2008) llama «confusión tóxica» en la población más vulnerable, como fue el caso de Villa Inflamable en el polo petroquímico de Dock Sud. Aparece como un efecto de poder de discursos contradictorios respecto a la identificación y dimensionamiento de los riesgos. Asimismo, el estudio de las vulnerabilidades determina clases de personas como probables víctimas. Es esta situación de estar «en riesgo» lo que justifica ponerlas bajo control (Douglas, 1996). Es por ello por lo que «el análisis neutral del riesgo no puede prescindir del análisis cultural de la atribución de culpas..., la culpabilización de la víctima está en relación con la aceptabilidad pública del peligro» (Bestard, 1996: 16). En suma, los grupos sociales utilizan el riesgo para controlar sus incertidumbres y afirmar sus normas en la sociedad.

El esquema de percepción de cada sujeto establece una jerarquía de aquello que considera prioritario, de aquello que ve y de aquello que no ve. En este sentido, «la ignorancia de los riesgos no perceptibles, que encuentra su justificación (y que de hecho la tiene, como en el Tercer Mundo) en la supresión de la miseria palpable, es el terreno cultural y político en el que florecen, crecen y prosperan los riesgos y las amenazas... La evidencia de la miseria impide la percepción de los riesgos» (Beck, 1998: 51). Esto significa que los países del Tercer Mundo se encuentran en una situación difícil, desfavorable. El público realiza una jerarquización del riesgo que prioriza las cuestiones inmediatas (es lógico que sea así), asociadas a la supervivencia en el presente, a la sociedad de la carencia. Mientras se desarrollan riesgos tecnológicos cuya importancia pasa desapercibida.

Los actores sociales en el proceso de construcción social del riesgo

Hasta aquí, hemos realizado un desarrollo conceptual de aquello que comprendemos como riesgo, en particular el riesgo tecnológico y su vinculación con el crecimiento de la ciudad moderna, pero que también puede aplicarse a ámbito rurales. En tal sentido, la perspectiva histórica de su definición ha puesto de relieve que lejos de ser algo dado o fatal, el riesgo es una construcción social,

en cuya definición intervienen distintos actores sociales desde sus lógicas particulares de acción, las que siempre están orientadas por un conjunto de representaciones simbólicas que median su percepción. En este apartado vamos a plantear una sistematización de las categorías más relevantes que nos permitan una mejor definición de los actores sociales que se involucran en los procesos de construcción social del riesgo.

La utilización del término «actor social» ha tenido un particular auge en los años 80 y se ha consolidado como categoría de análisis social en los estudios de conflictos sociales, entre ellos los ambientales (Merlinsky, 2013). En tal sentido, puede destacarse el concepto operativo de actor social que emplea Pérez (1995: 10) para hacer referencia a las «unidades reales de acción en la sociedad: tomadores y ejecutores de decisiones que inciden en la realidad», quienes pueden actuar como individuos o colectivos. Podemos encontrar distintos tipos de actores sociales, a continuación, realizaremos una primera tipología de actores.

Siguiendo el trabajo de Pedro Pérez (1995), podemos identificar, en primer lugar, cuatro lógicas de acción que dan cuenta del comportamiento de los actores dentro de la trama de relaciones que se tejen en un proceso de gestión urbana, pero que se adaptan al ámbito rural. a) La lógica de la ganancia es aquella desarrollada por actores económicos cuya vinculación con la ciudad se establece en el proceso de valorización del capital individual, ya sea porque la ciudad es el objeto de la valorización, «producen la ciudad» (actividades vinculadas a servicios públicos, obra pública, etc.) o bien porque es el ámbito donde desarrollan sus negocios, «producen en la ciudad». b) La lógica política es desarrollada por los actores políticos que se involucran en los procesos no mercantiles de producción de la ciudad vinculados a las funciones de gobierno: normas, regulaciones y desarrollo de la política pública. Se trata básicamente de los partidos políticos y los actores gubernamentales, cuya acción puede orientarse hacia la «representación» del conjunto de demandas de la sociedad local, o bien hacia la «acumulación», esto es la subordinación de las demandas ciudadanas a las necesidades de crecimiento político. c) La lógica de la necesidad es desarrollada por los actores comunitarios que no acceden al mercado y quedan marginados de las políticas públicas, es básicamente desarrollada por sectores populares en forma autónoma o asociada, y se traduce en distintas manifestaciones, tales como los procesos de autoconstrucción de viviendas, comedores populares, etc.; aunque nosotros podemos incorporar en esta categoría a las organizaciones de la sociedad civil; d) Por último, puede

destacarse un cuarto tipo de actor, guiado por la lógica del conocimiento, que se expresa en el discurso científico, técnico e ideológico (Pírez, 1995); al respecto podemos señalar que si bien aparece asociada a las otras tres lógicas, existen actores específicos que producen conocimiento en ámbitos diversos como la academia, el gobierno y el sector privado, siendo un actor que provee representaciones que contribuyen de manera directa o indirecta al proceso decisional de la gestión urbana. En tanto constituyen un sistema de actores en torno a un problema ambiental con un determinado riesgo a gestionar, podemos pensarlo desde la categoría de la gobernanza ambiental para dar cuenta del modo en que un bien colectivo es gestionado.

En segundo lugar, los actores locales son aquellos que inciden en los procesos locales, y aquí podemos diferenciar tres tipos: a) aquellos que inciden en los procesos locales, pero no (o marginalmente) en los procesos no locales; b) aquellos que se reproducen en ámbitos mayores, pero tienen presencia e inciden en los procesos locales; y c) por último, existen actores que no tienen presencia física local, pero su actividad incide en los procesos locales.

Los trabajos de investigación sobre riesgo tecnológico han realizado una caracterización de actores sociales, haremos aquí un breve repaso (89), dado que algunas categorías son de utilidad para comprender el caso que analizaremos. Cabe destacar que los trabajos que se hicieron desde la sociología, como en el caso de Denis Duclos, tienen su origen en la sociología laboral, esto explica que el mayor desarrollo del análisis de actores sociales ha estado centrado en el ámbito de la empresa: empresarios, directivos y operarios.

Dentro de los actores económicos, el industrial es el primer agente a tener en cuenta para comprender la matriz del peligro (Lagadec, 1981). Pero su lógica no puede explicarse solo por la búsqueda de la ganancia, Duclos (1991 a) demuestra que los industriales no escapan a la necesidad cultural que obliga a los sujetos sociales a elegir un sistema de referencias simbólicas. Ellos mismos se sitúan dentro de una lucha de buena presencia. Estas elecciones escapan a todo cálculo. Hay siempre una articulación, o aún una tensión con las razones técnico-económicas, la cuestión cultural se presenta subyacente en criterios no económicos y no técnicos.

Otro actor económico importante son los medios de comunicación; ellos juegan un rol estratégico en los procesos de construcción social del riesgo tecnológico. Incluso en los primeros trabajos, como es el caso de Lagadec (1981), el papel de

los medios es presentado como amplificador de los sucesos y en ocasiones como sus distorsionadores. Este rol es mucho más complejo, dado que como lo muestra el minucioso trabajo acerca de las actitudes ante el riesgo realizado por Cadet et al. (1987: 118), «la información aparece como una condición necesaria de la confianza, pero no como una condición suficiente». Pero esto tiene una limitación o condición, dado que «la información ni siquiera se convierte en información hasta que el perceptor no la ve y codifica de algún modo» (Douglas, 1996: 54); de este modo «la información se inscribe en la red cognitiva preexistente y son estas redes, y no la calidad de la información, las que definen su impacto» (Cadet, et al. 1987: 118). Es por ello por lo que, aun cuando los medios intenten comunicar más ajustadamente los riesgos a las construcciones analíticas y existan campañas de educación ambiental, la estimación del riesgo es dispar entre los actores, resultando difícil la estimación de la percepción (Gascón, 2009). En este contexto sociocultural hay que comprender el real papel que pueden tener los medios en los procesos estudiados.

Los actores gubernamentales han tenido un escaso tratamiento, y su lógica de acción estuvo comprendida bajo la categoría muy amplia de «Estado», sin mayor precisión e indiferenciado por niveles y funciones; estas diferenciaciones resultan cruciales para su comprensión. No obstante, los trabajos de investigación señalan una tendencia de este actor por minimizar los verdaderos riesgos que pueden devenir en accidentes.

Los actores comunitarios han sido comprendidos con categorías tales como «ciudadanos» (Lagadec, 1981), «público» y «verdes» (Duclos, 1991 a). Se trata de categorías muy amplias que no permiten dar cuenta de la heterogeneidad social y organizacional de la sociedad civil; algunos trabajos han profundizado en los modos organizativos de la sociedad civil (Hall, 1997) y en las tendencias ideológicas y de acción de las ONG ambientales (Diegues, 1996; Gudynas, 1992), aunque estas producciones no han estado referidas a la cuestión del riesgo tecnológico.

Los actores científico-técnicos han tenido un particular tratamiento y desarrollo en los trabajos sobre riesgo tecnológico, y han sido categorizados bajo la denominación de «expertos». No es para menos, según hemos descripto, la sociedad del riesgo se define a partir de un tipo de riesgo que, entre otras cosas, escapa a la percepción directa del hombre. La percepción del riesgo tecnológico está mediada por los instrumentos de medición que desarrollan los expertos en el tema, en particular los ingenieros. Los expertos de las disciplinas de Descartes

tienen el hábito de un conocimiento vertical, con dificultades para realizar lecturas transversales. Ellos son contrarios a tomar en consideración las redes de actores, cuando todo se trata dentro de campos bien delimitados. Allí el especialista encuentra el malestar. El experto es presentado como neutro, independiente de intereses presentes. Él aporta la objetividad que debe permitir delimitar los conflictos. Los análisis demuestran lo simplista de esta posición. Los expertos son parte del juego de poder (90).

Gestión del riesgo ambiental

A los fines de avanzar en el modo en que los procesos de gestión y de gobernanza ambiental inciden en el proceso de construcción social del riesgo ambiental, vamos a tomar la definición analítica del riesgo que expone Claudia Natenzon (2015), quien propone distinguir cuatro componentes del riesgo:

La peligrosidad o amenaza es el factor disparador del riesgo. Puede ser antrópica, como por ejemplo el potencial peligroso que representa una determinada sustancia que se maneja tanto en los procesos productivos como en el transporte y almacenamiento, o bien el potencial de un desencadenante natural que pueda dar lugar a una situación catastrófica (Natenzon, 2015). Sin dudas, la cantidad de industrias instaladas con procesos tecnológicos que manejan sustancias peligrosas generan un fuerte condicionante a las situaciones de riesgo, desde otras perspectivas teóricas podríamos hablar de que constituye un punto de «presión ambiental» condicionado al estilo de vida de la población (White y Whitney, 1991). Estos procesos tecnológicos pueden dar lugar a desastres de lento o rápido desencadenamiento (Anderson, 1992). Un ejemplo del primer caso lo constituye la contaminación de las napas subterráneas de agua como consecuencia de la disposición inadecuada de residuos, esto impacta negativamente de manera progresiva en la salud de la población cuando no existen alternativas en materia de recursos hídricos. Este proceso de degradación ambiental puede llegar a desembocar en desastre al no asegurarse el suministro de agua potable a una población. Un accidente que libere un producto tóxico dentro de la ciudad es un ejemplo típico del segundo caso.

La vulnerabilidad: los trabajos centrados en esta dimensión han profundizado la

relación entre las capacidades del público para afrontar el peligro y las acciones de los actores para mejorar esa relación y reducir los niveles de riesgo. Es la vulnerabilidad la que determina para qué sujetos el riesgo se puede transformar en catástrofe (Natenzon, 2015). En términos teóricos, «la vulnerabilidad mide la capacidad de sistemas interdependientes a funcionar sin obstáculo en absorber las perturbaciones exteriores, aún las más imprevisibles» (Theys, 1987: 21). Desde la perspectiva del actor tomamos las ideas desarrolladas por Hilda Herzer (1990: 5), para quien la vulnerabilidad es un estado de ciertos grupos sociales, como consecuencia de un proceso de acumulación de diversos factores: socioeconómicos, ambientales, tecnológicos, etc., que conducen a la sociedad, o a parte de ella, a un estado de «debilidad social». Esto es, «de incapacidad para absorber, amortiguar o mitigar cualquier evento que salga de los carriles habituales»; por lo tanto, no debería quedar reducido a un problema de localización ante «peligros naturales» como fue indicado por ciertos autores que reducen el problema del riesgo a un factor de exposición (Jones, 1992). En este sentido, Beck (1998: 31) señala las limitaciones de los cálculos técnicos, basados en los términos medios y los promedios. Al respecto dice: «Es sorprendente la naturalidad con que se pregunta por el «término medio». Quien pregunta por el término medio excluye ya de este modo situaciones de peligro socialmente desiguales». El análisis de las vulnerabilidades explica en parte el probable o real impacto de un desastre (Lavell, 1994), siendo este un proceso social, económico y político desencadenado por un fenómeno natural (Herzer, 1990), o bien por factores tecnológicos en el manejo de los recursos naturales y de los procesos productivos. En este sentido, es muy cierto que «si el peligro de un incidente particular provoca un ruido inmenso, esto es así porque las condiciones generales existentes son las que le dan su fuerza de desestabilización» (Lagadec, 1987: 583).

La exposición refiere a la distribución en el territorio de lo que es potencialmente afectable: infraestructura, bienes y población que pueden ser afectados (Natenzon, 2015). Constituye una dimensión de análisis que combina las dos anteriores y la plasma en un territorio dado. Es un aspecto central en el análisis, pero no sencillo de realizar, se requiere de un conjunto de herramientas que permitan ponderar el dimensionamiento.

«La incertidumbre representa aquellos aspectos que surgen del desconocimiento sobre las otras tres componentes del riesgo» (Natenzon, 2015; XVIII); cuando el riesgo no es cuantificable se convierte en incertidumbre. En tal sentido, introduce la problemática de la tensión entre epistemología y política a partir de

reconocer los límites que tiene el conocimiento científico para dar cuenta de algunos riesgos, sus causas y sus consecuencias, y admite la necesidad de tomar decisiones urgentes en un escenario de diversos y altos valores en juego. Esto deja al desnudo el carácter valorativo de las decisiones políticas y obliga, en miras a obtener legitimidad, a reformular los mecanismos de toma de decisiones (Barrenechea, 2001).

Desde esta perspectiva, el riesgo ambiental y el tecnológico en particular son considerados en su contexto como partes del proceso socioeconómico. En este sentido, «si bien la problemática del riesgo tiene identidad propia, considerarlo como objeto de gestión implica su incorporación en los procesos globales de planificación del desarrollo» (Barrenechea y Gentile, 1998: 2). Más aún, como hemos ya señalado, la historia del riesgo en las ciudades es en parte la historia del surgimiento de medidas públicas para afrontarlos. Parte importante de estas medidas ha sido el surgimiento y desarrollo de diversos equipamientos y servicios públicos urbanos.

Así como hemos definido de manera analítica el riesgo ambiental, podemos señalar que la «amenaza o peligro» y la «vulnerabilidad» constituyen dos dimensiones principales en las cuales el modo y la direccionalidad de los procesos de gestión de gobernanza resuelven las problemáticas específicas de cada una de ellas, e inciden de manera preponderante en la reducción o el aumento del nivel de riesgo. Asimismo, la «incertidumbre» constituye una dimensión que atraviesa el proceso de toma de decisión de la gestión de los riesgos.

El análisis de los procesos de gestión de riesgos asociados a la «amenaza» o bien a la «vulnerabilidad» aparece también recortado por los distintos niveles de intervención del Estado, e incluso, por distintos organismos pertenecientes a un mismo nivel. Esto es claramente complejo en regiones metropolitanas, aunque los riesgos como los tecnológicos tienden a definirse en ámbitos territoriales más vastos que la mera localidad. No obstante, y sin negar el enfoque regional del riesgo, acompañamos la idea de que «el riesgo concierne a los poderes locales y a las políticas locales por la razón muy simple de que un accidente, aún si tiene vastas consecuencias a nivel nacional, es siempre (sin excepción del tipo) fundamentalmente local. A lo cual hay que añadir que la proximidad de las instalaciones constituye una causa de acrecentamiento considerable del riesgo. Esta proximidad revela evidentemente —aunque no exclusivamente— la política local» (Roqueplo, 1987: 86). Dos problemas se plantean en la gestión del riesgo:

uno derivado de la necesidad de articular los diferentes niveles del Estado; el otro de la articulación de los múltiples dispositivos de intervención (bomberos, gendarmería, etc.).

Palabras finales. De las estrategias de convencimiento a los procesos de diálogo con los actores sociales

En relación a los procesos de peritajes, y atento al modo en que se perciben y construyen los riesgos ambientales, queda claro que no solo hay una responsabilidad legal sobre quien propone un proyecto de tener un buen manejo de sus impactos; sino que además suele tener una relación asimétrica de poder en relación a los dispositivos (técnicos y normativos) que dan cuenta del riesgo en términos analíticos frente a la población (en tanto sujetos no expertos). Por lo tanto, hay un cruce entre el campo analítico y el ético, dado por esta asimetría, y que entiendo deben despertar algunas preguntas que, sin ser exhaustivas quieren comenzar a dar un orden a esta dimensión que puede incorporarse a los trabajos de peritaje:

¿El conjunto de riesgos ambientales generados por una actividad o proyecto ha sido identificado? ¿Estos fueron caracterizados? ¿Han sido dimensionados?

¿En la dimensión social de los estudios de impacto ambiental o de las auditorías ambientales, los esquemas de percepción del riesgo de los diversos actores han sido analizados?

¿Las estrategias de comunicación han contemplado estos esquemas de percepción? ¿En tal sentido se ha producido algún material que explique la evaluación y gestión de los riesgos ambientales en un lenguaje capaz de ser decodificado por los sujetos a los cuales están dirigidos?

¿Se desarrollaron mecanismos de recepción de las opiniones u observaciones que los distintos actores quieren formular? ¿Han sido accesibles para el conjunto de actores? ¿Se establecieron estrategias de diálogo?

¿Los proyectos son flexibles para internalizar observaciones?

¿Las dudas planteadas por los actores fueron analizadas? ¿fueron respondidas?
¿en qué términos?

En suma, se trata de analizar el cumplimiento de una verdadera y eficaz
intención de trabajar los riesgos ambientales, dejando atrás las ideas de seguridad
total, y mudar de paradigma: de las estrategias de convencimiento a los procesos
de diálogo con los actores, comprendiendo y respetando sus esquemas de
percepción del riesgo.

Referencias bibliográficas

Auyero, J. y Swistun, D. (2008). *Inflamable. Estudio del sufrimiento ambiental*. Buenos Aires: Editorial Paidós.

Anderson, M. B. (1992). «Metropolitan areas and disaster vulnerability: a consideration for developing countries», en Kreimer, A. y Munasinghe, M. *Environmental Management and Urban Vulnerability*. Washington, D.C.: The World Bank.

Barrenechea, J. (2001). «El caso Dock Sud», en *Ambiente Ecológico* Edición 77, enero. Buenos Aires: Fundación Multimedios Ambiente Ecológico.

Barrenechea, J. y Gentile, E. (1998). «Gestión local de riesgos urbanos: inundaciones y riesgos industriales en los Municipios de Zárate y Campana». En *El nuevo milenio y lo urbano. Seminario de Investigación urbana*. 23 y 24 de noviembre. Buenos Aires: Instituto de Investigaciones Gino Germani, FCS - UBA.

Beck, U. (1998). *La sociedad del riesgo*. Barcelona: Editorial Paidós.

Bestard, J. (1996). «Prólogo», en Douglas, Mary: *La aceptabilidad del riesgo según las ciencias sociales*. Barcelona: Editorial Paidós.

Cadet, B.; Chossiere, J.; Ganoudis, D. (1987). En Fabiani y Theys, *La société vulnérable. Évaluer et maîtriser les risques*. Paris: Presses de l'École Normale Supérieure.

Cutter, S. (1993). Living with risk. The geography of technological hazardous. Kent: Edward Arnold.

Chaline, C. y Dubois-Maury, J. (1994). La ville et ses dangers. Prevention et gestion des risques naturels, sociaux et technologiques. Paris: Masson.

Diegues, A. (1996). O mito moderno da natureza intocada. San Pablo: Editorial HUCITEC.

Douglas, M. (1987). «Les études de perception du risque: un état de l'art». En Fabiani y Theys, La société vulnérable. Évaluer et maîtriser les risques. Paris: Presses de l'École Normale Supérieure.

Douglas, M. (1996) La aceptabilidad del riesgo según las ciencias sociales. Barcelona: Editorial Paidós.

Duclos, D. (1991 a). Les industriels et les risques pour l'environnement. Paris: Editions L'Harmattan.

Duclos, D. (1991 b). L'homme face au risque technique. Paris: Edit. L'Harmattan.

Duclos, D. (1989). La thématique des risques scientifiques et technologiques en sociologie. Paris: Institut des Hautes Études de la Sécurité Intérieure.

Gascón, M. (2009). Percepción del desastre natural. Buenos Aires: Editorial Biblos.

Gudynas, E. (1992). «Los múltiples verdes del ambientalismo latinoamericano» en revista Nueva Sociedad N° 122. Noviembre - Diciembre. Caracas: Fundación Friedrich Ebert.

Hall, A. (1997). «O papel das ONG na resolução de conflitos para o desenvolvimento sustentável», en Becker, B. y Miranda, M. A geografia política do desenvolvimento sustentável. Río de Janeiro: Editora UFRJ.

Herzer, H. (1990). «Los desastres no son tan naturales como parecen», en revista Medio ambiente y urbanización N° 30, Año 8, Marzo. IIED-AL, Buenos Aires: GEL.

Jones, B. G. (1992). «Population growth, urbanization, and disaster risk and vulnerability en metropolitan areas: a conceptual framwork», en Kreimer, A. y Munasinghe, M. Environmental Management and Urban Vulnerability. Washington, D.C: The World Bank.

Kervern, G. y Rubise, P. (1991). L'Archipel du danger. Introduction aux cindiniques. París: Económica.

Kervern, G. (1995). Elements fondamentaux des Cindyniques. Paris: Económica.

Lagadec, P. (1987). «L'action en situation de crise». En Fabiani y Theys, La société vulnérable. Évaluer et maitriser les risques. Paris: Presses de l'École Normale Supérieure.

Lagadec, P. (1981). La civilisation du risque. Catastrophes technologiques et responsabilité sociale. Paris: Editions du Seuil.

Lavell, A. (1994). «Comunidades urbanas, vulnerabilidad a desastres y opciones de prevención y mitigación: una propuesta de investigación-acción para Centroamérica», en Lavell, A. (comp.) Viviendo en riesgo: comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina. Bogotá: FLACSO, LA RED, CEPREDENAC.

Luhmann, N. (1996). Sociologia del rischio. Milano: Bruno Mondadori.

Merlinsky, G. (2013). Cartografías del conflicto ambiental en Argentina. Buenos Aires: CICCUS.

Natenzon, C. (2015). «Presentación». En Natenzon, C. y Ríos D. Riesgos, catástrofes y vulnerabilidades. Aportes desde la geografía y otras ciencias sociales para casos argentinos. Buenos Aires: Editorial Imago Mundi.

Peretti-Watel, P. (2000). Sociologie du risque. Paris: Editorial Armand Colin.

Pérez, P. (1995). «Actores sociales y gestión de la ciudad». En revista CIUDADES N.º 28, octubre-diciembre. México: RNIU.

Reboratti, C. (1993). «Población, ambiente y recursos humanos en América Latina», en IV Congreso Latinoamericano de Población. La transición

demográfica en América Latina y el Caribe. Volumen II. México: INEGI-IISUNAM-PROLAP.

Roqueplo, P. (1987). «Les enjeux politique de la gestion du risque». En Fabiani y Theys, La société vulnérable. Évaluer et maitriser les risques. Paris: Presses de l'École Normale Supérieure.

Theys, J. (2000). «Développement industriel et risque planétaires». En Science et société. Cahiers francais N° 294, Enero-Febrero. Paris: La Documentation Francaise.

Theys, J. (1987). «La société vulnérable». En Fabiani y Theys, La société vulnérable. Évaluer et maitriser les risques. Paris: Presses de l'École Normale Supérieure.

White, R. y Whitney, J. (1991). «Cities and the environment: An overview»; en Stren, R.; White, R. y Whitney, J.: Sustainable Cities. Urbanization and the environment in international perspective. Oxford: Westview Press.

■

85. Luhmann propone delimitar la definición del riesgo basándose en la distinción entre riesgo y peligro. «La distinción presupone (distinguiéndose así de otras) que suscita incerteza en referencia a los daños futuros. De esta manera, hay dos posibilidades: o el eventual daño es visto como consecuencia de la decisión que viene atribuida a ella, y hablamos entonces del riesgo por la precisión de riesgo de la decisión; o también se puede pensar que el eventual daño es debido a factores externos y, por lo tanto, atribuido al ambiente, hablamos entonces de peligro» (Luhmann, 1996: 32).

86. Un hito en este cambio de comprensión del peligro que abre paso al concepto de riesgo está dado por el debate que se establece en ocasión del terremoto de Lisboa de 1775, que devino en un devastador incendio en la ciudad. La polémica tuvo como protagonistas a Voltaire y Rousseau, «mientras que Voltaire continuaba acusando a la Naturaleza y la Providencia, J. J. Rousseau hace justamente remarcar que la decisión de implantar las ciudades en zonas sísmicas

pone en cuestión la inteligencia y la responsabilidad de los hombres» (Kerven 1995: 8). De esta manera, el peligro sale de la esfera mitológica para entrar en el ámbito de la lógica, «el hombre se declara responsable del peligro» (Kerven y Rubise, 1991).

87. El atentado terrorista del 11 de septiembre del 2001 en EE.UU. puso en estado de alerta la seguridad de los complejos industriales de los países centrales e incluso de países como Argentina.

88. Resulta interesante señalar que la tentación del control generalizado lejos de disiparse volvió tan pronto como se había ido. Hacia 1987 se comienza a dar forma, para hacer frente al caos y la catástrofe, a una ciencia del peligro, que será nominada como «cindynique», según Duclos (1991 b), constituida para domar por el cálculo este porvenir rebelde. Se pone a trabajar sobre escenarios o simulaciones que anticipan el desastre. Esta ciencia se funda sobre el concepto de riesgo tecnológico mayor y tiene su apogeo en 1994, cuando se realiza en el Gran Anfiteatro de la Sorbonne el «Colloque International Cindynique '94» (Kervern y Rubise, 1991; Kervern, 1995; Collège, 1994).

89. El repaso se hace con base en las obras de Patrick Lagadec (1981), *La civilisation du risque*; Denis Duclos (1991 a), *Les industriels et les risques pour l'environnement*; y Denis Duclos (1991 b), *L'homme face au risque technique*.

90. Lo que Duclos resalta es que lo nuevo de esta crítica es que, a partir de un cierto punto de opinión de la impotencia cognitiva para apoderarse de estos fenómenos, todo el proyecto de una modernidad tecnificada se encuentra cuestionada, y con ella toda una ingeniería social procedente por analogía con la metáfora cuantitavista (Duclos, 1991 b: 27).

ANÁLISIS DE CASOS Y DE JURISPRUDENCIA

■

Carlos Héctor Colangelo

Doctor de la Universidad de Morón (UM). Licenciado en Ciencias Químicas (UM). Especialista consultor permanente en Toxicología (Consejo Profesional de Química -CPQ). Máster en Toxicología (Universidad de Sevilla). Docente de la Universidad de Morón, Universidad Nacional de La Plata, Instituto Argentino de Seguridad (IAS) (Carrera Especialización en Protección Ambiental). Se desempeñó en el Poder Judicial de la provincia de Buenos Aires como perito químico oficial y desarrolló más de 10.000 estudios técnicos científicos. Actualmente desarrolla cursos in Company, habiendo dictado más de 130 cursos en: AYSA, Chevron, Pan-American Energy, Medicina Corporativa, Cerro Vanguardia, etc.

Contacto: ccolangelo@unimoron.edu.ar / toxicolangelo@gmail.com

Gabriel Oscar Rivera

Licenciado en Seguridad e Higiene Laboral y especialista en Ingeniería Ambiental. Técnico en manejo de residuos peligrosos de la Universidad de Texas (A and M), instructor certificado NFPA 1041, USA Professional Board, en la Universidad de Texas. Desarrolló tareas en el Cuerpo de Bomberos, como extinción de incendios, explosivos y rescate. Titular de cátedra de las materias de Seguridad Ambiental, Defensa Civil y Análisis de Riesgo de la Universidad Católica de la Plata en la carrera de Licenciatura en Seguridad Pública. Se especializa en análisis de causas judiciales ambientales, asesorando al Poder Judicial como perito oficial tanto en la provincia de Buenos Aires como en la Justicia federal. Trabaja en conjunto con autoridades de aplicación en materia ambiental, tales como ACUMAR, OPDS, ADA, Dirección Provincial de Minería, SENASA y otros, en la dilucidación de casos en los que se investiga tanto la contaminación como la afectación de las personas.

Contacto: gabrieloscarrivera@gmail.com

Juan Rodrigo Walsh

Abogado por la Universidad de Buenos Aires, con especializaciones en derecho del gas y petróleo y derecho de los recursos naturales. Management Ambiental, LLM (Derecho ambiental) Universidad de Aberdeen, Escocia. Consultor Internacional PNUD, PNUMA, BM, OEA, UICN, FAO. Fue subsecretario de Ambiente de la CABA y director general de la Dirección General Legal y Técnica de la APRA. Trabajó con la FVSA y la WWF. Coordinador del Foro Global sobre Soja Responsable (RTRS). Dirigió el Suplemento de Derecho Ambiental FARN, La Ley. Autor de diversos trabajos académicos en Argentina y el exterior, con las editoriales La Ley, Universidad del Litoral, Universidad Católica de Salta y Cambridge University Press. Docente en los posgrados de la UBA, UNNE, UNS, UNLP, ITBA, UCASAL y UCA. Se desempeña actualmente como consultor en materia ambiental, recursos naturales y energía.

Contacto: jrwalsh@estudiowalsh.com.ar

PARTE 1. Análisis de casos

Caso 1

Este caso que presentamos implica un derrame de sustancias peligrosas con una reacción química que produce una contaminación en el aire. Primero se extendió a través de los conductos cloacales y luego afectó los domicilios cercanos, produciendo explosiones de presión debido a la acumulación de grandes cantidades de gases y, en uno de los domicilios, acumulación de gas fosfina o fosfamima PH₃ (91). La mecánica del hecho se produjo debido al mal manejo de un residuo peligroso, producto de la utilización de un compuesto agroquímico llamado fosfuro de aluminio.

Investigado el hecho, se determinaron irregularidades tanto en el almacenamiento como en el manejo del residuo peligroso, siendo que, de acuerdo con el artículo 55 de la Ley 24051, correspondería una pena de 10 a 25 años de prisión:

ARTÍCULO 55. Será reprimido con las mismas penas establecidas en el artículo 200 del Código Penal, el que, utilizando los residuos a que se refiere la presente ley, envenenare, adulterare o contaminare de un modo peligroso para la salud, el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general.

Si el hecho fuere seguido de la muerte de alguna persona, la pena será de diez (10) a veinticinco (25) años de reclusión o prisión.

No obstante, se condenó a los responsables a 3 años de prisión, acercándose ello más a una figura culposa general que a la más específica que estipula el artículo 55.

Si se estableciera una cronología concisa de lo acontecido y actuado, podríamos establecer el siguiente resumen:

1. Se da la alerta a través del 911 por incendio en un depósito de agroquímicos con sustancias peligrosas.
2. Llega el cuerpo de bomberos y extingue el fuego que se producía sobre unas mangas de tela que contenían fosforo de aluminio.
3. Los restos de fosforo de aluminio agotado con agua drenan hacia la cloaca.
4. Se produce una reacción que desprende gas fosfina.
5. Se producen 3 explosiones de presión en tres cámaras cloacales de domicilios lindantes.
6. Se produce la internación por intoxicación (92) de una vecina que se encontraba en la casa de la esquina aguas debajo de la cloaca (el depósito se encontraba en la mitad de la cuadra). La paciente es llevada al hospital local.
7. Se produce el deceso de la paciente.
8. Se ordena el allanamiento del depósito.
9. Se secuestran mangas de tela con producto de fosforo de aluminio agotado.
10. Se mide la cañería de las cloacas (Fotografía 1) con detectores colorimétricos y electroquímicos (Fotografía 2), detectando positivo para gas fosfina (93).



Fotografía 1 Fotografía 2

11. Se toma muestra de un polvo grisáceo compatible con fosforo de aluminio agotado (94) sobre la superficie de maquinaria en la empresa (Fotografía 3).
12. Se toma muestra en la cloaca a metros de la casa de la occisa de un líquido sobrenadante compatible con fosforo de aluminio agotado.
13. Se constata la existencia de un depósito con aproximadamente 3000 kilogramos de fosforo de aluminio (Fotografía 4).
14. El informe pericial respecto del depósito determina que este no estaba habilitado ni tenía las condiciones adecuadas de seguridad para contener la gran cantidad de agroquímicos de riesgo 4.3 (95) (sustancias que reaccionan con el agua generando gases tóxicos).
15. Se constata la inexistencia de habilitación del depósito de agroquímicos por parte de la autoridad de aplicación (Ministerio de Agroindustria).



Fotografía 3 Fotografía 4

16. Se constata la existencia de un depósito de residuos especiales sin habilitar por la autoridad de aplicación (Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible - OPDS).

17. Sustanciación de la causa con testimoniales por parte de la fiscalía y la policía ecológica.

18. Se determina que las pastillas agotadas de fosforo de aluminio fueron dejadas por los empleados en un lugar inadecuado para el almacenamiento de residuos peligrosos (sin techo, sin avenamientos, sin protección de los elementos).

19. Se determina que se genera el incendio por la reacción exotérmica de las pastillas agotadas con agua en momento que comienza a llover, por no estar los residuos peligrosos o especiales resguardados de la lluvia.

20. Autopsia confirma la muerte de la occisa por intoxicación.

21. Elevación a juicio, resultado: condena a 3 años de prisión para los responsables del depósito.

Vemos así que esta causa se compuso de los siguientes elementos para su instrucción y posterior elevación a juicio:

1. Registros documentales existentes y faltantes:

Los registros documentales son los que nos ayudan, como peritos o investigadores de los casos, a complementar los datos de medidas de seguridad o habilitaciones propias de las autoridades administrativas (OPDS, Agroindustria, Secretaría de Energía, según el caso en particular y la autoridad que regula esa actividad en particular) con que contaban los establecimientos donde se generaron los hechos. Por otro lado, las actas de allanamientos, actas de toma de muestra, cadenas de custodia, producidas en el marco de lo actuado judicialmente.

Existentes: registro de llamado a 911, habilitación de la empresa como aplicadora de agroquímicos, libro de guardia del hospital donde ingresó la occisa. Actas de allanamiento, actas de toma de muestra.

Faltantes: habilitación como depósito de agroquímicos. Asesoramiento contra incendio por parte de bomberos oficiales.

2. Declaraciones testimoniales e indagatorias: declaraciones testimoniales de los vecinos, declaraciones testimoniales de los policías que asisten a la emergencia. Indagatoria a los acusados. Estos documentos que figuran en la causa también nos ayudan a reconstruir los sucesos, conectando lo estudiado e investigado en el terreno documental y técnico con lo fáctico.

3. Tomas de muestra:

La toma de muestra es una parte fundamental y debe ser llevada a cabo con mucha precaución, con todos los recaudos legales y técnicos exigidos por norma o ley. Formarán una parte importante de la construcción de la prueba en su elevación a juicio. En este caso:

Fosforo de aluminio agotado: en la empresa, enfrente de la empresa en la vía pública, en la cloaca (sobrenadante). Embolsado y correctamente rotulado para posterior análisis.

Gas fosfina (96): en la cloaca y en los domicilios afectados, con detector electroquímico y colorimétrico, de comprobación in situ en presencia de testigos.

4. Informes periciales:

Estos serán llevados a cabo por expertos en la materia que los ocupa y reflejarán cuestiones específicas en cuanto a las cosas concretas que forman parte de la

investigación. En este caso:

Laboratorio: cotejando el polvo de fosforo de aluminio hallado en la empresa, la calle y el sobrenadante en la cloaca.

Informe pericial con condiciones de depósito: el perito licenciado en Seguridad e Higiene Laboral indica las medidas de seguridad del depósito, las condiciones de riesgo constatadas y los potenciales peligros, así como también consigna las habilitaciones correspondientes obligatorias para este depósito.

Informe médico: autopsia.

Resultado en su juicio oral:

El pedido de la Fiscalía resultó relevante para el Tribunal y en él se apoyó la sentencia. Pero más allá de esto, la jueza Mariana Giménez fue bastante crítica del accionar de la agente fiscal, ya que entendió que, para este caso, al haber decidido esta calificación, se tornó en «juez y parte», ya que le puso un techo a la pena de los imputados. Además, agregó que, en el caso particular, no se trataba de la afectación de una persona, sino de un grupo, ya que son delitos ambientales.

La condena a prisión efectiva por 3 años sobre los hermanos Fernando y Emiliano Cañada, responsables de la empresa fumigadora Shipingsuarence, representa todo un precedente en materia de leyes ambientales en el país, sobre todo en lo que atañe al cumplimiento necesario de las «buenas prácticas» para que el modelo agroexportador, además de rentable, comience a ser más seguro, tanto para el medioambiente como para las personas.

Por unanimidad, el Tribunal que los juzgaba decidió condenarlos por el derrame ocurrido en 2015 en el barrio portuario de Quequén que derivó en la muerte de la joven Melisa Núñez. La condena no fue por la muerte, sino por el delito de infracción al artículo 56, párrafo 1 y 2, de la Ley nacional de Residuos Peligrosos.

Caso 2

Cronología:

1. Se denuncia la contaminación del agua de los acuíferos freáticos puelches con compuestos clorados.

El intendente del municipio denuncia ante el Juzgado federal la contaminación de los pozos de toma de agua para bebida de distribución con compuestos clorados. Se inicia una investigación orientada a determinar la veracidad de lo denunciado por el funcionario, orientado a la empresa denunciada.

2. Se procede a la toma de muestras de aguas en pozos de toma de agua de bebida del municipio, que obtiene el vital elemento del acuífero puelche.

3. Se determina que los pozos tienen los siguientes contaminantes: nitratos, dicloroetano, tetracloroetano, tetracloruro de carbono y Escherichia coli.

4. La policía ecológica oficia a las siguientes autoridades a los efectos de obtener documental administrativo de actuaciones y registros:

Municipio: habilitación municipal de la empresa.

ADA (Autoridad del Agua): permiso de vuelco y antecedentes de denuncias por contaminación de acuíferos, copias de actas de inspección.

OPDS: razón social, FBC (formulario base de categorización), CAA (certificado de aptitud ambiental), efluentes gaseosos, si es generador de residuos especiales, efluentes líquidos, copia de actas de inspección realizadas de 2010 a 2011.

5. Se investiga en Autoridad del Agua la documental de la empresa denunciada, respecto de la contaminación de los acuíferos, existiendo gran cantidad de documentación aportada por ella en estudio que terceriza en empresa especializada en análisis ambientales.

Se lleva a cabo el desglose y la compilación de datos de interés para la causa de 17 cuerpos técnicos.

6. La policía ecológica de la provincia de Buenos Aires elabora un informe con base en la documentación técnica en ADA, OPDS y antecedentes de la causa penal, que se transcriben en parte a continuación:

En el informe Técnico de ADA, se hace constar el tipo de actividad industrial que desarrollaba, para lo cual me remito a la información aportada por la misma empresa, que consta en expediente 2436 año 2009 Alcance 1 Cuerpo 1.

Como se documenta con mayor precisión en los anexos elaborados, surge una coincidencia entre los contaminantes informados por la empresa y procesos históricos de producción que involucran esas mismas sustancias.

A través de las distintas presentaciones realizadas por la empresa, se puede establecer que al día de hoy se detectan contaminantes en los acuíferos subterráneos, a través de determinaciones realizadas en pozos de control ubicados dentro del perímetro de la empresa.

La empresa tiene aprobado por OPDS un proyecto de remediación y también la tecnología para tal fin: extracción de agua del acuífero, aireación en un equipo de contacto para provocar la evaporación de las fracciones volátiles (como el caso de los contaminantes detectados) y filtración (filtro de carbón activado).

El acuífero impactado no tiene bordes físicos definidos y se encuentra altamente influenciado por los distintos puntos de extracción de agua existentes en la zona. El municipio local tiene distintas tomas de agua en las inmediaciones de la empresa y también es posible que existan otras fuentes de extracción no censadas (otras empresas, domicilios particulares). La acción extractiva (la propia de la empresa y de terceros) influye en el comportamiento del acuífero. De hecho, el mismo presenta un gradiente de escurrimiento que presenta una desviación apreciable de acuerdo con lo que se espera de uno no afectado por acciones antrópicas: lo esperable es que tenga dirección predominante hacia el Río de la Plata, su receptor natural. La extracción que se realiza tiene entidad tal que ha llegado a invertir el flujo debido a los conos de depresión que genera.

Debido al efecto mencionado en el párrafo anterior, es posible que la contaminación existente pueda tener algún tipo de impacto en las tomas de agua de la Municipalidad. Téngase presente que estas mismas proveen de agua al sistema de agua corriente.

Atento a que existen indicios concretos de contaminación en el acuífero en la zona de influencia del predio de la empresa, su persistencia en el tiempo, el

hecho que los acuíferos no son cerrados, sino por el contrario tienen un comportamiento aleatorio fruto de la influencia de las distintas bocas de extracción. Cada una de ellas genera un cono de succión, que puede variar dependiendo del caudal de extracción y régimen de funcionamiento de la bomba (tiempo de funcionamiento). Cada una de las bombas modifica el comportamiento del acuífero, por lo cual es muy dificultoso poder establecer en un determinado momento cuál es el área afectada. Como segunda cuestión, el modelo obtenido puede cambiar en el tiempo debido a las influencias cambiantes de las actividades de bombeo en la zona. Debido a estas características, surge que existe un riesgo potencial actual, consistente en que la contaminación presente pueda afectar a las bocas de extracción de agua para consumo humano, refiriéndome a las bombas del sistema de agua potable de la Municipalidad de

A la hora de tratar de establecer la posibilidad de la existencia de un delito, se hace necesario puntualizar algunas cuestiones:

a) Marco legal:

LEY 24051 - ARTÍCULO 55. Será reprimido con las mismas penas establecidas en el artículo 200 del Código Penal, el que, utilizando los residuos a que se refiere la presente ley, envenenare, adulterare o contaminare de un modo peligroso para la salud, el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general.

b) Tipo legal:

b1. Utilización de Residuos: la empresa declara ante ADA que en el pasado se realizaba la manufactura de gases freones, y que entre sus materias primas se usaban sustancias como el tetracloruro de carbono, cloroformo, etc. Son sustancias de origen antrópico, es decir que no existen en la naturaleza. Son de uso poco frecuente en la industria. De acuerdo con el Anexo I de la Ley 24051, le corresponde Y41 solventes orgánicos halogenados.

b2. Los contaminantes presentes no tienen origen en la naturaleza, son fabricados a partir de un proceso de síntesis. La empresa reconoce su utilización en procesos que hoy en día no se realizan.

b3. Los contaminantes detectados tienen la potencialidad de generar un impacto

negativo actual en los acuíferos (pampeano y puelche) mediante la generación de lo que se denomina una Pluma de Contaminantes. Esta no es estática y, por ende, podría alcanzar los puntos de succión de las tomas de agua para consumo. De esta forma se alza como de «modo peligroso para la salud».

c) Construcción de la carga probatoria

c1. A modo de ratificar lo ya informado por la empresa, la presencia de contaminantes en los acuíferos subterráneos, comprobación de un requerimiento particular que exige el Art. 55 de la Ley 24051 que justamente consiste en la «utilización de un Residuo»; se sugiere realizar un muestreo de los pozos ubicados en el interior del predio de la empresa. Téngase en cuenta el análisis de datos realizado por el Licenciado Guillermo Romero, quien se explayó sobre qué pozos tienen registros positivos de presencias de contaminantes y discriminó cuáles tienen un interés pericial. Este estudio permitiría descartar, en principio, otros pozos de la red que, según los informes del administrado, no tendrían trazas de contaminantes y que, en vista del objetivo pericial planteado, no sería indispensable su verificación en esta etapa de la investigación.

c2. Pozos de interés ubicados en el interior de la empresa:

Pozos al acuífero pampeano (según la denominación propia utilizada por la empresa en sus presentaciones a la autoridad del Agua): PD1a, PD2a, PZ1, PZ2, D19, D13, D15, D16, MW11, MW12, EX1, EW1, EW2.

Pozos al acuífero puelche: D24, MW4.

c3. Pozos de explotación de la Municipalidad de.....

Pozo 2 (34° '57,2» S, 58° '4,7» O), calle n° entre y

POZO 3 (34° '43,8» S, 58° '47,2» O), calle y calle, N°

POZO 26 (34° '32,7» S, 58° '6,8» O), calle y calle N°

POZO 90 (34° '37,3» S, 58° '1,9» O), calle N° e/ calle y calle

c4. Cuestiones operativas tomas de muestras:

El muestreo sugerido contempla en esta etapa un máximo de DIECINUEVE EXTRACCIONES. La toma de muestras de un pozo involucra el desplazamiento hacia el objetivo, la disponibilidad del material para alojar las muestras, una bomba de bajo caudal, operaciones previas a la toma de muestras según la técnica analítica (purga del pozo), la toma de muestras propiamente dicha y, finalmente, el cierre del pozo y traslado hacia el objetivo siguiente. Se estima que el tiempo necesario para cada pozo es de al menos UNA HORA.

Logística y recursos: Informo a Ud. que asistí a una reunión preparatoria y me entrevisté con personal jerárquico de la autoridad del Agua. De ella surgió que las muestras serán recibidas por ese organismo para su análisis. Respecto de la toma de muestras en la empresa, el ADA puede disponer de sus recursos en principio, con la salvedad que, debido a que tienen que convocar a la mayoría de sus técnicos y por otro lado cumplir con sus tareas habituales, lo mejor sería que la convocatoria se realice en dos días sucesivos, UN JUEVES y VIERNES, teniendo en cuenta el tiempo que insumirá el trabajo de campo.

La coordinación del procedimiento, tal como se plantea, requiere la presencia de recursos humanos y logísticos. Con respecto al primero, lo esencial es contar con un grupo de tomadores de muestras capacitados para muestreos de sustancias volátiles, con conocimiento de la técnica específica de laboratorio para estos casos. La cuestión se revolverá con el aporte de la autoridad del Agua que cubrirá esa necesidad, no obstante ello, nos han referido de la necesidad de realizar la requisitoria con un tiempo prudente como para que se pueda coordinar la presencia de los actores. Algo similar ocurre con el equipamiento necesario para la cantidad de muestreos programados, preparación de envases en cantidad necesaria y su acondicionamiento, al igual que los elementos necesarios para acceder a los pozos freáticos (bailers, bombas de bajo caudal, termómetros, sondas de profundidad, etc.)

Las cuestiones antes descritas recomiendan realizar el allanamiento en dos jornadas sucesivas, un jueves y viernes, con aviso previo de 48 horas a los fines de organizar eficientemente la presencia de personal y medios para llevar a cabo las tareas programadas. Por último, dejo constancia que el hecho de programar

anticipadamente el procedimiento no favorecería al investigado en el caso que tome conocimiento ante la imposibilidad fáctica existente de realizar la limpieza del lugar del hecho en un período breve.

Medidas propuestas

- 1) El allanamiento del predio industrial circunscripto por Avenida, calle, Avenida y calle de la localidad de, con el fin de realizar toma de muestras de agua de los puntos identificados como PD1a, PD2a, PZ1, PZ2, D19, D13, D15, D16, MW11, MW12, EX1, EW1, EW2; Pozos D24, MW4. Que la medida se realice en dos días sucesivos, un jueves y viernes, habida cuenta la cantidad de muestreos previstos y el tiempo que insume cada uno de ellos.
- 2) Que se convoque a la autoridad del Agua, quien deberá participar con los recursos necesarios para la toma de muestras y posterior análisis de laboratorio, debiéndose entregar las correspondientes contramuestras a los allanados.
- 3) Presentación por parte de la empresa de informes campañas 2017 y 2018 respecto de las tareas de remediación autorizadas por el organismo provincial para el Desarrollo Sostenible.
- 4) Allanamiento de cuatro pozos de extracción de agua del Municipio de ubicados en: POZO 2 (34° '57,2» S, 58° '4,7» O), calle n° entre 13 y 14; POZO 3 (34° '43,8» S, 58° '47,2» O), calle y calle, N°; POZO 26 (34° '32,7» S, 58° '6,8» O), calle y calle, N°; POZO 90 (34° '37,» S, 58° '1,9» O), calle N° e/calle y calle, para la obtención de muestras de agua y posterior remisión al laboratorio de la autoridad del Agua.
- 5) Puntos de pericia: presencia de solventes orgánico halogenados en general, siendo de especial interés las siguientes sustancias:

Tetracloruro de carbono, cloroformo, 1-2-dicloroetano, tricloro etileno, triclorofluorometano, dicloro - difluorometano, ello sujeto a la disponibilidad técnica del laboratorio en cuestión.

7. Se lleva a cabo allanamiento de la empresa en la que practica el muestreo de 17 pozos con conexión al acuífero puelche en busca de los siguientes analitos:

tetracloruro de carbono, 1-1 dicloro eteno.

8. Se comprueba que el agua ha sido contaminada con estos compuestos clorados.

Como conclusión de los resultados el perito informa: las sustancias cloroformo y tetracloruro de carbono, en el contexto analizado, pueden calificarse como residuos peligrosos. Se encuentran valores excedidos en los Pozos PZ1, PD2a, D19, PZ2, EW1 y EW2 con profundidad hasta el acuífero pampeano, es decir, seis de los catorce pozos monitoreados en el interior de la empresa. De los pozos de extracción de agua de la Municipalidad de....., se encontró impactado el pozo N° 3 (muestra B4, altos niveles de cloroformo).

9. Se presentan las dudas por la posterioridad de la promulgación de la Ley 24051 a la contaminación con los compuestos clorados de ambos acuíferos.

Habiendo llevado a cabo un manejo inadecuado de residuos peligrosos desde el año 1969 hasta 1990, el Juzgado federal se ve en la imposibilidad de aplicar lo establecido en el artículo 55 de la Ley 24051, ya que esta es de promulgación posterior al hecho de contaminación.

Caso 3

El presente caso se trata de un vuelco de efluentes líquidos industriales, producto del proceso de obtención de pigmento rojo para pinturas a partir de chatarra en contacto con vapor de agua y ácido sulfúrico. La pericia se desarrolla según las normas vigentes de la provincia de Buenos Aires y de la Nación sobre residuos peligrosos como se contempla el código de procedimiento respectivo. Se hace primeramente una breve descripción del proceso de obtención de pigmento rojo a partir de chatarra, presentando el concepto de pintura y de pigmento como un diagrama de flujo del proceso, para poder identificar en forma clara las corrientes en las que debe tomarse la muestra.

I.a) Pintura

La definición de pintura que describe López Uscategui (2016) es la siguiente: «un recubrimiento o pintura líquida es una mezcla heterogénea de productos que una vez aplicada y seca se transforma en una película continua sin pegajosidad y con las características para las que ha sido concebida» (Calvo, 2011).

b) Pigmentos de óxido de hierro

De acuerdo con Buxbaum (1998), los pigmentos de óxidos de hierro poseen baja toxicidad, estabilidad química y una amplia variedad de colores que van desde amarillo, naranja, rojo, marrón a negro, y un bajo precio, lo que incrementó gradualmente su importancia en el mercado.

El ferrite es un pigmento inorgánico y en su producción se utilizan residuos inertes provenientes de procesos industriales.

c) Proceso de obtención

La obtención de ferrite consiste en una reacción en la que intervienen el vapor de agua, ácido sulfúrico y la chatarra que aportará los iones hierro que producirán el pigmento rojo. El vapor de agua, es decir, agua en fase gaseosa a temperatura de 100°C, aporta temperatura y el sulfúrico aporta que la reacción se desarrolle en un medio ácido. Estas dos sustancias y sus condiciones físicas y químicas inciden en la velocidad de reacción, acelerando el proceso de oxidación de la chatarra.

El agua, en estado líquido, ingresa a una caldera en la que se le aportará calor para que pase de estado líquido al estado gaseoso. El ácido sulfúrico, en estado líquido, se aloja en un tanque de alimentación para que, a través de una bomba, ingrese al reactor. La corriente de vapor de agua se mezcla con el ácido sulfúrico generando un flujo que entra en el reactor.

Las corrientes que entran al reactor son: el flujo de ácido y vapor, y la chatarra. En el reactor se produce la reacción a la velocidad que determinan las condiciones de presión, temperatura y concentración del ácido sulfúrico.

Las corrientes de salida del reactor son: efluentes gaseosos, que no serán de

análisis ni consideración en el presente informe; la escoria agotada, es decir la chatarra que ya no tiene iones hierro para aportar al ferrite; el flujo de ferrite y los efluentes líquidos. Esta corriente de efluentes líquidos es la que será sometida a la pericia propuesta.

Las leyes provinciales que rigen las actividades industriales son: Ley de Radicación y Gestión Ambiental Integral, que corresponde a la Ley N.º 11459, con los decretos reglamentarios, Decretos 1.741/96 y 353/11; la Ley de Residuos Especiales, que corresponde a la Ley N.º 11720, con los decretos reglamentarios 806/97 y 650/11; La ley de Emisiones Gaseosas, que corresponde a la Ley N.º 5965, con el decreto reglamentario, Decreto 3395/96 (97); la Ley de Efluentes líquidos, que corresponde a la Ley N.º 12257, con el decreto reglamentario, Decreto 3.511/07. La Autoridad del Agua (ADA), dependiente del Ministerio de Infraestructura y Servicios Públicos de la provincia de Buenos Aires, es la entidad que emite los parámetros de vuelco a los distintos cuerpos de agua de los efluentes líquidos industriales. Los cuerpos de agua que clasifican las resoluciones de ADA son: colectora cloacal, conducto pluvial o cuerpo de agua superficial, agua subterránea, mar abierto.

El vuelco se produce en el arroyo Giménez, por lo que no corresponde la aplicación de las resoluciones de la Autoridad de la Cuenca Matanza-Riachuelo (ACUMAR), debido a que el arroyo recorre los partidos de Berazategui y Florencio Varela que no están incluidos en el territorio de la cuenca.

d) Diagrama de flujo del proceso, el que se observa en Figura 1:

II. Parte del Cuestionario Pericial

1. Extraer muestras para luego analizar en laboratorio y determinar concentración de hierro.

Diagrama de flujo de la obtención de ferrite para pigmento rojo

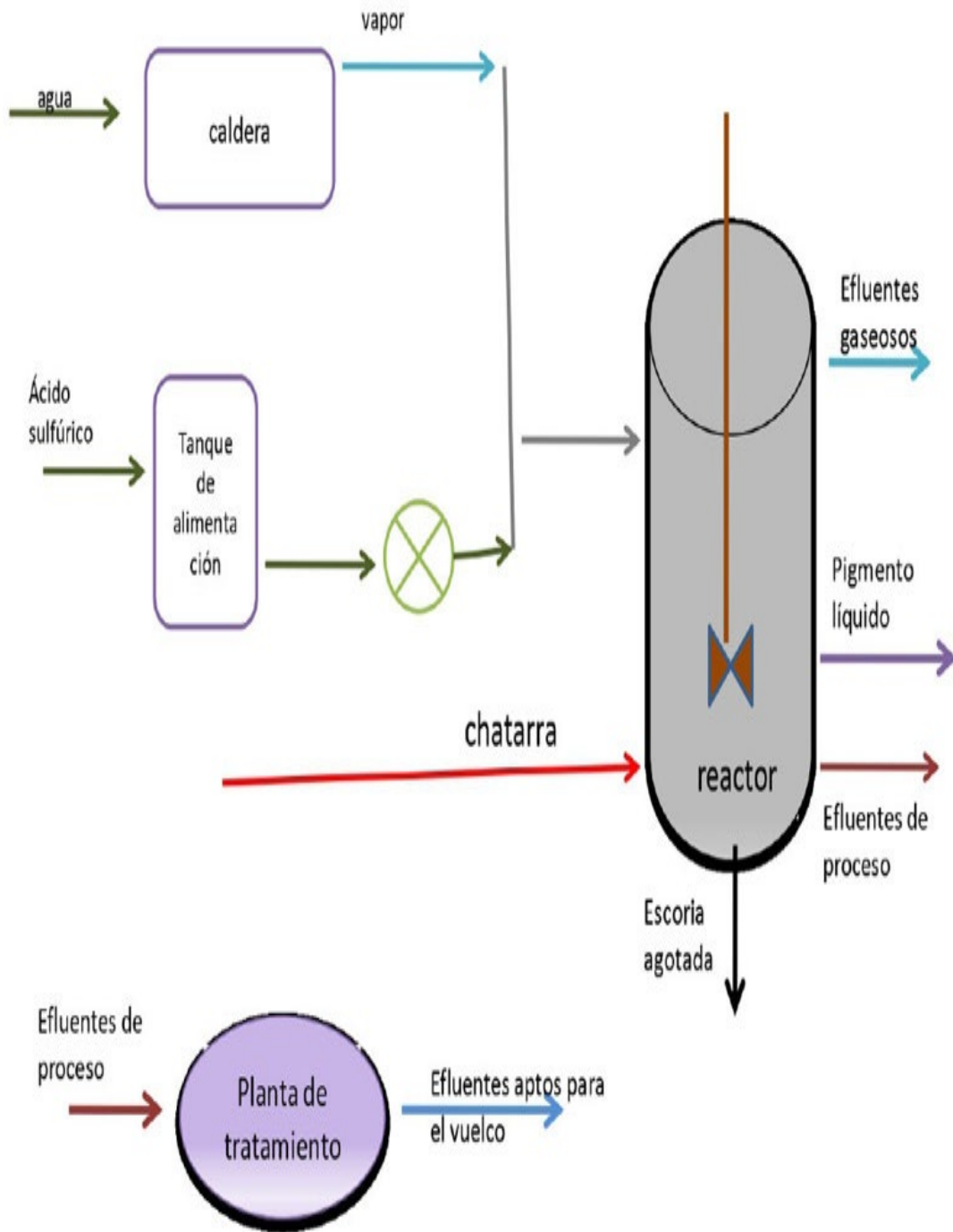


Figura 1

a) Mencionar lugar de donde debe tomarse la muestra (en el caso de determinar vuelco efluente industrial).

El vuelco es de un efluente industrial. La toma de muestra debe realizarse en la corriente que denomino «efluentes aptos para el vuelco», es decir la toma de muestra se debe hacer en el conducto que sea la salida de la planta de tratamiento. El conducto de salida es el que termina en el cuerpo de agua.

b) Establecer las condiciones correctas de empaque e identificación de la muestra.

Las muestras se identifican con precintos de colores y numerados. El frasco que contiene la muestra de líquido debe ser de plástico, con un volumen suficiente para realizar los análisis.

El frasco se introduce en una bolsa transparente de plástico, a la que se le atraviesa un precinto de color y con un número que la identifica. El precinto debe colocarse de forma tal que el frasco no pueda ser retirado de su empaque. El precinto debe atravesar la bolsa. Si el precinto rodea a la bolsa puede adulterarse (Fotografía 5).



Fotografía 5

c) Establecer las condiciones correctas de conservación de la muestra.

Las condiciones de conservación de la muestra refieren a la temperatura de conservación de la muestra, que debe ser a 4°C y pH menor o igual a 2, ajustando con ácido nítrico. En estas condiciones se considera que la muestra conserva la representatividad durante seis meses –para la determinación de metales.

d) Establecer recaudos legales a seguir, acorde a lo estipulado por el CPP (Código de Procedimiento Penal) de la Provincia de Buenos Aires y Nación.

La toma de muestra en el conducto de salida de la planta de tratamiento debe realizarse por duplicado, es decir, debe tener dos frascos identificados con las letras A y B. El propósito de la toma por duplicado es tener una muestra de reserva en caso de ser necesaria una repetición (contramuestra).

Se debe tomar la temperatura de la corriente de salida, debido a que es un valor tabulado por ADA (Tabla 1). Otro parámetro que debe ser medido es el pH del fluido por ser también un valor tabulado. Para que las muestras tengan representatividad, deben conservarse a temperatura determinada y a pH determinado y cumplir la cadena de custodia.

En el informe pericial debe figurar el lugar y la fecha de la toma de muestra y la descripción detallada posible de todo lo observado y realizado como de los recipientes de donde se toman las muestras.

La temperatura de la corriente es mayor de 45°C debido a que la chatarra entra en contacto con vapor. El pH de la corriente es netamente ácido (menor a 2).

Tabla 1. Vista parcial de la Resolución 336/03 de ADA

ANEXO II - PARÁMETROS DE CALIDAD DE LAS DESCARGAS LÍMITES ADMISIBLES

Grupo	Parámetro	Unidad	Código Técnica Analítica	Límites para descarga a			
				Colectora cloacal	Colectora Pluv. o Cuerpo de Agua Superficial (a)	Absorción por el suelo (b)	Mar Abierto
I	Temperatura	°C	2550B	≤45	≤45	≤45	≤45
	pH	upH	4500 H-B	7,0 -10	6,5 -10	6,5 - 10	6,5 -10
	Sólidos Sedim 10 min (2)	ml/L	Cono Imhoff	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
	Sólidos Sedimen 2 horas (2)	ml/L	Cono Imhoff	≤5,0	≤1,0	≤5,0	≤5,0
	Sulfuros	mg/L	4500 S-D	≤2,0	≤1,0	≤5,0	NE(c)
	S.S.E.E. (1)	mg/L	5520 B(1)	≤100	≤50	≤50	≤50
	Cianuros	mg/L	4500 CN C y E	≤0,1	≤0,1	Ausente	≤0,1
	Hidrocarburos totales	mg/L	EPA 418 1 o ASTM 3921- 85	≤30	≤30	Ausente	≤30
	Cloro libre	mg/L	4500 Cl G (DPD)	NE	≤0,5	Ausente	≤0,5
	Coliformes fecales (f)	NMP 100 ml	9223 A	≤20000	≤2000	≤2000	≤20000

2. Cotejar con legislación nacional o provincial comprobando si el vuelco se encuentra dentro de los límites permisibles, teniendo en cuenta que la muestra dio como resultado: 9 mg/l de hierro soluble para cada uno de los casos:

Según la resolución 336/03 de ADA para hierro se puede observar en Tabla 2.

El valor de la muestra es 9 mg/L, por lo tanto, es apta solamente para el vuelco a conducto cloacal y a mar abierto.

3. Redactar sucintamente conclusiones de las prácticas llevadas a cabo, teniendo en cuenta que el punto de pericia requerido es: determinar si la empresa incurre en una infracción al artículo 55 de la Ley 24051, discriminando los casos para 2.a, 2.b, 2.c, y 2.d., todos en el ámbito de la provincia de Buenos Aires.

Tabla 2. Conducto cloacal menor o igual a 10 mg/L / Conducto pluvial o Cuerpo de agua superficial menor o igual a 2 mg/L - Absorción por el suelo menor o igual a 0,1 mg/L / Mar abierto menor o igual a 10 mg/L

Grupo	Parámetro	Unidad	Código Técnica Analítica	Límites para descarga a			
				Colectora cloacal	Colectora Pluv. o Cuerpo de Agua Superficial (a)	Absorción por el suelo (b)	Mar Abierto
II	D.B.O.	mg/L	5210 B	≤200	≤50	≤200	≤200
	D.Q.O.	mg/L	5220 D	≤700	≤250	≤500	≤500
	S.A.A.M.	mg/L	5540 C	≤10	≤2,0	≤2,0	≤5,0
	Sustancias Fenólicas	mg/L	5530 C	≤2,0	≤0,5	≤0,1	≤2,0
	Sulfatos	mg/L	4500 SO ₄ ·E	≤1000	NE	≤1000	NE
	Carbono orgánico total	mg/L	5310 B	NE	NE	NE	NE
	Hierro (soluble)	mg/L	3500 Fe D	≤10	≤2,0	≤0,1	≤101
	Manganeso (soluble)	mg/L	3500 Mn	≤1,0	≤0,5	≤0,1	≤10

El artículo 55 de la Ley 24051 de residuos peligrosos establece:

Será reprimido con las mismas penas establecidas en el artículo 200 del Código Penal, el que, utilizando los residuos a que se refiere la presente ley, envenenare, adulterare o contaminare de un modo peligroso para la salud, el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general. Si el hecho fuere seguido de la muerte de alguna persona, la pena será de diez (10) a veinticinco (25) años de reclusión o prisión.

En el presente caso, la consideración es que el hierro no está incluido como residuo peligroso dentro de las corrientes de desechos clasificados por constituyentes químicos que se identifican desde Y19 a Y45, por lo que no aplica analizar la problemática planteada en el artículo 55.

Las actividades industriales en provincia de Buenos Aires están reglamentadas en la Ley 11459. Allí se establece que una planta industrial debe tramitar un certificado de aptitud ambiental (CAA). El CAA involucra que la empresa presente un protocolo sobre el control de efluentes y se tramita anualmente. El CAA genera el permiso de vuelco, debido a que está relacionado con el volumen de producción. La planta no posee protocolo ni permiso de vuelco. Se concluye que la planta no está apta para operar en condiciones legales.

■

91. Fosfamina o fosfina, a la que se llama también fosfuro de hidrógeno o hidrógeno fosforado. Es un gas incoloro, poco soluble en el agua, que se reconoce por su olor aliáceo y su gran combustibilidad. Al aire arde con llama de color blanco y muy brillante, desprendiendo vapores de ácido fosfórico, según la reacción: $\text{PH}_3 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4$.

92. Tras la inhalación de fosfina, esta pasa a la circulación sanguínea e induce la

liberación de radicales libres que son los causantes de la degradación de los lípidos de la membrana celular y alteran su permeabilidad. Igualmente, bloquea los sistemas enzimáticos encargados del transporte de oxígeno, lo que provoca hipoxia celular por inhibición de la fosforilación oxidativa mitocondrial.

93. La determinación precisa de gas fosfina en la atmósfera, a través de la tecnología de tubos detectores, es de gran importancia para proteger a los operarios que manejan este fumigante y constatar las dosificaciones aplicadas. Se trata de tubos colorimétricos que proporcionan una indicación cuantitativa de la concentración de gas, dependiendo de la longitud de coloración dentro del tubo detector. Este sistema permite detectar y medir todo el rango de concentraciones de gas fosfina, desde menos del nivel permisible para exposición continua o intermitente hasta el usado para combate de plagas. Uno de los sistemas más confiables para detectar fugas y monitorear instalaciones donde pudiera haber exposición de trabajadores u otras personas a la fosfina es el detector electrolítico de difusión de gas. Este equipo tiene un sensor con un sistema de electrodos y electrolito específicamente diseñado para detectar fosfina, dispuesto detrás de una membrana. La fosfina difunde a través de la membrana y reacciona con el electrolito, generando una señal que es linealmente proporcional a la concentración de fosfina en la atmósfera muestreada. La medición se muestra en una pantalla digital del equipo o puede transmitirse a un controlador distante. Algunos equipos disponen de una alarma óptica y sonora, que se enciende cuando el nivel de fosfina en la atmósfera muestreada rebasa ciertas concentraciones preestablecidas.

94. Una vez iniciada la descomposición del fosfuro de aluminio, la pastilla de color gris empieza a tornarse menos brillante hasta tomar un color gris mate polvoso. En la etapa final, se expande y desintegra dejando un montículo de polvo de un volumen unas 5 veces mayor al original. Este residuo debe ser manipulado con extrema precaución pues existe la posibilidad de que no haya reaccionado completamente.

95. Los productos de la División 4.3 reaccionan con el agua, ya sea en estado

líquido o en vapor, y generan un gas inflamable. Pueden arder por el calor de la reacción. Deben conservarse en recipientes estancos al agua, herméticamente sellados para evitar la entrada de humedad o vapor de agua.

96. Más detalles sobre la prevención de intoxicación y explosiones por fosfina durante la fumigación, ver en: https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/99-126_sp/default.html

97. Al presente reemplazado por el Decreto 1074/18.

PARTE 2. Análisis de jurisprudencia

Las cuestiones ambientales, al igual que un sinnúmero de conflictos en donde se ponen de manifiesto los desafíos y las incógnitas que surgen a partir de las nuevas tecnologías, los impactos en la salud de los avances científicos, o la incorporación y utilización masiva de nuevas sustancias y compuestos en la vida diaria, productos de la sociedad moderna e industrializada, representan, como lo hemos destacado a lo largo de esta obra, un reto conceptual significativo para las ciencias jurídicas, el sistema judicial en su conjunto y las personas que integran sus instituciones.

La expresión de Ulrich Beck de que vivimos en una sociedad de riesgo, signada por los avances científicos y técnicos, con una mayor convivencia urbana y un sistema económico con sustento en tecnologías cada vez más sofisticadas y complejas, no hace más que describir acontecimientos que vienen produciéndose in crescendo desde los albores de la Revolución Industrial (98).

Si la justicia antigua recurría solo en forma esporádica a los aportes de la ciencia para resolver pleitos y hacer justicia, dependiendo en su vasta mayoría de formulaciones rituales y presunciones formales fijadas en los códigos o los precedentes, aun cuando estas podían tener una base racional, la irrupción de la ciencia en los inicios de la era moderna implicó un cambio también radical para las instituciones de gobierno y administración de la Justicia.

Ya en el siglo XIX, lanzada a pleno la Revolución Industrial con sus desafíos de maquinismo, procesos fabriles y producción masiva, se comienza a virar sutilmente el sistema de adjudicación de responsabilidades por daño. Mientras que en la antigüedad y hasta bien avanzada la historia moderna, imperaba el régimen desarrollado tanto por el derecho romano como por el derecho consuetudinario anglosajón, en donde la responsabilidad por un daño derivaba casi siempre de una conducta reprochable a una persona denominada culpa subjetiva en base a una voluntad explícita (dolo) o negligencia (culpa), la modernidad impone un sistema de adjudicación de responsabilidades en base a criterios objetivos, prescindiendo de los factores subjetivos de los eventuales responsables humanos.

La razón es sencilla y ha sido abordada por diversos juristas a lo largo de los últimos tiempos: la sociedad moderna ha multiplicado los factores de riesgo, sea por la complejidad de la vida moderna, sea por la multiplicación de los factores de riesgo, sea porque los elementos de voluntad de las personas inciden cada vez con menor gravitación en las cadenas de responsabilidad por hechos que producen daños cualquiera sea su naturaleza.

La aparición de la responsabilidad objetiva como factor cada vez más importante a la hora de resolver casos judiciales en donde dominan las cuestiones de tecnología, riesgos, condiciones de trabajo, o calidad de materiales, trae como una consecuencia lógica que los tribunales, además de manejar las situaciones jurídicas involucradas, deban conocer también qué sucede con los objetos, materiales, sustancias o factores de riesgo bajo litigio.

La evolución de la jurisprudencia a lo largo de los últimos tiempos ilustra este fenómeno con claridad, incluso con una evolución en la sofisticación y una conversión de las reglas del procedimiento aplicable, que no hace más que reflejar la mudanza hacia una lógica en la que la interdependencia del derecho y la ciencia se presenta con contundencia cada vez mayor. En los siguientes párrafos describiremos muy someramente algunos casos, tanto del derecho comparado, como del derecho argentino, que ilustran este fenómeno con claridad:

Rylands vs. Fletcher

En 1868, la Cámara de los Lores en Gran Bretaña resolvió que existió una responsabilidad por parte del consorcio demandado al haber inundado, por razones operativas, sus yacimientos mineros, sin tomar los recaudos y llevar adelante las labores de impermeabilización para evitar las filtraciones a otros yacimientos lindantes, que provocaron la inundación de las galerías. La introducción de una sustancia o de aguas a una propiedad lindera, con afectación a terceros, más allá de la culpabilidad o no de los dueños de la propiedad desde donde egresaron las aguas, se constituye en un factor de riesgo y constituye el elemento para provocar la responsabilidad por este caso de daño entre predios linderos (99).

En el ámbito internacional, los aportes de la ciencia para la solución de controversias referidas a la gestión de recursos naturales se fueron consolidando en paralelo y en acompañamiento al crecimiento en el peso de los conflictos en el plano jurídico. En algunos casos, los conflictos transitaron por el sendero de los intercambios diplomáticos, acompañados por disputas más agresivas con ejercicio de la fuerza. En otros casos, la ciencia y el conocimiento técnico inspiraron y nutrieron soluciones consensuadas que desembocaron en arreglos institucionales a largo plazo. El conflicto producido entre Sudán y Egipto hace un siglo es un ejemplo de estos conflictos ambientales de naturaleza emergente que vinieron a cambiar las reglas históricas por las cuales se resolvieron las disputas entre naciones por el uso del agua, con base en la preexistencia de los usos (en beneficio de los usuarios históricos y más allá de cualquier criterio ético o razonamiento basado en conocimientos hidráulicos o biológicos), por una noción de uso equitativo y razonable de acuerdo con pautas objetivas y basadas en el conocimiento, aceptada por la comunidad internacional en la actualidad. Ambos países suscribieron un Tratado en 1929 con cuotas asignadas a ambos países según criterios hidrológicos, matizados por los usos históricos con base en una noción de equidad (100).

Trail Smelter

Otro caso sonado, enseñado en casi todas las escuelas de Derecho y de Relaciones Internacionales en el mundo, hito además por los aportes que se hicieron desde la ciencia, la técnica y la utilización extensiva de peritos y expertos durante las argumentaciones, es el conflicto Trail Smelter, que eventualmente concluyó en un laudo arbitral entre Canadá y EE.UU. a comienzos de la década del 40 del siglo pasado, luego de las primeras denuncias y hallazgos de molestias en 1909. Estas instancias iniciales fueron seguidas por un primero fallo insatisfactorio para los afectados norteamericanos, en virtud del carácter internacional que invocaban, sin legitimación para actuar ante los tribunales canadienses, y la conformación posterior de una Comisión Conjunta entre EE.UU. y Canadá para buscar soluciones al conflicto. Esta Comisión Conjunta emitió un informe técnico en 1931, identificando los puntos en disputa y las cuestiones científicas para ser profundizadas, con el sometimiento del diferendo a un proceso arbitral luego de 1935 (101).

El caso, amén de ser un clásico de los litigios entre estados por causa de la contaminación transfronteriza atmosférica, planteó muchos de los temas que hasta hoy son debatidos en litigios ambientales, desde el aporte de los contaminantes y su caracterización precisa, los efectos sobre la salud y la vegetación, el nexo causal y la identificación de fuentes responsables, hasta el cálculo y la precisión de los daños al ambiente y los remedios o medidas de mitigación para ser incorporados a futuro con fines correctivos. Trail Smelter, además, es uno de los primeros casos en los cuales las partes en conflicto sustentaron sus reclamos y defensas en labores técnicas, estudios de campo, material científico, y el apoyo de peritos y expertos a lo largo de cada una de las instancias involucradas hasta el laudo final (102).

El caso Trail Smelter marca, sin duda alguna, un hito en el derecho internacional en casos en los cuales se ventilan cuestiones ambientales, altamente dependientes de los aportes y fundamentos científicos.

Antecedentes en Argentina: El caso «Saladeristas»

En nuestro país, unos años antes del arbitraje Trail Smelter, la Corte Suprema se pronunció en uno de los primeros casos que se pueden considerar «ambientales» que se plantearon en los tribunales con una sentencia en favor de la salud y en defensa de una concepción emergente, aunque embrionaria, en defensa del bienestar colectivo. El caso tuvo secuelas reiteradas a lo largo de la historia, con circunstancias de notoriedad incluso hasta nuestros tiempos, por tratarse de un curso de agua tan maltratado y deteriorado por causa de la actividad humana desaprensiva, como es el Riachuelo.

«Saladeristas», como se conoce al caso «Saladeristas José y Jerónimo Podestá y otros c/Provincia de Buenos Aires» llega a la CSJN en instancia de apelación de los llamados saladeristas de Barracas, empresas establecidas en la desembocadura del Riachuelo, luego de cuestionar las reglamentaciones impuestas por la Provincia en ejercicio del Poder de Policía en materia sanitaria que obligan a emplazar la radicación de los establecimientos de faena y saladero de carne a una distancia mínima del curso de agua, estableciendo, además, restricciones a la disposición de material y desechos orgánicos al río (103).

Más allá del abordaje de los alcances y la razonabilidad en el ejercicio del Poder de Policía, por el cual es quizás más conocido el caso «Saladeristas», su lectura nos ofrece una rica lección sobre la forma en la cual la Corte arriba a su decisión, contando para ello con informes de las áreas especializadas de la administración pública y una activa participación de la Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires en lo constituye un ejemplo ilustrativo de una función pericial o de aportes por parte de los expertos científicos en la toma de la decisión final, y convalidaría las medidas higienistas de la Provincia.

El fallo de la Corte, en forma llamativamente similar a sus intervenciones un siglo y medio más tarde, fue además antecedente para cambios legislativos tendientes a introducir medidas de tutela a los recursos naturales. Luego de la sentencia de la Corte, el Congreso de la Nación sancionó en 1891, la Ley 2797, prohibiendo los vertidos contaminantes a los cursos de agua de la Nación, originados tanto en desagües cloacales como en vertidos provenientes de industrias, a su vez instando al Poder Ejecutivo a desarrollar los estudios técnicos necesarios para establecer el mejor sistema de depuración de los efluentes cloacales de las ciudades de Rosario y Buenos Aires (104).

La jurisprudencia y los casos ambientales en tiempos recientes

Adelantado el siglo XX y transitando los tiempos de la posguerra, el mundo desarrollado protagoniza un cambio social profundo, con cuestionamientos hacia los modelos de desarrollo económico basados en una industrialización que se percibe perjudicial para la calidad ambiental y con riesgos para la salud humana y animal. Este descontento alimenta un movimiento global espontáneo que pregona cuestionamientos hacia las consecuencias de la industrialización, levantando las banderas de la defensa del ambiente y la protección de la naturaleza.

El nacimiento de la conciencia ambiental entre la sociedad civil en algunos países europeos, EE. UU, Canadá y otros en América Latina, como Colombia, México e incluso Argentina, fue el antecedente para la sanción de una ola de leyes de corte ambiental, algunas de las cuales son verdaderos hitos en el derecho ambiental, como es la NEPA de 1969 norteamericana. Los movimientos

ambientales, en algunos casos representados y organizados como organizaciones no-gubernamentales u ONG, y en otros, como coaliciones amplias de académicos, activistas y personas identificadas con la causa ambiental, comienzan a llevar sus reclamos a los estrados judiciales.

En algunos casos, esta judicialización de la defensa del ambiente se lleva a cabo con las herramientas legales existentes, como es el caso de la figura del Nuisance del derecho anglosajón, usado en los países del common law desde los tiempos de Rylands vs. Fletcher, o su similar del derecho romano, el voisinage o exceso a la normal tolerancia entre vecinos. En otros casos, las nuevas normas dictadas en diferentes partes del mundo, en respuesta a los reclamos colectivos por una mejor calidad ambiental, son el sustento conceptual y legal para una onda de judicializaciones de conflictos ambientales en temas tan variados como el uso de sustancias químicas, el saneamiento de pasivos ambientales en predios contaminados, la contaminación de aguas o el deterioro de calidad de aire. Son también los tiempos en los cuales algunas organizaciones ambientalistas salen en defensa de la fauna, la flora y la protección de áreas protegidas.

En EE.UU, los litigios de organizaciones como la Natural Resources Defense Council (NRDC) o Environmental Defense Fund (EDF) marcaron el sendero de acciones judiciales con un creciente aporte e incidencia de las pruebas científicas, y los aportes de los peritos y especialistas provenientes de los campos de la biología, la química, las ciencias climáticas, la medicina toxicológica o la ingeniería.

En la República Argentina, el activismo judicial y la irrupción de los casos ambientales ante los estrados judiciales se produce con posterioridad a la ola de conciencia ambiental y reformas legislativas protagonizadas en los países desarrollados. El fenómeno no es casual, las normas sancionadas en los años 60 y 70 en los países industrializados dispararon su implementación efectiva ante los tribunales, en muchos casos acompañados por previsiones legales que empoderaron a la ciudadanía para actuar ante los tribunales, ya sea con mecanismos específicos de acciones ciudadanas, ya sea ampliando la legitimación activa para actuar ante los estrados.

Pasivos ambientales: el caso del Superfondo norteamericano

En EE.UU., por ejemplo, la denominada Ley del Superfondo o CERCLA, sancionada en 1980, fue el origen de un conjunto de litigios que tuvieron como protagonistas activos a los peritos científicos para su resolución. El régimen se ha convertido en una suerte de nave insignia para el abordaje de pasivos ambientales y su remediación en todo el mundo, incluyendo las prácticas y manejos asociados como son las buenas prácticas en remediación, o los criterios basados en riesgos de usos futuros para el predio o activo en cuestión, o el desarrollo de modernos sistemas de gestión de activos físicos.

Algunos casos sonados vinculados al Superfondo son:

El caso Hardage (United States vs. Hardage): este es quizás uno de los ejemplos más sonados de un rol proactivo de la Justicia en casos ambientales, incluso corrigiendo o enmendando los criterios de remediación impuestos por la autoridad regulatoria, la EPA. Los tribunales, en este caso, rechazaron las propuestas técnicas de remediación de suelos planteadas por la administración, imponiendo en su lugar las modalidades sugeridas por otros actores en la disputa, a instancia de sus peritos y expertos técnicos (105).

El caso Murtha (B.F. Goodrich Co vs. Murtha): este planteó la responsabilidad de los municipios por la descontaminación de predios afectados por una mala gestión de residuos sólidos urbanos. En un principio, los gobiernos locales invocaron una exclusión de responsabilidad en virtud de considerar que los residuos sólidos urbanos excluían de facto la responsabilidad por residuos o sustancias peligrosas. El tribunal interviniente en el caso Murtha, atendiendo al reclamo de algunas de las partes, con base en los peritajes y la caracterización científica, determinó que la presencia de sustancias peligrosas en las corrientes de desechos de los residuos bajo gestión municipal tornaba responsable a esta por su manejo (106).

Son conocidos también los litigios norteamericanos derivados de la presencia de pinturas con contenidos de plomo, equipos con asbesto o amianto en edificios, o incluso otras sustancias como PCBs en equipos eléctricos como transformadores. Con posterioridad a estos litigios, en EE.UU. surgió la preocupación por los aceites dieléctricos en nuestro país, dando lugar a la sanción de la Ley de Presupuestos Mínimos para la Gestión de PCBs (Ley 25670), también en medio de reclamos judiciales por los efectos en la salud de las comunidades afectadas.

En forma mucho más cercana en el tiempo y en un claro indicio de las circunstancias que fortalecen el papel que necesariamente debe jugar la ciencia en casos de esta naturaleza, surge la polémica por la contaminación en la comunidad de Flint, Missouri, a causa de la contaminación con plomo en las redes de agua corriente. El caso, sin perjuicio de su actualidad en el tiempo y las implicancias sociológicas vinculadas a los cambios históricos producidos en la región en los últimos años, resulta de alto interés por la importancia que tuvo y tienen los estudios científicos y los trabajos toxicológicos en el campo. Flint, en su era de oro, llegó a tener una población de 200.000 habitantes y fue la cuna de la firma General Motors. Con el ocaso de la industria automotriz y la desindustrialización asociada con los cambios económicos en la economía global, la comuna sufrió un achicamiento de su población a la mitad, con alta desocupación acompañada de crisis financiera para las autoridades locales y la consiguiente reducción de los gastos en servicios de saneamiento básico. Con el fin de proveer agua potable a la red y reducir costos, pendiente la finalización de algunas obras, la comuna cambió la fuente de agua desde el sistema original de Detroit, a una extracción directa del Río Flint, más próximo a la comuna. La alteración en el pH del curso de agua y la falta de instalación de inhibidores de corrosión ocasionó la disolución de iones de plomo en sistemas de conducción antigua en algunos distritos. Como consecuencia, comenzaron a aparecer pacientes con síntomas de intoxicación e inhibiciones neurológicas. Diferentes estudios fueron contundentes en demostrar el nexo entre la contaminación y la afectación a la salud (107).

En 2016, el Estado declaró un estado de emergencia sanitaria, seguido luego por un acto similar por parte del presidente Obama, invocando los poderes de emergencia bajo el FEMA (Federal Emergency Management Act). Luego de detectarse altos niveles de plomo en unos 12000 menores de edad, se iniciaron diversas acciones judiciales penales y civiles por negligencia en cabeza de los responsables de la administración de aguas locales y de los organismos estatales, y de la propia EPA. Algunas imputaciones de tipo penal han sido desechadas, sin perjuicio de la continuidad de las acciones de restauración ambiental, incluido el reemplazo de los sistemas antiguos de conducción de plomo. El papel de los estudios técnicos y periciales ha sido instrumental en la resolución del fondo de la cuestión, más allá de su conclusión en términos formales legales y las secuelas políticas que ha tenido el caso (108).

Argentina: algunos casos emblemáticos. Jurisprudencia ambiental

En nuestro país, la aparición de la legislación ambiental y la mayor receptividad de los tribunales a tomar reclamos y pedidos de ciudadanos e interesados o afectados en forma directa por cuestiones ambientales se produce con posterioridad a lo acontecido en Norteamérica. La litigiosidad ambiental en Argentina y América Latina es un fenómeno que tiene sus orígenes a fines de los años setenta y comienzos de los años ochenta, en parte en coincidencia con la vuelta de las instituciones democráticas, el crecimiento de la conciencia ambiental y la aparición de una nueva generación de normas ambientales concebidas según las experiencias legislativas desarrolladas unos años antes en los países industrializados donde irrumpió primero la agenda ambiental. Al igual que en otras latitudes, algunos casos jurisprudenciales son emblemáticos de esta evolución y del rol cada vez más relevante que ocupan los peritos y expertos en su resolución.

A fines de los años 80, se plantea un caso de contaminación de suelos y de aguas subterráneas en forma persistente y durante un tiempo largo en un predio industrial en el Gran Buenos Aires con consecuencias sobre los recursos naturales, pero, en forma quizás más relevante, con afectación a los pobladores vecinos, con consecuencias negativas para la salud de los accionantes. El caso «Opalinas Hurlingham» reviste relevancia por ser uno de los primeros casos en ser ventilados ante los estrados en los tiempos de la moderna legislación ambiental, pero también, desde la óptica con la cual encaramos el presente trabajo, por la importancia que tuvieron las pericias toxicológicas usadas para rastrear el flujo de contaminantes en el medio natural y la relación causal con la salud humana (109).

En similar línea, otro caso emblemático que se inicia a comienzos de los años 90 —y transcurren luego los años posteriores las instancias de apelación, planteo de remediaciones, caracterización de tareas de recomposición y finalmente una reconversión conceptual atendiendo a los cambios legislativos posteriores, con sentencia en 2019—, es «Subterráneos de Buenos Aires c/Shell» (110). El caso reviste importancia no solo por los actores involucrados y porque las circunstancias del derrame de hidrocarburos al suelo se produjeron en la zona próxima a una estación de subterráneos en el medio de una ciudad densamente poblada, sino también por las implicancias prácticas que trajo aparejada la

solución propuesta en la sentencia inicial, y, por sobre todo, por el papel clave que jugaron los peritos y expertos de parte y nombrados de oficio por el juez durante el pleito. Intervinieron, además, cuerpos docentes y especialistas de la Universidad de Buenos Aires, junto a técnicos del INTI.

En un principio, la causa, oída con bastante anterioridad a la sanción de las leyes de presupuestos mínimos, se sostuvo jurídicamente en la Ley de Residuos Peligrosos (Ley 24015) y los preceptos del Código Civil de Vélez Sarsfield en materia de daños en cuanto a la bilateralidad de las partes en disputa y con base en la responsabilidad objetiva del artículo 1113. Al igual que en otros casos, como «Opalinas», la noción de daño ambiental (entendido como daño a los recursos naturales en forma autónoma o como afectación a los bienes colectivos) tiende a superponerse con los daños en sentido tradicional, cuando estos son la consecuencia de una afectación a la salud o a los bienes, a través de un medio o recurso natural.

Las remediaciones ordenadas con base en las pericias llevadas a cabo, si bien inobjetables desde lo teórico, se tornan impracticables desde la vida real, por ejemplo, considerando los volúmenes de suelo a ser removidos y reemplazados, más allá de cualquier estimación de costos y beneficios. Dado que el lugar se encuentra en una de las arterias más transitadas de la Ciudad autónoma, es perfectamente imaginable el trastorno que implicaría un cierre total para llevar a cabo la logística de remoción de suelos.

En virtud de estas dificultades desde lo práctico, enfrentando en cierta forma la realidad socioeconómica del contexto y la virtualidad del marco normativo, además de los cambios y la evolución producida en el derecho en las dos décadas intervinientes, el juez a cargo de la ejecución de la sentencia en sus tramos ulteriores toma una decisión en 2019, modernizando y aggiornando los términos del pleito a las circunstancias actuales. Ordena reconducir la causa como un juicio de incidencia colectiva, aparta a Subterráneos de Buenos Aires como actora, reemplazándola con un sujeto colectivo de afectados, los habitantes de la Ciudad de Buenos Aires; ordena seguir con las tareas de remediación y aborda la integración del Fondo de Compensación Ambiental, en los términos de la Ley 25675 (111).

El caso Reconquista

Otro caso que marcó un hito en el abordaje judicial de los temas ambientales remarcando a su vez el papel central de la ciencia, tanto en la investigación como en la resolución, es el conjunto de investigaciones llevadas a cabo en la cuenca del río Reconquista con el fin de determinar la posible infracción a la Ley 24051 y el inicio de causas criminales contra los responsables de las empresas involucradas. Estrictamente hablando, la causa reúne varias actuaciones, aunque se las conoce popularmente como «la causa del Reconquista» (112).

Los casos asociados a «Reconquista» fueron de importancia en la jurisprudencia argentina, en gran medida por ser los pioneros en aplicar las secciones penales de la Ley de Residuos Peligrosos, aun cuando el éxito haya sido relativo. También tuvo una enorme importancia al ofrecer a la justicia una oportunidad de desentrañar la relación entre los permisos y autorizaciones administrativos, el daño al ambiente, y la culpabilidad de funcionarios y ejecutivos dentro de las organizaciones y empresas. Sin embargo, lo más trascendente de la experiencia ha sido seguramente la puesta de relieve e importancia que tienen los peritos, los procesos de toma de muestra y los aportes de la ciencia al proceso ambiental.

Un caso mucho más reciente en el tiempo, rodeado además de fuertes polémicas por sus implicancias políticas y económicas además de las ambientales, ha sido el caso de las represas hidroeléctricas planificadas sobre el Río Santa Cruz. El caso se origina en una acción de amparo presentada por una organización ambientalista, objetando la falta de estudios ambientales conforme a la legislación ambiental nacional, entendiéndose que las obras pueden afectar negativamente a la biodiversidad del río, con especies únicas y endémicas, además de tener consecuencias deletéreas para los glaciares próximos dentro de la órbita de la Administración de Parques Nacionales. Amén de las aristas del caso desde la óptica del derecho constitucional, en cuanto al deslinde de potestades entre la Provincia y la Nación, y las polémicas suscitadas por la legislación aplicable, el caso derivó en la realización de audiencias ante el Congreso de la Nación, en donde los proponentes efectuaron estudios profundizados referidos a los problemas ambientales invocados. El caso fue resuelto por la Corte Suprema con una lógica similar a otros conflictos ambientales, delegando la ejecución de las medidas dictadas en un Tribunal Inferior, a cuyo cargo estuvo la revisión de los nuevos estudios y profundización de los existentes. Existe un consenso respecto de que, más allá de las polémicas ocasionadas por el proyecto en sí, la intervención judicial permitió corregir y

mejorar el diseño original del proyecto desde lo técnico (113).

Los casos señalados son apenas una muestra de los hitos que ha tenido la Justicia en las últimas décadas en las que la evolución del derecho ambiental ha crecido de manera exponencial, acompañado en todo momento por los peritos y científicos quienes han aportado racionalidad y medios probatorios para las definiciones complejas requeridas.

La causa «Mendoza», en este sentido y ya analizado en otras partes de la presente obra, es una fiel representación de la manera en la cual la justicia ha debido incorporar los aportes de la ciencia y de diferentes especialistas en la formulación de respuestas prácticas y efectivas, además de estar conforme a derecho. Más aun, «Mendoza» ha recibido la denominación de causa, litigio o proceso de «naturaleza estructural», por cuanto su resolución requiere muchas veces la formulación de planes y programas desde diferentes ámbitos de la administración pública, diferenciándose de las sentencias clásicas del mundo del derecho, en donde el fallo final agota el proceso y desvincula al órgano judicial del seguimiento en el tiempo y de la necesidad de «meterse en el fango de la gestión práctica», como ha sido la experiencia de la Corte y de los jueces a cargo de la ejecución de la sentencia dictada en 2008.

La Corte Suprema de Justicia elaboró una reseña en 2016 con algunos de los hitos más relevantes en materia ambiental que resume en cierta forma muchos de los puntos de interés para un perito o experto activo en una causa de índole ambiental, que complementan la extensa lista de antecedentes que existen en nuestro país, más allá de los ejemplos citados (114).

Así, por ejemplo, por campos temáticos se destacan los siguientes casos, a modo ilustrativo:

Biodiversidad

Salas, Dino y otros c/ Salta, Provincia de y Estado Nacional s/ amparo.

Competencia ambiental

Roca, Magdalena c/ Buenos Aires, Provincia de (16/05/1995 - Fallos: 318:992).

Tonconogy, Julio Alberto c/ Buenos Aires, Provincia de y otra (07/03/1995, Fallos: 318:992).

Eco-clines Sociedad Anónima c/ Provincia de Mendoza (07/04/1999 - Fallos: 322:617).

Gradin, Jorge v. s/ Inhibitoria (28/02/1995 - Fallos: 318:244).

Papel Prensa S.A. c/ Estado Nacional (Buenos Aires, Provincia de, citada 72 3) s/ Acción meramente declarativa, CSJ 1045/2007 (43-P)/CS103/11/2015 Fallos: 338:1183).

Comisión Vecinal Playas de Quequén c/ Buenos Aires, Provincia de y otros (20/11/2007 - Fallos: 330:4851).

Competencia penal

Averiguación s/ Pta. infracción Ley 24051 - (04/05/1995, Fallos: 318:854)
Lubricentro Belgrano s/ inf. Ley 24051 (15/02/1995 - Fallos: 323:163).

Actuaciones remitidas por Fiscalía Única de Jáchal s/ con Motivo de la Denuncia de Saúl Argentino Zeballos y denuncia de Fiscalía de Estado – Denuncia Defensoría del Pueblo Competencia CSJ 4861/2015/CS1 05/05/2016.

Daño ambiental

Líneas de Transmisión del Litoral s.a. / Litsa v/ Corrientes, Provincia de (18/11/1999- Fallos: 322:2862).

Pesquera leal s.a. c/ estado nacional - Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (19/10/2000).

Almada, Hugo Néstor c/ COPETRO S.A y otro (27/02/2001 – Fallos: 324:436).

Comunidad Indígena del Pueblo WicHi Hoktek t'oi c/ Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable (08/09/2003 – Fallos: 326:3051).

Municipalidad de Magdalena c/ Shell Compañía de Petróleo Sociedad Anónima, Shiffarts Gessell - SHaft m.s. Primus co. (19/11/2002 – Fallos: 325:3051).

Asociación Superficiarios de la Patagonia c/ Y.P.F. S.A. y otros s/ incidente de medida cautelar.

Glaciares

Barrick Exploraciones Argentinas S.A. y otro c/Estado Nacional s/Acción Declarativa de Inconstitucionalidad Fecha: 4/6/2019.

Minera Argentina Gold S.A. y otro c/ Estado Nacional s/Acción Declarativa de Inconstitucionalidad Fecha: 4/6/2019.

Minería y ambiente

Villivar, Silvia Noemí, c/ Provincia de Chubut y otros (17/04/2007 - Fallos: 330:1791).

Fundación Ciudadanos Independientes c/ San Juan, Provincia de, Estado Nacional y otros s/ acción ambiental meramente declarativa. CSJ 121/2009 (45-F)/CS1 20/09/2016.

Custet Llambi, María Rita -Defensora General- s/ amparo. CSJ 2810/2015/RH1 11/10/2016.

Martínez, Sergio Raúl c/ Agua Rica Llc Suc. Argentina y su propietaria Yamana Gold Inc. Y Otros s/ acción de amparo. CSJ 1314/2012 (48-M)/CS1 02/03/2016.

Cruz, Felipa y Otros c/ Minera Alumbreira Limited y Otros/ Sumarísimo CSJ 154/2013 (49-C)/CS1 23/02/2016.

Vargas, Ricardo Marcelo c/ San Juan, Provincia de y Otros s/ Daño Ambiental, CSJ 175/2007 (43-V)/CS1 01/09/2015 Fallos: 338:811.

Actuaciones remitidas por Fiscalía Única de Jáchal s/ con motivo de la denuncia de Saúl Argentino Zeballos y denuncia de Fiscalía de Estado - Denuncia Defensoría del Pueblo Competencia CSJ 4861/2015/CS1 05/05/2016.

Recursos hídricos y humedales

Defensor del Pueblo de la Nación c/ Estado Nacional y otra (Provincia del Chaco) s/ proceso de conocimiento. 18/11/07, Fallos 330:4134.

Kersich, Juan Gabriel y otros c/ Aguas Bonaerenses S.A. y otros s/ amparo.

Asociación Civil Protecc. Ambiental del Río Paraná Ctról. de Contam. y Restauración del Hábitat y Otro c/ Carboquímica del Paraná S.A. y Otro/a s/ Amparo CSJ 3570/2015/CS1 29/03/2016.

Majul, Julio Jesús c/ Municipalidad de Pueblo General Belgrano y otros s/Acción de amparo ambiental Fecha: 11/7/2019.

La Pampa, Provincia de c/ Mendoza, Provincia de s/Uso de Aguas - Fecha: 22/5/2018.

La Pampa, Provincia de c/ Mendoza, Provincia de s/ Uso de Aguas. 23 CSJ 243/2014 (50-L)/CS1

01/12/2017.

Nordi, Amneris Lelia c/ Buenos Aires, Provincia de y otros s/ Daño Ambiental - Fecha: 29/8/2019.

Referencias bibliográficas

Buxbaum, G. (1998). *Industrial Inorganic Pigments*, Second Edition. John Wiley & Sons.

Calvo Carbonell, J. (2011). *Pinturas y Recubrimientos: Introducción a su tecnología*. [Libro en línea]. Recuperado el 25 de junio de 2020 de: <https://books.google.co.ve>

López Uscategui, D. E. (2016). *Síntesis de pigmentos de hierro a partir de los lodos rojos generados por la Industria CVG Bauxilum, CA (Master's thesis)*. Recuperado el 26 de junio de 2020 de: <http://www.riuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/123456789/4096/1/delopez.pdf>

▪

98. Ulrich Beck, celebre sociólogo de la Universidad de Múnich y de la London School of Economics y autor de *La sociedad del riesgo: hacia una nueva modernidad*, acuñó la expresión que se tornó masiva en los análisis de situaciones propias de la economía moderna, junto a otros académicos y referentes de la ciencia, la economía y el derecho, como Anthony Giddens y Cass Sunstein. Este último argumenta que vivimos en sociedades donde los riesgos parecen haberse multiplicado, sin perjuicio de lo cual existen sesgos cognitivos que maximizan ciertas situaciones a la vez que minimizan otras. Para Sunstein, a diferencia de Beck, existen los riesgos objetivos, que deben ser sujetos a planificación rigurosa, y los riesgos subjetivos, la mayoría de ellos contruidos irracionalmente a partir de prejuicios, temores o construcciones sociales complejas. Todos estos factores confluyen en la resolución de casos judiciales de complejidad alta, o en las definiciones políticas en las cuales se plantean ponderaciones de costo y beneficio y riesgos asociados.

99. *Rylands vs. Fletcher*, ver: <http://www.bailii.org/uk/cases/UKHL/1868/1.html> para el texto completo de la resolución.

100. Con posterioridad, luego de la independencia de Egipto en 1956 de su sujeción al Reino Unido, el acuerdo suscripto fue dejado de lado en parte por la

construcción de la presa de Aswan.

101. Ver «Reports of International Arbitral Awards» (Trail Smelter Case, USA vs. Canada) 1938-1941, vol. III, p. 1905-1982. Naciones Unidas.

102. En gran medida, los argumentos planteados por ambas naciones, los agricultores norteamericanos afectados y la empresa metalífera involucrada como responsable se centraron en los aspectos técnicos y probatorios utilizados con el fin de demostrar la relación causal de los daños derivados de las emisiones gaseosas ácidas, los efectos directos sobre la salud y la pérdida de cultivos, como también los daños ambientales indirectos, conocidos al momento como «daños ocultos». Ambas partes involucraron a sus respectivas áreas técnicas, como el Departamento de Agricultura en el caso norteamericano, o el Consejo Nacional de Investigación en el caso de Canadá, con el fin de aportar pruebas y elementos científicos durante las instancias finales de arbitraje. Existe un consenso sobre la mayor eficacia de los canadienses en cuanto a la prevalencia de una visión acotada de los daños, excluyendo los supuestos daños ecosistémicos, en gran medida por falencias en los argumentos periciales. Uno de los referentes norteamericanos, Jacob Metzger, falleció durante las instancias del laudo, sin dejar documentación detallada sobre algunos de los estudios técnicos invocados para la demostración de los «daños invisibles u ocultos», disponible para el resto del equipo norteamericano, y quedó este aspecto relegado en la decisión final. Ver Wirth, John D. (1996). «The Trail Smelter Dispute: Canadians and Americans Confront Transboundary Pollution, 1927-41». Environmental History.

103. CSJN 14/05/1887, Fallos 51:274

104. El artículo 1 de la Ley 2797 establece: «Las aguas cloacales de las poblaciones y los residuos nocivos de los establecimientos industriales no podrán ser arrojados a los ríos de la República si no han sido sometidos previamente a un procedimiento eficaz de purificación...»

105. Ver *United States vs. Hardage* en Kyle E. McSllarrow, David E. Jones, and Eric J. Murdock, *A Decade of Superfund Litigation 1981-1919*, *Environmental Law Reporter*, 21, 10367, 1991
<https://elr.info/sites/default/files/articles/21.10367.htm>

106. Ver *Goodrich Co vs. Murtha* en Kyle E. McSllarrow, David E. Jones, and Eric J. Murdock, «*A Decade of Superfund Litigation 1981-1919*», *Environmental Law Reporter*, 21, 10367, 1991
<https://elr.info/sites/default/files/articles/21.10367.htm>

107. Ver Hanna-Attisha, Mona; LaChance, Jenny; Sadler, Richard Casey; Champney Schnepf, Allison (21 diciembre de 2015). «Elevated Blood Lead Levels in Children Associated with the Flint Drinking Water Crisis: A Spatial Analysis of Risk and Public Health Response». *American Journal of Public Health*. 106 (2): 283–290. doi:10.2105/AJPH.2015.303003. ISSN 0090-0036. PMC 4985856. PMID 26691115

108. Ver <http://flintwaterstudy.org/about-page/about-us/>. Un equipo de trabajo formado en la Universidad Tecnológica de Virginia encaró una labor de investigación pericial de alto valor adicional por la integración de concepciones éticas, la ingeniería sanitaria y la provisión de aportes desde la ciencia a las investigaciones judiciales y administrativas tendientes a esclarecer los hechos y procurar soluciones concretas a la crisis sanitaria.

109. Ver Bustamante Alsina, Jorge, 07/07/1995 «Responsabilidad por daño ambiental, existen desechos industriales que no son los residuos peligrosos de la Ley 24051» *Revista La Ley* Nro. 129, pág. 4. Caso «Duarte, Dante c/Opalinas Hurlingham», Fallo Cámara Federal Sala I, 30/06/94, publicado en *La Ley* 1995-C, 361 - DJ 1995-2, 863

110. Sala H de la Cámara Nacional de Apelaciones en lo Civil de la Capital Federal, dictado en el expediente «Subterráneos de Buenos Aires Sociedad del Estado (en adelante SBASE) c/ Propietario Estación de Servicio Shell, calle Lima entre Estados Unidos e Independencia» (Expte. N.º 39.121/1991). Ver También el trabajo de Mahieu, Genoveva; Lucano, María Marta, y Calafell, Ramiro, del Instituto de Medio Ambiente y Ecología de la Universidad del Salvador (USAL): «Fallo Shell: Progresividad de la Sentencia y Aspectos Técnicos de la Remediación», e «Implicancias Socio-económicas (Daño – Remediación) Progresividad de la Sentencia y Mitigación - Estudio de caso Shell», presentada en la Jornada sobre Fallos Ambientales, AIDIS Argentina, Buenos Aires, 22 de agosto de 2002.

111. Ver Fallo Juzgado Civil 100 CABA 29/03/2019. El juez recondujo todo el proceso en función de los preceptos de la Ley General del Ambiente, inscribiéndolo en el Registro de Causas Colectivas, instituyendo a la vez al colectivo «habitantes de la ciudad» en lugar de la empresa originalmente actora, e insta finalmente a la conformación del Fondo de Compensación Ambiental previsto en el artículo 34 de la LGA con aportes de los responsables. También mantiene la labor de los peritos de la ciudad en el seguimiento de los trabajos.

112. El caso se produjo luego de la sanción de la Ley 24051 e involucró a varios frigoríficos y curtiembres, que supuestamente contaminaban el río Reconquista en el conurbano norte de la provincia de Buenos Aires. Lo que se debate en el caso es, en primer lugar, que el hecho de arrojar sustancias aptas para propagar una enfermedad contagiosa y peligrosa para la salud no puede ser permitido ni dispensado por una disposición jurídica de rango inferior a una ley. Sin embargo, la cuestión más trascendental del caso pasó por las nulidades respecto de las pruebas, por ejemplo, porque las muestras tomadas del río directamente no eran consideradas aptas por no determinar con certeza el agente contaminante, además de aspectos formales, como la falta de notificación para ingresar a los predios, impidiendo además la contratación de peritos de parte para efectuar contramuestras. (Ver Constantini s/ averiguación de contaminación del río Reconquista (LL. BA. 1993 Febrero N° 5815 p.6)

113. Ver Walsh, Juan Rodrigo, «El caso de las presas hidroeléctricas sobre el Rio Santa Cruz en la Patagonia Austral: Una compleja convergencia de agendas jurídicas, energéticas, diplomáticas y ambientales ante la Justicia (Caso Asociación de Abogados Ambientalistas de la Patagonia Argentina c/Provincia de Santa Cruz y Estado Nacional), en RADEHM #18, Buenos Aires, agosto de 2018

114. Suplementos de Ambiente: Fallos de la Corte Suprema de Justicia, CSJN, Buenos Aires, 2016, 2018 y 2019, <https://sj.csjn.gov.ar/sj/suplementos.do?method=ver&data=dam2016>

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES

■

Juan Rodrigo Walsh

En la presentación de esta obra, a cargo de la Dra. Ana M. Vidal de Lamas, secretaria de Comisión Directiva de AIDIS al momento de su elaboración, se detalla cómo se fijan los lineamientos generales del accionar de los peritos en su papel de asesoramiento especializado en los procesos judiciales o administrativos, en los cuales el conocimiento científico gravita de manera clave en las soluciones prácticas a un sinnúmero de conflictos vinculados a la salud, al ambiente y a los recursos naturales, que, por lo general, se caracterizan por su complejidad probatoria.

En estos procesos, la necesidad de saberes técnicos y una sólida formación científica suelen ir mucho más allá de las reglas tradicionales y formales que rigen en el derecho, en procesos judiciales en los cuales se ponderan casos de daños materiales o intangibles a los bienes colectivos, o la responsabilidad de los actores involucrados.

Tal como destaca Lamas en su introducción, el trabajo recopila los contenidos de los diferentes docentes que integran el cuerpo de instructores y profesionales del Programa de formación para Peritos de la Justicia que AIDIS viene llevando a cabo a lo largo de la última década en diferentes modalidades y ámbitos geográficos del país.

A comienzos de la década pasada, a raíz de conversaciones absolutamente informales que mantuvimos varios integrantes de la Comisión Directiva referidas a la necesidad de fortalecer las capacidades de un sistema judicial frente a una creciente ola de causas vinculadas a conflictos y polémicas con trasfondo ambiental, nació la idea de brindar un apoyo a los profesionales con formación afín a los objetivos de AIDIS, en aquellos casos de una actuación pericial ante la Justicia.

Los últimos quince años han visto un crecimiento exponencial en la cantidad de casos vinculados al ambiente, a la salud, al ordenamiento del territorio, o a la explotación de recursos naturales, sometidos al sistema judicial, en cualquiera de sus modalidades. En gran medida, el punto de partida, si se quiere encontrar un momento a partir del cual se desata este fenómeno social y político, coincide con la sanción de las leyes de presupuestos mínimos en los primeros años del siglo.

De todos modos, la aparición de casos «ambientales» en los estrados de la Justicia tiene su origen mucho antes en el tiempo, inclusive en forma previa a la reforma constitucional de 1994, con el activismo de algunas personas y organizaciones dedicadas a la protección del ambiente. Vienen a la memoria los casos vinculados a la caza de toninas en el Atlántico Sur, que motivaron uno de los primeros amparos judiciales con sustento en los denominados derechos implícitos que emanaban de la vieja Constitución argentina, o al planteo de inconstitucionalidad por vía de incidente a las llamadas «cuotas de resarcimiento» que percibía la empresa pública OSN por los vuelcos de efluentes industriales en el área metropolitana de Buenos Aires.

Estos primeros casos fueron resueltos por la Justicia con medidas acordes al momento histórico y al estado de conciencia que la propia sociedad argentina poseía respecto de los problemas ocasionados por la actividad humana desenfrenada o desaprensiva con el entorno. Luego de la reforma constitucional y la sanción de las leyes de presupuestos mínimos, vendría la avalancha de casos y el crecimiento exponencial de la labor de fiscales, jueces y diversas autoridades administrativas frente a los reclamos de ciudadanos afectados, ONG y otros sectores interesados.

Uno de los temas centrales en cualquier conflicto de índole ambiental, máxime en los tiempos en que vivimos, en los cuales la polarización de ideas y la confrontación muchas veces han teñido a muchas disputas por el aprovechamiento de recursos naturales con un profundo sentido ideológico, es la percepción de los riesgos y peligros que tienen las diferentes personas y sectores involucrados en las cuestiones bajo conflicto, o sujetas a disputa, a raíz de los efectos sobre la salud o el ambiente de determinado proceso o actividad humana.

El Lic. Lanzetta analiza esta cuestión con amplias y variadas referencias ancladas en la realidad práctica, respaldada además en una rica literatura académica que avala el abordaje de las percepciones de riesgo y peligro en diferentes sociedades modernas, según el posicionamiento de cada comunidad

afectada frente a la situación concreta, tipo de amenaza, su visibilidad, riesgos asumidos y nivel de incertidumbre.

No podemos menos que resaltar la importancia que tiene la percepción ciudadana como factor intangible subyacente en muchos casos y conflictos ambientales que hoy ocupan la atención del público y los medios. Los casos de la minería, las cuencas hídricas suburbanas o la fractura hidráulica en Neuquén son ejemplos emblemáticos del fenómeno.

En estos primeros casos asomaban ya las necesidades de contar con elementos de prueba con base en conocimientos científicos, que se fueron desarrollando y perfeccionando en los años sucesivos con el apoyo de las universidades, colegios y asociaciones profesionales, o entidades como AIDIS, como también se fueron haciendo las referencias del caso en las experiencias comparadas, donde la aplicación de la ciencia a los litigios judiciales lleva un buen tiempo.

En esta línea, los capítulos del trabajo referidos a los recursos agua, aire, suelos y la prevención de la contaminación son medulares. Fioravanti, por ejemplo, efectúa una pormenorizada descripción del agua como recurso y las diferentes sustancias y elementos que afectan su calidad. El autor hace un detallado y minucioso análisis de los problemas que atañen a la calidad del agua y los principales temas vinculados a la contaminación hídrica, destacando la importancia que tienen los planes de seguridad del agua con enfoque preventivo, tanto en lo que hace a la salud humana y el agua como recurso esencial a la supervivencia humana, como también su manejo con un enfoque holístico y mirando hacia el recurso en forma integral.

García Romero efectúa un aporte sencillo por relevante referido a los impactos ambientales desde una óptica biológica y una consideración de la importancia que reviste comprender los procesos vitales más importantes para la salud de los ecosistemas, los cuales pueden ser vulnerables a la contaminación, sea cual sea la vía de ingreso o afectación a seres vivos.

En forma similar a la que desarrolla Fioravanti, Nicolás Mazzeo describe los problemas de calidad de aire y las implicancias deletéreas que tienen para la salud la presencia de contaminantes de la atmósfera, provenientes tanto de fuentes fijas como móviles. Repasa en forma sistemática los efectos de los principales contaminantes atmosféricos, la forma de medirlos y ponderar su peligrosidad para la salud humana, los bienes materiales, la salud animal y

vegetal, y sobre los procesos ecosistémicos en general. El capítulo de este ilustre investigador y académico contiene abundantes referencias a los sistemas de modelización de emisiones con vinculación a los programas informáticos más comunes en la gestión y control de la contaminación atmosférica, junto a una clara descripción de los equipos más usuales utilizados en las labores de medición de calidad de aire. Es en este campo donde quizás mayor accionar de los peritos químicos o en materia de salud son requeridos en todos aquellos casos que se llevan ante los estrados de los tribunales.

Muy vinculado al excelente trabajo de Nicolás Mazzeo y en línea con la labor del resto de los autores, se encuentran las contribuciones de la Dra. Gómez Aguirre, médica toxicóloga y experimentada perito judicial en diferentes causas que han requerido la sapiencia y convergencia de conocimientos en medicina, toxicología y salud en el ámbito laboral. La Dra. Gómez Aguirre, desde su óptica médica, dedica un extenso capítulo a las cuestiones de higiene y seguridad laboral, las enfermedades del trabajo y los principales contaminantes de interés en cualquier ámbito laboral. Se abordan así los aspectos que atañen a las radiaciones no-ionizantes, los impactos del ruido y las vibraciones intramuros y los riesgos derivados de las cuestiones ergonómicas o las prácticas seguras de trabajo con sustancias, entre otras cuestiones. El capítulo referido a la higiene y seguridad laboral es un complemento necesario a su virtual «compañero», referido a la toxicología y su aplicación a casos judiciales.

En línea similar con los capítulos de Fioravanti, Mazzeo y Gómez Aguirre, Graciela Pozzo Ardizzi describe en forma clara y sintética la dinámica funcional del recurso suelo, los contaminantes que impactan sobre su calidad y las funciones de soporte vital que desempeña para un sinnúmero de actividades productivas, además de sustento para la vida humana.

En línea con su contribución a la comprensión de las cuestiones atinentes a la protección del suelo, el capítulo de Pozzo Ardizzi referido a los pasivos ambientales, la forma de remediar y los riesgos que la contaminación del suelo representa para la salud humana son secciones imprescindibles para el desarrollo de cualquier labor pericial que involucre la remediación de sitios o predios impactados por la contaminación, una situación que, en forma constante y reiterada, se da en muchas instancias judiciales cuando se tratan conflictos o disputas referidas a pasivos industriales en predios o instalaciones desactivadas, zonas abandonadas o donde las actividades industriales han sido dejadas de lado por fenómenos socioeconómicos que han concluido con el cierre o la

obsolescencia de procesos productivos diversos.

La Cuenca Matanza-Riachuelo y las zonas industriales desactivadas en el conurbano más próximo a su desembocadura son ejemplos emblemáticos de este fenómeno, como también son otros ejemplos que vienen a la mente: minas agotadas, yacimientos hidrocarburíferos e instalaciones energéticas desactivadas. Pozzo Ardizzi concluye con una reseña de las principales tecnologías usadas para la remediación o descontaminación de suelos afectados por sustancias degradantes, como también de las herramientas informáticas más usadas en la labor de detección, caracterización y seguimiento de las labores de recomposición ambiental.

Los capítulos referidos a los recursos naturales en sí, a su contaminación o degradación, y a la forma de manejar y monitorear los contaminantes presentes se complementan con las secciones que refieren a la gestión ambiental y al manejo de los recursos, desde una óptica preventiva y proactiva, y más desde la gestión organizacional que desde la perspectiva de los conflictos o pasivos ambientales ya generados o producidos.

Es indudable que el manejo preventivo de los recursos naturales es central a un paradigma de desarrollo sostenible, incluso con una adecuada planificación de las actividades desde la etapa misma del diseño y factibilidad. No podemos dejar de señalar la importancia que tiene la prevención de situaciones de degradación ambiental antes de que se produzcan, y la morigeración o remediación, ex post, una vez que los efectos se producen.

Aun en estos casos, tampoco es ajeno el papel de la Justicia y la necesidad de los aportes que se pueden hacer desde la ciencia y la técnica. Cada vez son más frecuentes los casos en los que los proyectos se judicializan en la instancia de diseño, con cuestionamientos a los estudios ambientales, destacando o señalando falencias en su diseño, omisiones en estudios o en los muestreos que necesariamente deben sustentar una línea de base o un plan de gestión ambiental.

El Ing. Gaviño Novillo, por ejemplo, describe el funcionamiento en detalle del sistema de EIA y EAE con lujo de detalles y gráficos que ilustran claramente su funcionamiento, tanto en su marco conceptual y técnico, como en sus instancias prácticas desde la administración y como procedimiento formal para la aprobación de actividades. En otro capítulo, hace un abordaje detallado del uso de las herramientas de la teledetección e informática, tanto para las tareas

predictivas en la instancia de un proyecto nuevo, como instrumento de apoyo a la labor pericial o en la gestión ambiental cotidiana de una actividad en marcha. El capítulo de Gaviño Novillo cuenta con extensas y bien documentadas citas de casos concretos, incluyendo la aceptación formal de las herramientas de teledetección por parte de la CSJN en 2006, para un caso en la provincia de Córdoba.

Complementan estos capítulos la reseña de conceptos ligados a la gestión ambiental, con base en la Ley General del Ambiente efectuado por Aleandra Scafati, con menciones a las normas ISO y concluyendo con referencias a las emergentes nociones de «economía circular» y a los Objetivos de Desarrollo Sostenible adoptados por la ONU en 2015. Scafati también destaca la gravitación que posee una gestión ambiental sólida para cualquier tipo de organización, teniendo en cuenta cómo pueden incidir las consideraciones ambientales para ella, sea este un negocio comercial, una actividad pública o cualquier servicio de otra naturaleza.

Marcela Flores efectúa una reseña de la legislación ambiental argentina con un marco teórico de la reforma constitucional, las leyes de presupuestos mínimos y un análisis de casos que complementa y nutre las referencias a conflictos ambientales descriptos en otras partes del libro, abordados por quien suscribe y por Carlos Colangelo. Flores hace un importante hincapié en la importancia que reviste la Ley General con sus principios y sus lineamientos directrices para la actividad judicial, destacando la relevancia del Principio Precautorio, a su vez efectuando una muy importante referencia al régimen de responsabilidad y el deber de cuidado que se ha consagrado en el Código Civil y Comercial adoptado en 2015, en reemplazo del Código Civil vigente desde el siglo XIX.

En materia de daño ambiental, la Dra. Flores hace una referencia cruzada rica en jurisprudencia, casos provinciales, acciones de amparo y apuntes referidas al seguro ambiental y su incidencia para los casos en los que se detectan pasivos ambientales, concluyendo con un comentario importante sobre el papel del perito en las causas ambientales, más allá de la responsabilidad objetiva consagrada en el derecho ambiental moderno.

Complementan estos capítulos sobre los sistemas de gestión y la importancia de enmarcarlos dentro de la legislación imperante en la República Argentina las secciones referidas a residuos sólidos urbanos y residuos peligrosos, elementos clave en cualquier análisis ambiental, además de recurrentes protagonistas en los

casos ambientales que se ventilan ante la Justicia.

Rosalba Sarafian, además de integrante activa y destacada de AIDIS Argentina, es una profesional con una distinguida carrera profesional en el campo de la gestión de los residuos sólidos urbanos. Quizás uno de los problemas más acuciantes y recurrentes en muchos países en vías de desarrollo sea la de una adecuada, costo-efectiva y económicamente sostenible gestión de los residuos sólidos urbanos.

Sarafian repasa todas las instancias y etapas que conforman la gestión de residuos, en línea con los conceptos surgidos de la Ley de Presupuestos Mínimos aplicable en la materia (Ley 25916), como también en lo que hace a las buenas prácticas imperantes y al emergente paradigma de «Economía Circular» que se impone con fuerza en todo el mundo, desde sus orígenes en Europa.

De especial interés resulta la didáctica y clara descripción de los diferentes sistemas de tratamiento de residuos en vigencia en distintas partes del mundo, con sus ventajas y desventajas, costos y consideraciones tecnológicas. Dado que un alto número de conflictos ambientales se producen en torno a las deficientes gestiones que llevan a cabo muchas comunas y provincias de sus residuos domiciliarios, con la proliferación de basurales informales sin recaudos para la población circundante, ni para los recursos naturales potencialmente impactados, los aportes de esta especialista son de alta importancia para cualquier perito o técnico activo en el campo ambiental.

Similares consideraciones merece el capítulo de Gustavo Fernández Protomastro, en el abordaje de la gestión de los residuos peligrosos, como campo muy vinculado a la gestión de residuos sólidos urbanos. Comienza con una reseña de los rasgos más destacados de la Ley 24051 y su reglamentación, los vínculos con los regímenes internacionales de transporte de residuos enmarcados en el Convenio de Basilea, y diferentes mecanismos de gestión y seguimiento. El capítulo describe y grafica con buenas y claras ilustraciones las técnicas de manejo de residuos, según tipo de peligrosidad, riesgos asociados a su transporte, tipos de tratamiento y disposición final, todos elementos centrales para la labor pericial ante un caso de contaminación derivado del uso o manejo de estos residuos en cualquiera de sus fases.

La obra de AIDIS tiene un hilo conductor dado por los capítulos de Carlos Colangelo y Gabriel Rivera, abordando dos elementos centrales para comprender

el rol del perito o experto en los casos o conflictos donde los elementos de la ciencia y la técnica resultan determinantes para arribar a la verdad y, en consecuencia, ofrecer soluciones: los tipos de muestreo y métodos de análisis, por un lado, y el papel central del perito por otro. En este sentido, el capítulo sobre elementos y métodos de muestreo representa un aporte significativo al trabajo en su conjunto y para la labor pericial en general, más allá de su aplicación más directa y frecuente en los casos vinculados a la calidad de aire y agua.

El abordaje de los muestreos y métodos aplicables se encuentra sólida y didácticamente apoyado por gráficos y fotografías que contribuyen con enorme practicidad a la comprensión de las secuencias recomendables para una toma de muestras, según lugar, tipo de muestra, efluente o instalación.

La colaboración de quien estas palabras escribe intenta plasmar en algunos casos bastante emblemáticos el desarrollo del conflicto ambiental desde sus inicios, incorporando las percepciones colectivas, actividades riesgosas bajo escrutinio, planteo del caso en términos formales y papel dinámico del técnico o experto, desde sus orígenes hasta las instancias finales probatorias ante los estrados de los tribunales intervinientes.

No se puede menos que subrayar la importancia que tiene el perito en muchos casos ambientales, donde el conocimiento de cómo funcionan los contaminantes en el agua, el aire o el suelo, o cómo actúan estos en los sistemas biológicos con efectos en el funcionamiento de especies o ecosistemas, la salud animal, vegetal o humana resulta fundamental para arribar a la verdad material subyacente, como sustento de las decisiones judiciales.

La labor de los peritos ha sido instrumental en el avance de la justicia ambiental en todo el mundo y ha ido acompañando el crecimiento del derecho ambiental, en un proceso que, por un lado, ha visto una notable expansión de normas y regulaciones referidas a todos los sectores de la actividad humana, y, por otra, un similar crecimiento de las intervenciones de la Justicia en la resolución de casos que además, cobran una envergadura mayor por su complejidad intrínseca, a la par con los avances en la ciencia y la tecnología.

Esperamos que el lector, ya sea profesional con formación en ciencias duras, derecho, economía, ciencias sociales o de la gestión institucional, ya sea un interesado o curioso en los temas vinculados al ambiente y al desarrollo

sustentable, se lleve un panorama general de las cada vez más importantes y estrechas relaciones entre la ciencia y el derecho en los tiempos que vivimos, signados además por los vertiginosos avances en la tecnología en todos los órdenes. Esperamos también que esta obra resulte de utilidad práctica a los operadores del sistema judicial, frente a la cada vez mayor cantidad de casos concretos en los que se plantean conflictos por cuestiones ambientales.

CONSIDERACIONES FINALES

LO AMBIENTAL DESDE LO CIENTÍFICO, LO JURÍDICO Y LO FORENSE

■

Juan Sebastián LLoret

Abogado y Procurador por la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
Profesor en Ciencias Jurídicas, Universidad Nacional de Salta, Argentina.
Máster en Derecho Ambiental, Universidad del País Vasco, España.

Director normalizador del Instituto de Investigaciones Jurídicas y Sociales (IUSUNSA), Universidad Nacional de Salta. Investigador categoría «A», del Consejo de Investigaciones de la Universidad Católica de Salta. Vicedirector de la Maestría en Derecho Privado, Universidad Nacional de Salta. Director de la Especialidad en Peritaje Ambiental, Universidad Católica de Salta. Consultor para la Oficina Latinoamérica y El Caribe (Panamá) del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y del Centro de Justicia de las Américas (CEJA/OEA). Profesor de postgrado: Derechos de Incidencia Colectiva; Pobreza y Ambiente Urbano; Responsabilidad Ambiental; Desarrollo Sustentable Global. Profesor de Grado en Derecho Ambiental y Recursos Naturales, Universidad Católica de Salta.

Contacto: jslloret@ucasal.edu.ar

El momento que le toca atravesar a la humanidad en el primer cuarto del siglo XXI está cinchado entre ánimos reflexivos sobre los destinos planetarios y deseos de progreso económico desenfrenados. Por lo que podemos observar, parece estar ganando la pulseada esta segunda fuerza. Y entonces, la calidad de vida del ciudadano se ve acosada por esta realidad: entre la salud y el mercado, entre el acceso y la marginación.

Científicos y juristas están llamados a atender juntos esta realidad,

inevitablemente.

Los científicos que integran el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), en su informe del año 2021, alertaron que los cambios observados en el clima no tienen precedentes, y que afectan todos los rincones del planeta a una escala casi sin límites. Algunos de esos cambios serán irreversibles por miles y cientos de miles de años.

En el derecho, al mismo tiempo, escuchamos el discurso de apertura de la reunión anual de la Asociación Americana de Abogados (ABA), donde el Secretario de Estado John Kerry le decía al auditorio «ahora todos ustedes son abogados del clima».

Los científicos nos dicen que, para limitar el cambio climático, es necesario reducir de forma contundente y sostenida las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles.

Y por otro lado, para llevar a cabo políticas de transformación de las actividades humanas que tuerzan el angustiante destino global, la regulación debe provenir de las ciencias e instrumentarse mediante el derecho, que a su vez debe reaccionar, mudando sus viejos dogmas.

En este contexto, la analítica científica y la interpretación jurídica, herramientas centrales de estas disciplinas técnicas, están siendo interpeladas de manera contundente. Se debe asistir con decisivos y sistemáticos esfuerzos al cuidado intensivo de la salud del planeta.

Este escenario exige un espacio común de trabajo. Y la obra que introducimos lo hace posible. Su campo es la forensia ambiental donde se unen las reglas de la naturaleza que gobiernan el sistema de vida planetario con las reglas sociales que modulan las conductas que poseen impacto ambiental.

Dicha tarea presenta un claro perfil: proteger previniendo antes que reparando. Para ello es necesario desarrollar herramientas técnicas que permitan evaluar los pasos de operación segura sobre los ecosistemas. Ampliando con ese objetivo; a la par que se deben ampliar las herramientas normativas para regular su implementación efectiva.

Desde la analítica científica, se hace necesario dirigir los objetivos del método

científico a obtener resultados predictivos, es decir, modelizar escenarios para deducir el resultado de la alteración de las variables. Todo esto en busca de la mejor manera de resolver la necesaria alteración del sistema ecológico.

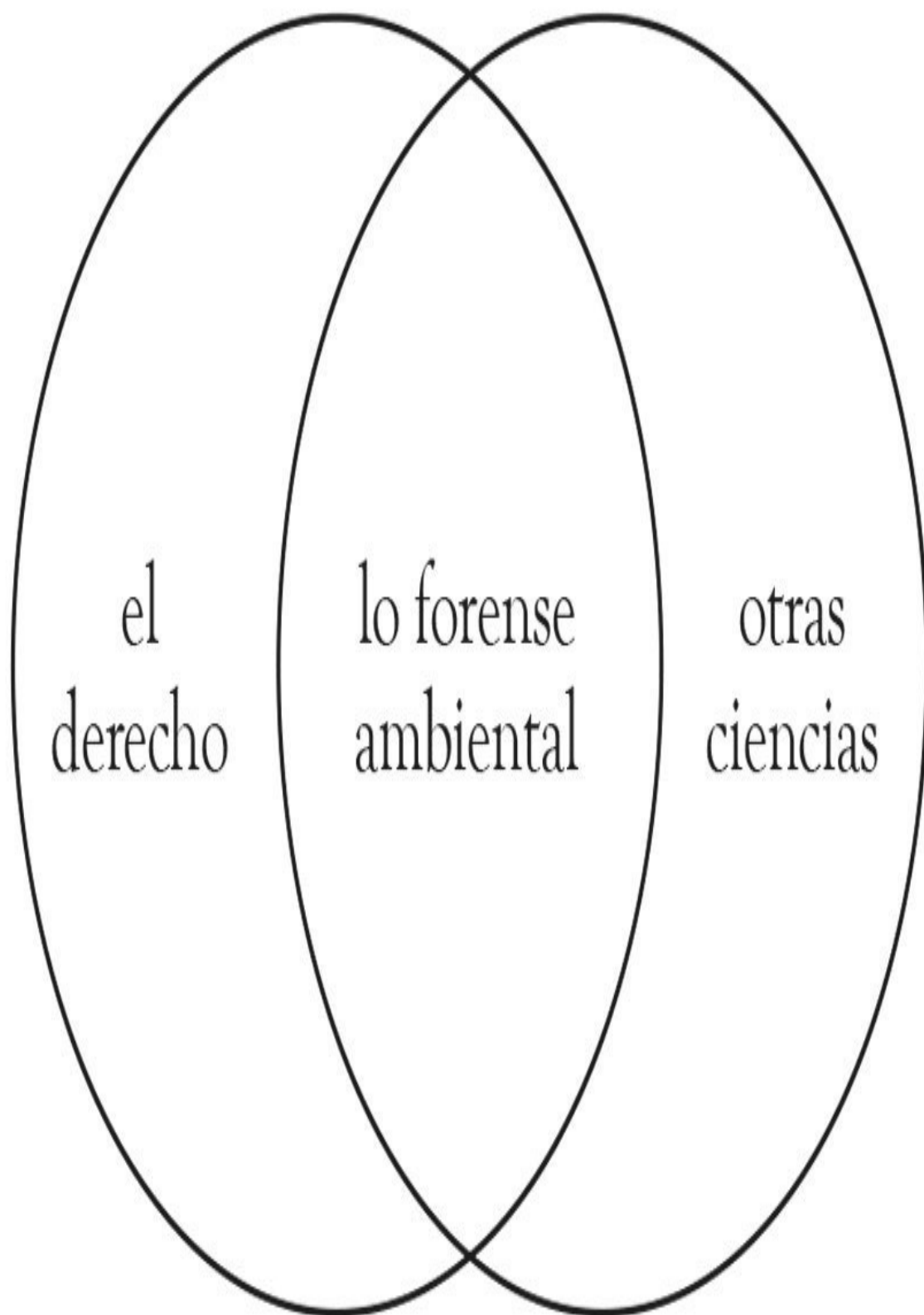
Desde el derecho, será importante establecer metodologías de análisis para prevenir conductas sociales ecológicamente lamentables y determinar las formas de reaccionar cuando estas se ejecutan.

Una muestra tangible del crecimiento de este campo de estudios es la creación de cursos y carreras que apuntan a los objetivos mencionados.

Un excelente ejemplo es la Especialización en peritaje ambiental (E.P.A.) de la Facultad de Ciencias Jurídicas de la Universidad Católica de Salta (UCaSal) (115). Esta carrera se propone ofrecer profesionales especializados a consultoras integrales, estudios jurídicos privados, servicios legales estatales, empresas, tribunales y organizaciones no gubernamentales entre muchos otros; profesionales de distintas disciplinas formados en temas vinculados al ambiente y actualizados en mecanismos que faciliten la prevención y resolución de los conflictos, con base en la ciencia, la tecnología y el derecho.

La forensia ambiental, en consecuencia, encuentra en este grande y crucial lugar de acción, un enorme espacio de confluencia de incumbencias, que el libro Peritos ambientales de la Asociación de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (AIDIS - ARGENTINA) y la Universidad Católica de Salta, a través de su editorial EUCASA, ponen a consideración de los interesados.

No parece entonces ocioso echar mano a la teoría de los conjuntos y observar gráficamente cómo las ciencias y la dogmática jurídica concurren a crear esta área ambiental, cada vez más dominada por la forensia ambiental.



el
derecho

lo forense
ambiental

otras
ciencias

Lo que acontece dentro de ese terreno común es el producto del encuentro de las baterías metodológicas correspondientes a cada campo disciplinar.

En el discurso, por ejemplo, cada vez se abandonan más los lenguajes crípticos y se construye un lugar común donde conceptos como manejo, impactos, ecosistemas y mitigación se entremezclan con audiencias, licencias, autoridad o responsabilidad y terminan conformando instrumentos de gestión ambiental, perfectamente comprensibles de un lado y el otro.

Por eso este libro sobre pericias ambientales es una buena muestra de un encuentro entre las aspiraciones ambientales de la ciencia y la dogmática jurídica. Conforman una exposición de lo que técnica y norma hacen por prevenir y reparar los conflictos ambientales.

Lo forense ambiental, comenzando desde el terreno de los instrumentos preventivos, puede verse como una expresión de la simbiosis entre las ciencias de la naturaleza y el derecho, como un enorme espacio de interdisciplina.

En la gestión ambiental hay muchas áreas de confluencia donde las ciencias explican los procesos de la mejor manera posible y, en la dirección que se establece, el derecho busca regular las conductas humanas frente al ecosistema y sus elementos, para que se amolden como sugieren aquellos modelos.

Debería ser una aspiración importante de la humanidad en general y del mundo profesional en particular, establecer una debida y efectiva gobernanza de los ecosistemas, un manejo preventivo eficaz.

El ambiente es un conjunto de elementos de los cuales no solo extraemos vida sino riquezas de mercado. Es un espacio de interés público y de bienes comunes de la sociedad. Pero también lo es de apropiación privada y transacción comercial. Por eso es un campo de inevitable tensión, sobre el cual la regulación busca solventar las dificultades de manera temprana y transparente.

En la forensia ambiental se trabaja sobre esta conflictividad.

Es claro que todas las áreas de la gestión ambiental son susceptibles de requerir de la examinación técnica o el consejo legal, porque siempre puede haber algo que requiere ser evaluado en calidad de experto. El punto sobre el que queremos

poner el acento, en mancomunidad, es el del abordaje de la conflictividad ambiental, donde ciencia y abogacía son profesiones prácticamente inexcusables e interdependientes.

Puede darse tanto en el ámbito extrajudicial (generalmente administrativo) como judicial. Y los roles científicos y jurídicos de la gestión ambiental comienzan a particularizarse, dando lugar a las figuras del perito y del litigante, tanto en la gestión preventiva como en la reparativa.

Los conflictos ambientales, consecuentemente, solo pueden ser resueltos de manera eficiente con tareas interconectadas, abordando de forma ambivalente los aspectos científicos y sociales de la cuestión, en una faena común.

Por ejemplo, en un trayecto de lo extrajudicial a lo judicial del conflicto ambiental, desde la labor jurídica, pueden enfocarse como grandes ejes de la gobernanza ambiental, los denominados derechos ambientales de acceso. Estos abarcan tanto la organización de la participación pública ambiental y el acceso a la información pública ambiental, como la respuesta de la justicia ambiental. Con estos tres estadios, el derecho busca modelar siempre una salida sustentable a los problemas que van aconteciendo. Trata de solucionarlos con equilibrio ecológico, con desarrollo económico y con inclusión —o no discriminación— social.

En una primera escala conflictual de menor gravedad, los problemas ambientales incipientes se presentan como prevenibles, y por tanto gestionables mediante instrumentos basados en estudios y evaluaciones de los científicos y la instrumentación abierta a la sociedad de los operadores gubernamentales. De esta manera, se busca el encausamiento espontáneo de las fricciones socio-ambientales hacia soluciones valiosas, donde la primacía de la información y la transparencia hacen su tarea. Poder aportar al desarrollo de la calidad de vida de las personas sin sacrificar la salud y el equilibrio ambiental.

Otras veces el conflicto crece, escala. Y este recorrido ascendente en gravedad nos recuerda la multidimensionalidad del conflicto ambiental, como una característica sobresaliente.

Basados en el principio preventivo, siempre se les debe buscar una posible salida concertada bajo esquemas de solución preventiva o temprana. En este punto, la sola información no alcanza, y se debe recurrir a esquemas de participación

social, una de cuyas formas de instrumentación son las difundidas audiencias públicas. Con estas, se abre la posibilidad de ajustar las iniciativas para dictar normas o emitir permisos bajo observación ciudadana, lo que a la postre genera un modo de licencia social.

Otras formas participativas con menor desarrollo son las salidas negociadas en los trámites sumariales, generalmente administrativos (mediante mediación o conciliación, por ejemplo). Estos mecanismos, que en sí son más frecuentes ya en la vía judicial (basados en las regulaciones de los procesos colectivos y sus trámites fuertemente publicitados), en definitiva también intentan concertar soluciones estatales bajo otros medios de participación social.

Puede parecer que esta zona de lo forense, gobernada por la participación pública, a simple vista es un área que deja fuera la tarea técnica y es solo para juristas, pero no es así. Generalmente, las audiencias públicas ambientales tienen un fuerte predominio en el rol del evaluador técnico que expone su matriz de impactos ambientales y sociales y las soluciones adoptadas.

Otro ejemplo es el uso de mecanismos que viabilizan soluciones en el momento inicial de los daños, como las auditorías ambientales o planes de manejo o los seguros ambientales, todas tareas, cotizaciones y primas que son determinadas por peritos.

Es decir que la discusión que abre la necesidad de hacer ajustes ante el reclamo social o en la solución temprana de degradaciones ambientales requiere de asistencia jurídica y técnica, por igual.

Piéñese que las acciones de evaluar una línea de base socio-ambiental establecida y de discutir las obligaciones de recomposición de una actividad representan, al fin de cuentas, una tarea conjunta. Obligar a la mitigación a un asegurador también lo sería.

En un tercer escalón, cuando el conflicto ambiental avanza y se agudiza, la solución generalmente se reencauza ya definitivamente en el ámbito judicial. Ya no corresponde prevenir sino, más bien, remediar y sancionar. Y el litigar y peritar sincrónicamente, sobre el caso en particular, se vuelve más esencial aún.



La respuesta a esta escalada agravada del problema ambiental (contaminación, desastres ecológicos, pasivos ambientales), generalmente está asociada a las formas de reproche estatal más intensas: la demanda de recomposición judicial y la responsabilidad penal. Estas respuestas mediante la imposición o imperium de agentes del estado, en particular de los jueces, involucran la tarea de litigación de abogados y forensia de científicos.

Pensamos en la litigación como la acción y resultado de litigar, de disputar en un juicio o en una audiencia un tema o asunto y, en la forensia, como el uso y aplicación de las tecnologías científicas para resolver disputas ambientales de hechos no conocidos, generalmente mediante equipo multidisciplinarios.

Si graficamos lo dicho hasta aquí, las tareas ambientales de peritación y la tarea jurídica pueden verse de la siguiente manera:

Recapitulemos recordando que empezamos estas líneas convocando y mostrando la importancia y el rol que tienen ciencia y derecho en la crisis ambiental actual. Esperamos que sean muchas las inquietudes y preguntas que, sobre la cuestión forense ambiental, se hayan despertado en el lector a partir de esta presentación. Y eso es una invitación a leer sus páginas.

La conciencia de dejar un mundo mejor que el que recibimos, de legar un ambiente mejor a nuestros hijos, de arreglar durante nuestra existencia lo que descompusimos como especie, es posiblemente un volver a barajar y dar de nuevo en la vocación científica o jurídica, desde esta nueva perspectiva de la forensia y la litigación ambiental.

Salta, típicos días soleados de otoño,

agosto de 2021

▪

115. Resolución Rectoral N° 526/17 - Autorización CONEAU (EX-2017-07826212-APN-DAC#CONEAU) - Declarada de interés ambiental nacional -

Resolución 173/2019 del Ministerio de Medio Ambiente de la República Argentina, en web <https://www.ucasal.edu.ar/carreras/especializacion-peritaje-ambiental.htm>