

SERIE CLIMA

1  
2017

# Evaluación de Vulnerabilidad e Impacto del Cambio Climático en el Gran Chaco Americano



## **Evaluación de vulnerabilidad e impacto del cambio climático en el Gran Chaco Americano**

### **Equipo Técnico:**

Rossana Scribano, Coordinadora Regional  
Cesar Cabello, Asesor Metodológico  
René Orellana, Antropología Jurídica  
Fabiola Ríos, Derechos Humanos  
Diego Pacheco, Bosques  
Max Pasten, Escenarios Climáticos  
María del Carmen Álvarez, Recursos Hídricos  
Edgar Mayeregger, Agrícola  
Víctor Scribano, Pecuario  
Alberto Yanosky, Biodiversidad  
Enrique Bragayrac, Servicios eco-sistémicos  
Leticia González, Asistente Técnico  
Fernando Leguizamón, Geo-procesamiento de Datos  
Fernando Palacios, Geo-procesamiento de Datos  
Alberto Giménez, Manejo Base de Datos  
Jorge Garicoche, Manejo Base de Datos

### **Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA Portal Regional para la Transferencia de Tecnología Acción frente al Cambio Climático en América Latina y el Caribe - REGATTA**

Jason Spensley, Director  
Andrea Sabelli, Asesor Cambio Climático  
Jacinto Buenfil, Asesor Cambio Climático

### **Investigación para el Desarrollo**

#### **Presidente:**

César Cabello

#### **Directora de Área:**

Rossana Scribano



Serie Clima y Recursos Naturales

### **Investigación para el Desarrollo**

Tte. 1° Cayetano Rivarola 7277 c/ Tte. López •  
Tel. (595 21) 525 526  
<http://www.desarrollo.org.py/>

### **Centro de Conocimiento para el Gran Chaco Americano y Cono Sur**

<http://www.granchacoyconosur.net/>

**ISBN:978-99967-865-3-2**

## **Índice**

<b>Tablas .....</b>	<b>7</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>11</b>
<b>Contexto General .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1 La población .....</b>	<b>19</b>
1.1.1 Población y grandes ciudades en el Chaco Americano .....	23
1.1.2 Aspectos sociales de la población .....	25
<b>1.2 La producción agropecuaria.....</b>	<b>26</b>
1.2.1 Uso del suelo.....	28
<b>1.3 Recursos Naturales y biodiversidad .....</b>	<b>29</b>
<b>1.4 Los recursos hídricos .....</b>	<b>30</b>
1.4.1 Aguas Subterráneas.....	32
<b>1.5 Los Gobiernos y el marco Institucional .....</b>	<b>34</b>
1.5.1 Argentina. Marco regulatorio e institucional .....	34
1.5.1.1 Acción para la Adaptación actual .....	35
1.5.2 Bolivia. Marco regulatorio e institucional .....	35
1.5.2.1 Acción para la Adaptación actual .....	38
1.5.3 Paraguay. Marco regulatorio e institucional .....	38
1.5.3.1 Proyecto de Acción para la Adaptación .....	39
<b>Alcance y enfoque metodológico .....</b>	<b>43</b>
<b>Análisis de los complejos ecosistémicos para la región.....</b>	<b>48</b>
<b>1.6 Servicios Ecosistémicos para el Gran Chaco .....</b>	<b>63</b>
1.6.1 Complejos Ecológicos del Gran Chaco Americano .....	64
<b>1.7 Resultados del análisis de las funciones y servicios ecosistémicos .....</b>	<b>67</b>
1.7.1 Funciones ecosistémicas de los complejos ecológicos .....	67
1.7.2 Contribución relativa de los Servicios Ecosistémicos .....	73
1.7.2.1 Servicios de provisión.....	74
1.7.2.2 Servicios de regulación .....	74
<b>Exposición Climática .....</b>	<b>79</b>
<b>2.1 Sistemas atmosféricos predominantes en la época lluviosa .....</b>	<b>80</b>
<b>2.2 Mecanismos físicos de la precipitación en el Gran Chaco Americano.....</b>	<b>82</b>
<b>2.3 Comportamiento de la precipitación en la región .....</b>	<b>83</b>
2.3.1 Distribución temporal de la precipitación.....	85
2.3.2 Distribución espacial de la precipitación .....	86
<b>2.4 Comportamiento de la temperatura en la región.....</b>	<b>89</b>
2.4.1 Distribución temporal de la temperatura .....	91
2.4.2 Distribución espacial de la temperatura .....	93
<b>2.5 Escenarios Futuros del Clima.....</b>	<b>95</b>

2.5.1	Construcción de escenarios climáticos .....	95
2.5.2	Escenarios Socioeconómicos .....	96
<b>2.6</b>	<b>Climatología de base .....</b>	<b>96</b>
2.6.1	Precipitación .....	96
2.6.2	Temperatura media .....	100
<b>2.7</b>	<b>Escenarios Climáticos.....</b>	<b>103</b>
<b>2.8</b>	<b>Tendencias de la precipitación.....</b>	<b>106</b>
<b>2.9</b>	<b>Escenarios de la precipitación .....</b>	<b>109</b>
<b>2.10</b>	<b>Tendencias de la temperatura .....</b>	<b>111</b>
<b>2.11</b>	<b>Escenario de la temperatura media.....</b>	<b>115</b>
<b>2.12</b>	<b>Eventos Extremos .....</b>	<b>116</b>
2.12.1	Determinación de Eventos Extremos .....	119
<b>2.13</b>	<b>Consideraciones generales .....</b>	<b>126</b>
	<b><i>Análisis de sensibilidad .....</i></b>	<b><i>127</i></b>
	<b>Análisis de Sensibilidad de Recursos Hídricos .....</b>	<b>127</b>
	<b>Análisis de Sensibilidad Agropecuario .....</b>	<b>127</b>
<b>3.1</b>	<b>Análisis de Sensibilidad de Recursos Hídricos.....</b>	<b>128</b>
3.1.1	Metodología .....	129
3.1.1.1	Variables Sectoriales.....	130
3.1.1.2	Balance Hídrico .....	131
3.1.1.3	Datos de Población para las Unidades hídricas .....	131
3.1.1.4	Datos de Producción Ganadera para las Unidades Hídricas .....	132
3.1.1.5	Datos de Producción Agrícola para las Unidades Hídricas .....	133
3.1.1.6	Índice de Escasez Hídrica según la Disponibilidad per Cápita .....	133
3.1.2	Situación de la Línea Base.....	136
3.1.2.1	Exposición .....	136
3.1.2.2	Temperatura promedio (°C).....	136
3.1.2.3	Precipitación promedio (mm/año) .....	137
3.1.2.4	Sensibilidad al cambio climático.....	138
3.1.2.5	Escorrentía promedio (mm/año).....	138
3.1.2.6	Coeficiente de Escorrentía .....	138
3.1.2.7	Volumen anual (km <sup>3</sup> /año) y disponibilidad hídrica per cápita .....	140
3.1.2.8	Disponibilidad Hídrica per cápita (m <sup>3</sup> /hab/año) .....	141
3.1.3	Resultado por décadas de las unidades hídricas .....	143
3.1.3.1	Década 2001-2010 .....	143
3.1.3.1	Década 2011-2020 .....	149
3.1.3.2	Década 2021-2030 .....	154
3.1.3.3	Década 2031-2040 .....	157

3.1.4	Conclusiones y Recomendaciones .....	161
	<b><i>Análisis de sensibilidad agropecuario .....</i></b>	<b>165</b>
<b>3.2</b>	<b>Caracterización del sector .....</b>	<b>166</b>
3.2.1	Definición de los rubros agrícolas .....	167
b)	Arroz .....	169
b)Papa	172	
b)	Trigo.....	175
3.2.2	Metodología de análisis de sensibilidad agrícola.....	176
3.2.2.1	Resultados de sensibilidad agrícola.....	178
3.2.3	Metodología de análisis de sensibilidad pecuario.....	195
3.2.3.1	Producción de carne.....	196
3.2.3.2	Producción de leche.....	198
3.2.3.3	Resultados de la sensibilidad pecuaria.....	200
	<b><i>Análisis de capacidad de adaptación.....</i></b>	<b>202</b>
<b>4.1</b>	<b>Análisis de capacidad de adaptación.....</b>	<b>203</b>
<b>5.1</b>	<b>Metodología de vulnerabilidad .....</b>	<b>211</b>
<b>5.2</b>	<b>Síntesis de los resultados.....</b>	<b>213</b>
<b>5.3</b>	<b>Análisis de vulnerabilidad – Periodo 2011-2040.....</b>	<b>217</b>
5.3.1	Análisis de vulnerabilidad - Alto Paraguay.....	218
5.3.2	Análisis de vulnerabilidad - Boquerón.....	219
5.3.3	Análisis de vulnerabilidad - Presidente Hayes.....	220
5.3.4	Análisis de vulnerabilidad - Formosa.....	221
5.3.5	Análisis de vulnerabilidad - Chaco.....	222
5.3.6	Análisis de vulnerabilidad - Corrientes.....	222
5.3.7	Análisis de vulnerabilidad - Santiago del Estero.....	223
5.3.8	Análisis de vulnerabilidad - Santa Fe.....	223
5.3.9	Análisis de vulnerabilidad - Córdoba.....	224
5.3.10	Análisis de vulnerabilidad - Salta.....	225
5.3.11	Análisis de vulnerabilidad - Jujuy.....	226
5.3.12	Análisis de vulnerabilidad - Tucumán.....	227
5.3.13	Análisis de vulnerabilidad - La Rioja.....	227
5.3.14	Análisis de vulnerabilidad - Chuquisaca.....	228
5.3.15	Análisis de vulnerabilidad - Santa Cruz.....	229
5.3.16	Análisis de vulnerabilidad - Tarija.....	230
	<b><i>Identificación y priorización de acciones .....</i></b>	<b>231</b>
<b>6.1</b>	<b>Identificación y priorización de acciones .....</b>	<b>232</b>
6.1.1	Proceso participativo.....	233
<b>6.2</b>	<b>Memorias del taller para el Chaco Argentino .....</b>	<b>234</b>

6.3	Memorias del taller para el Chaco Boliviano .....	237
6.4	Memorias del taller para el Chaco Paraguayo .....	240
	<b><i>Bibliografía</i></b> .....	<b>244</b>

## Tablas

Tabla 1: Pueblos Indígenas del Gran Chaco Americano.....	21
Tabla 2: Algunos indicadores sociales.....	25
Tabla 3: Contribución de los principales rubros agropecuario en la región.....	28
Tabla 4: Marco Institucional. Argentina.....	40
Tabla 5: Marco Institucional. Bolivia.....	41
Tabla 6: Marco Institucional. Paraguay.....	42
Tabla 7: Estado, tendencias y amenazas a la biodiversidad y servicios ecosistémicos del Gran Chaco ..	60
Tabla 8: Amenazas a los Bienes y Servicios ecosistémicos .....	61
Tabla 9: Pobreza – ambiente. Principales dimensiones y relaciones.....	62
Tabla 10: Complejos ecológicos, número de sistemas que lo componen, área y los países que lo comparten.....	66
Tabla 11. Normales climatológicas de precipitación (1961-1990) a nivel del Gran Chaco, CRU. ....	83
Tabla 12. Normales climatológicas de temperatura media (1961-1990) a nivel del Gran Chaco .....	89
Tabla 13: Variación porcentual de la temperatura y la precipitación por década con respecto a la normal 1961-1990 .....	104
Tabla 14. Variación en valor absoluto de la temperatura y la precipitación para el escenario A2 por década y periodo completo con respecto a la normal 1961-1990. ....	105
Tabla 15. Tendencia de la precipitación y temperatura media anual para el escenario A2 por década y periodo 1991-2040 .....	105
Tabla 16. Eventos extremos observados en la región del Gran Chaco .....	118
Tabla 17. Números de eventos climáticos extremos por década, periodo 2011-2040.....	120
Tabla 18: Número de eventos extremos acumulados para el periodo 2011-2040.....	123
Tabla 19: Superficies Chaco Seco, Chaco Húmedo y Exterior .....	128
Tabla 20. Distribución de la Superficie por Cuencas .....	128
Tabla 21. Agrupación en Rangos del Índice de escasez.....	134
Tabla 22. Índice de escasez.....	135
Tabla 23. Resultados de la matriz de priorización de los rubros agrícolas .....	168
Tabla 24. Rendimiento promedio regional (ton/ha). Algodón- Arroz. Periodo 2004/2009.....	169
Tabla 25: Rendimiento promedio de la línea de base (kg/ha) .....	176
Tabla 26: Comparativo de la tendencia de la precipitación en la región .....	197
Tabla 27: de relación precipitaciones-producción.....	197
Tabla 28: Probabilidad de tiempo de estrés en que caen las vacas lecheras por región. Periodo 1991 - 2050.....	199
Tabla 29: Variación en la producción de carne.....	200
Tabla 30: Variación en la producción de leche.....	201
Tabla 31: Dimensiones e indicadores de capacidad de adaptación.....	204
Tabla 32: Indicadores de capacidad de adaptación.....	206
Tabla 33: Identificación de los impactos por sector y selección de las medidas de adaptación .....	235
Tabla 34: Análisis de las medidas de adaptación propuesta para el Chaco Argentino.....	236
Tabla 35: Identificación de los impactos por sector y selección de las medidas de adaptación .....	238
Tabla 36: Análisis de las medidas de adaptación propuesta para el Chaco Boliviano.....	239
Tabla 37: Resumen de impactos Chaco Paraguayo y propuestas de medidas de adaptación .....	240
Tabla 38: Análisis de las medidas de adaptación propuesta para el Chaco Paraguayo.....	241

## Figuras

Figura 1: Localización del Gran Chaco a nivel de Sudamérica y a nivel regional. ....	16
Figura 2: Gran Chaco Americano y los países parte .....	18
Figura 3: División política del Gran Chaco Americano .....	18
Figura 4: Pueblos indígenas. Etnias .....	20
Figura 5: Población del Gran Chaco, por países y por unidades geográficas.....	22
Figura 6: Densidad poblacional.....	24
Figura 7: Uso de Suelo en el Gran Chaco Americano .....	29
Figura 8: Mapa de recursos hídricos. Gran Chaco .....	30
Figura 9: Mapa de acuíferos. Gran Chaco.....	32
Figura 10: Ubicación y extensión del Sistema Acuífero Yrendá – Toba – Tarijeño.....	33

Figura 11: Conceptos de Vulnerabilidad. Gran Chaco.....	44
Figura 12: Enfoque metodológico. Análisis de vulnerabilidad Gran Chaco.....	47
Figura 13: Deforestación de la Región – Agosto 2012 .....	49
Figura 14: La cobertura de la tierra en el Gran Chaco.....	52
Figura 15: Cobertura Natural por país del Gran Chaco .....	52
Figura 16: Áreas Inundables por complejos ecológicos .....	53
Figura 17: Áreas afectadas por focos de incendios .....	54
Figura 18: Áreas protegidas por complejos ecológicos .....	54
Figura 19: Mapas de resiliencia para el Gran Chaco.....	55
Figura 20: Resumen esquemático de la metodología.....	58
Figura 21: Complejos Ecológicos Terrestres. ....	65
Figura 22: Valor relativo estimado de la magnitud de los procesos que tienen lugar en cada grupo de ecosistemas considerados. Regulación.....	68
Figura 23: Valor relativo estimado de la magnitud de los procesos que tienen lugar en cada grupo de los ecosistemas considerados. Soporte.....	69
Figura 24: Valor relativo estimado de la magnitud de los procesos que tienen lugar en cada grupo de los ecosistemas considerados. Provisión. ....	69
Figura 25: Servicios de Regulación por complejos .....	70
Figura 26: Valor Total Regulación.....	70
Figura 27: Servicios de Soporte por complejos ecológicos .....	71
Figura 28: Valor Total Relativo de Soporte .....	71
Figura 29: Servicio de Provisión por complejos ecológicos.....	72
Figura 30: Valor relativo del servicio de provisión.....	73
Figura 31: Contribución relativa de 44 complejos a la provisión de diez servicios del Gran Chaco. Servicios de Provisión. ....	74
Figura 32: Contribución relativa de 44 complejos a la provisión de diez servicios del Gran Chaco. Servicios de Regulación.....	75
Figura 33: Servicio de Contribución por complejos ecológicos .....	77
Figura 34: Contribución relativa de los servicios ecosistémicos.....	78
Figura 35: Campo de presión a nivel del marzo a mayo 2012 para la región del Gran Chaco.....	81
Figura 36: Campo de viento medio en 300 hPa en m/s.....	81
Figura 37: Representación esquemática de los elementos relevantes para el transporte de humedad sobre el Gran Chaco. ....	82
Figura 38: Normales climatológicas de precipitación (1961-1990) a nivel del Gran Chaco. ....	84
Figura 39: Distribución temporal de la precipitación mensual (1961-1990). Argentina. ....	85
Figura 40: Distribución temporal de la precipitación mensual (1961-1990). Paraguay y Bolivia.....	85
Figura 41: Precipitación total anual (1961-1990) .....	87
Figura 42: Precipitación total estacional. Periodo 1961-1999.....	88
Figura 43: Normales climatológicas de temperatura media (1961-1990) a nivel del Gran Chaco .....	90
Figura 44: Distribución temporal de la temperatura media mensual (1961-1990). Argentina .....	91
Figura 45: Distribución temporal de la temperatura media mensual (1961-1990). Paraguay y Bolivia.....	92
Figura 46: Temperatura media anual (1961-1990) .....	93
Figura 47: Temperatura media estacional. ....	94
Figura 48: Distribución temporal de la precipitación mensual (1961-1990). Argentina .....	97
Figura 49: Distribución temporal de la precipitación mensual (1961-1990). Bolivia y Paraguay.....	98
Figura 50: Mapa comparativo de precipitación media anual .....	99
Figura 51: Diferencia entre el modelo y lo observado de la precipitación media anual (1961-1990); izquierda (mm/día), derecha (%). ....	99
Figura 52: Comparativo de la distribución temporal de la temperatura media mensual. Argentina .....	100
Figura 53: Comparativo de la distribución temporal de la temperatura media mensual. Bolivia y Paraguay .....	101
Figura 54: Mapa de temperatura media anual (1961-1990): del modelo HadRM3P (izquierda), observado CRU (derecha) .....	102
Figura 55: Mapa de diferencia entre el modelo y lo observado temperatura media anual (1961-1990). .	102
Figura 56: Tendencias de la precipitación media anual para el escenario A2 .....	106
Figura 57: Tendencia de la precipitación total anual (1961-2040): Escenario A2, Argentina.....	106
Figura 58: Tendencia de la precipitación total anual (1961-2040): Escenario A2, Bolivia.....	108
Figura 59: Tendencia de la precipitación total anual (1961-2040): Escenario A2, Paraguay.....	109

Figura 60: Precipitación media anual (2011-2020) y su anomalía con respecto al promedio (1961-1990): Escenario A2.....	110
Figura 61: Precipitación media anual (2021-2030) y su anomalía con respecto al promedio (1961-1990): Escenario A2.....	110
Figura 62: Precipitación media anual (2031-2040) y su anomalía con respecto al promedio (1961-1990): Escenario A2.....	111
Figura 63: Tendencia de la de la temperatura media en el Gran Chaco para el escenario A2.....	111
Figura 64: Tendencia de la temperatura media anual (1961-2040): Escenario A2, Argentina .....	112
Figura 65: Tendencia de la temperatura media anual (1961-2040): Escenario A2, Bolivia .....	113
Figura 66: Tendencia de la temperatura media anual (1961-2040): Escenario A2, Paraguay .....	114
Figura 67: Temperatura media anual (2011-2020) y su anomalía con respecto al promedio (1961-1990): Escenario A2.....	115
Figura 68: Temperatura media anual (2021-2030) y su anomalía con respecto al promedio (1961-1990): Escenario A2.....	115
Figura 69: Temperatura media anual (2031-2040) y su anomalía con respecto al promedio (1961-1990): Escenario A2.....	116
Figura 70: Gráficos de tendencia del número de eventos climáticos extremos por década y el total para el periodo 2011-2040. ....	121
Figura 71: Gráficos de tendencia del número de eventos climáticos extremos por década y el total para el periodo 2011-2040 (continuación). ....	122
Figura 72: Número de eventos extremos, déficit ( $P < p_{10}$ ) y excesos ( $P > p_{90}$ ) de precipitación por departamento y provincia para el periodo 2011-2040. ....	123
Figura 73: Número de eventos extremos por departamento y provincia para el periodo 2011-2040. ....	124
Figura 74: Eventos extremos. Déficit de precipitación y altas temperaturas .....	125
Figura 75: Eventos extremos. Excesos de precipitación .....	125
Figura 76: Ubicación de las Unidades Hídricas .....	128
Figura 77: Resumen esquemático de la metodología.....	135
Figura 78: Variación de la Temperatura.....	136
Figura 79: Variación de la Precipitación.....	137
Figura 80: Escorrentía 1961- 1990. (mm).....	139
Figura 81: Coeficiente de escorrentía 1961-1990.....	139
Figura 82: Volumen 1961-1990 (Km3).....	140
Figura 83: Disponibilidad hídrica por UH (m3/hab/año) .....	141
Figura 84: Población por Unidad Administrativa (habitantes).....	142
Figura 85: Disponibilidad Hídrica por UA (m3/hab/año) .....	142
Figura 86: Variación de la Temperatura 2001-2010 (%).....	143
Figura 87: Variación de la Temperatura 2001-2010 (°C).....	143
Figura 88: Variación de la Precipitación 2001-2010 (%).....	144
Figura 89: Variación de la Escorrentía 2001-2010 (%).....	144
Figura 90: Variación del Volumen 2001-2010 (%) .....	145
Figura 91: Densidad Poblacional 2010 (hab/km2).....	145
Figura 92: Disponibilidad Hídrica 2001-2010 (m3/hab/año) .....	147
Figura 93: Variación de la Disponibilidad (%) .....	147
Figura 94: Agua Virtual para Ganadería (km3) .....	148
Figura 95: Agua Virtual para Agricultura (km3).....	148
Figura 96: Demanda Total (km3) .....	149
Figura 97: Índice de Escasez Hídrica 2001-2010 .....	149
Figura 98: Variación de la Temperatura 2011-2020 (°C).....	150
Figura 99: Variación de la Temperatura 2011-2020 (%).....	150
Figura 100: Variación de la Precipitación 2011-2020 (%).....	151
Figura 101: Variación de la Escorrentía 2011-2020 (%).....	151
Figura 102: Variación del Volumen (%) 2011-2020 .....	152
Figura 103: Variación de la Disponibilidad (%) .....	152
Figura 104: Demanda Total 2020 (km3) .....	153
Figura 105: Índice de Escasez Hídrica 2011-2020 .....	153
Figura 106: Variación de la Temperatura 2021-2030 (%).....	154
Figura 107: Variación de la Precipitación 2021-2030 (%).....	154
Figura 108: Variación de la Escorrentía 2021-2030 (%).....	155

Figura 109: Variación del Volumen 2021-2030 (%) .....	155
Figura 110: Demanda Total 20 (km <sup>3</sup> ) .....	156
Figura 111: Índice de Escasez Hídrica 2021-2030 .....	156
Figura 112: Variación de la Temperatura 2031-2040 (%).....	157
Figura 113: Variación de la Precipitación 2031-2040 (%).....	157
Figura 114: Variación de la Escorrentía 2031-2040 (%).....	158
Figura 115: Variación del Volumen 2031-2040 (%) .....	158
Figura 116: Variación de la Disponibilidad 2031-2040 (%).....	159
Figura 117: Demanda Total (km <sup>3</sup> ) .....	159
Figura 118: Índice de Escasez Hídrica 2031-2040 .....	160
Figura 119: Población Total (hab) .....	160
Figura 120: Variación del Índice de Escasez Hídrica de 2010 a 2040 .....	161
Figura 121: Rendimiento promedio regional (ton/ha). Caña de Azúcar- Maíz. Periodo 2004/2009.....	171
Figura 122: Rendimiento promedio regional (ton/ha). Maní - Papa. Periodo 2004/2009.....	172
Figura 123: Rendimiento promedio regional (ton/ha). Poroto - Soja. Periodo 2004/2009.....	173
Figura 124: Rendimiento promedio regional (ton/ha). Sorgo - Trigo. Periodo 2004/2009.....	175
Figura 125: Valores observados y estimados (según el método propuesto).....	177
Figura 126: Esquema de la metodología utilizada en el sector agrícola .....	178
Figura 127: Precipitación y temperatura promedio de verano y primavera. Escenario A2 .....	179
Figura 128: Precipitación y temperatura promedio de otoño e invierno. Escenario A2.....	179
Figura 129: Variación de rendimiento de los rubros en el Departamento de Alto Paraguay.....	180
Figura 130: Variación de rendimiento de los rubros en el Departamento de Boquerón.....	180
Figura 131: Variación de rendimiento en el Departamento de Presidente Hayes .....	181
Figura 132: Variación de rendimiento de los rubros en la provincia de Catamarca .....	182
Figura 133: Variación de rendimiento de los rubros en la provincia de Chaco .....	183
Figura 134: Variación de rendimiento de los rubros en la provincia de Córdoba .....	184
Figura 135: Variación de rendimiento de los rubros en la provincia de Corrientes .....	185
Figura 136: Variación de rendimiento de los rubros en la provincia de Formosa.....	186
Figura 137: Variación de rendimiento de los rubros en la provincia de Santiago del Estero .....	187
Figura 138: Variación de rendimiento de los rubros en la provincia de Jujuy .....	188
Figura 139: Variación de rendimiento de los rubros en la provincia de Tucumán .....	189
Figura 140: Variación de rendimiento de los rubros en la provincia de Salta.....	190
Figura 141: Variación de rendimiento de los rubros en la provincia de Santa Fe .....	191
Figura 142: Variación de rendimiento de los rubros en el Departamento de Chuquisaca .....	192
Figura 143: Variación de rendimiento de los rubros en el Departamento de Santa Cruz .....	193
Figura 144: Variación de rendimiento de los rubros en el Departamento de Tarija .....	194
Figura 145: Sensibilidad; área geográfica y rubros agrícolas.....	195
Figura 146: Indicadores de capacidad de adaptación. Nivel bajo .....	207
Figura 147: Análisis de indicadores de capacidad de adaptación. Nivel medio .....	208
Figura 148: Análisis de indicadores de capacidad de adaptación. Nivel alto .....	208
Figura 149: Vulnerabilidad para la década 2011-2020 .....	214
Figura 150: Vulnerabilidad para la década 2021-2030 .....	215
Figura 151: Vulnerabilidad para la década 2031-2040 .....	216
Figura 152: Resultados de la vulnerabilidad regional 2011-2040.....	218

# Introducción

El Portal Regional para la Transferencia de Tecnología y la Acción frente al Cambio Climático para Latino América y el Caribe (REGATTA) nace con el objetivo de tener un conocimiento exhaustivo de las instituciones claves en toda la región en materia de cambio climático, de forma que se puedan intercambiar experiencias y conocimientos entre ellas, buscando sinergias y contribuyendo al fortalecimiento de la región. REGATTA ha realizado acuerdos con diversos Centros de Conocimiento de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático en la región, con el fin de fortalecer su alcance y liderazgo a nivel regional, y para ello implementa un proyecto piloto para el establecimiento de una red regional de centros tecnológicos que apoyen a los países de la región en materia de desarrollo y transferencia de tecnologías, considerando tres componentes de REGATTA:

- Plataforma de Conocimiento Virtual
- Instituciones Claves y Centros Regionales de Conocimiento y Tecnología
- Asistencia específica en mitigación y adaptación al cambio climático

En este sentido, el consorcio integrado por la Universidad Nacional de Formosa (UNaF) de Argentina, La Fundación de la Cordillera (FC) de Bolivia y el Instituto Desarrollo (ID) de Paraguay, tiene a cargo la gestión del Centro de Conocimiento para la Región del Gran Chaco. Una de las actividades es realizar el estudio de "vulnerabilidad e impacto del sector agropecuario y de los recursos hídricos" para la región del Gran Chaco Americano. El objetivo del estudio es identificar las áreas más vulnerables, entender su capacidad de adaptación y proponer acciones de adaptación considerando la potencialidad de los ecosistemas. Los mismos se evalúan para el escenario climático (A2 del IPCC1) por un periodo de 30 años (2011-2040).

Este estudio responde a la necesidad de satisfacer la carencia de conocimiento en tres objetivos concretos. En primer lugar, proveer de información y de datos de forma homogénea a la población y a los gobiernos para desarrollar acciones y planes de adaptación priorizando sus acciones en función a las necesidades, para toda la región. Por otro lado, brindar una visión integrada de los problemas del Gran Chaco desde la perspectiva climática, orientada a la toma de decisiones de políticas públicas, se pretende dar información de situaciones a la cual podría estar expuesta la población en la región y en qué grado cabe esperar modificaciones en escenarios climáticos futuros y cómo afrontarlos mediante la incorporación de acciones dentro de las políticas públicas. Finalmente, disponer de los insumos para el desarrollo de otros estudios y proyectos que requiera una perspectiva integrada.

Este documento sintetiza los productos de los diferentes componentes (estudios sectoriales) del estudio de manera integral, y para una mejor lectura y comprensión se ha estructurado en ocho secciones principales en concordancia con la metodología integral de evaluación de vulnerabilidad desarrollada durante el estudio.

---

<sup>1</sup>La familia de líneas evolutivas y escenarios A2 describe un mundo muy heterogéneo. Sus características más distintivas son la autosuficiencia y la conservación de las entidades locales. Las pautas de fertilidad en el conjunto de las regiones convergen muy lentamente, con lo que se obtiene una población mundial en continuo crecimiento. El desarrollo económico está orientado básicamente a las regiones, y el crecimiento económico por habitante así como el cambio tecnológico están más fragmentados y son más lentos que en otras líneas evolutivas

## SECCIONES

**Sección 1.** Contexto General: Caracterización de la región en sus aspectos geográficos, político-administrativos, socio-demográficos, y económico-productivos.

**Sección 2.** Enfoque metodológico: Descripción de la metodología de integración del estudio, fuentes de información y procedimiento de verificación de la consistencia del procedimiento de agregación.

**Sección 3.** Análisis de los complejos ecosistémicos para la región: Se analiza la disponibilidad y estado de las funciones y servicios ecosistémicos en la región.

**Sección 4.** Exposición climática: Descripción de la metodología de escenarios climáticos y eventos extremos, tendencias climáticas para la región en el escenario A2. Periodo 2011-2040.

**Sección 5.** Análisis de Sensibilidad: Descripción de las metodologías aplicadas a la identificación de la sensibilidad del sector recurso hídrico y agropecuario.

**Sección 6.** Capacidad de Adaptación: Descripción de la metodología para la construcción de la capacidad de adaptación de la región.

**Sección 7.** Análisis de la Vulnerabilidad: descripción de la metodología de construcción del indicadores de la vulnerabilidad de la región. Análisis y conclusiones

**Sección 8.** Priorización de acciones para la adaptación: descripción de la metodología de priorización y lineamientos de acciones priorizadas para disminuir la vulnerabilidad en la región.

## Contexto General

El Gran Chaco Americano es una unidad ambiental que se extiende desde latitudes definitivamente tropicales (18°S), hasta ambientes claramente subtropicales (31°S), abarcando desde los 57° Oeste hasta los 66° Oeste. Constituye una gran llanura aproximadamente de 1,14 millones de Km<sup>2</sup> distribuidos en el centro norte de Argentina, oeste de Paraguay, sureste de Bolivia, y una pequeña parte del sur de Brasil (Pacheco, 2011; Verzino, 2006) (Figura 1).

Existen diversos criterios para clasificar este gran ecosistema, siendo el más aceptado aquel que lo define en función a tres sub-zonas: Chaco Sub-húmedo, con precipitaciones que van desde 1.200 a 700 mm; Chaco Semiárido, con 700 a 500 mm; y Chaco Árido, con 500 a 300 mm. De este modo, el régimen pluvial es el principal factor para definir las regiones y las actividades productivas.

La región presenta marcados gradientes climáticos. Las temperaturas medias anuales oscilan entre 18 y 26°C, en tanto que la evapotranspiración potencial varía entre los 900 mm en el Sur y 1.600 mm en la frontera entre Paraguay y Bolivia. Las lluvias presentan una marcada concentración estival, y consecuentemente, ocurrencia de inviernos secos, con registros del trimestre más seco del orden del 10-12% en el Chaco Húmedo, mientras que en el Chaco Seco y en el Árido, sólo alcanzan al 1-5%.

El 59% del territorio se encuentra dentro de territorio de Argentina, 13% de Bolivia, 23% de Paraguay y el 5% restante en Brasil. El Chaco Argentino abarca 675.000 km<sup>2</sup>, un 24% de la superficie continental de este país, e involucra a once provincias, ya sea total o parcialmente. En tanto que el Chaco Boliviano, el ecosistema chaqueño cubre un área de 153.000 km<sup>2</sup> (el 12% de su territorio nacional y está fragmentado en lo político y administrativo en tres departamentos. El Chaco Paraguayo, con una extensión de 257.000 km<sup>2</sup>, representa el 60% de su territorio nacional, y en lo político y administrativo comprende a tres departamentos.

El Gran Chaco Americano es un área natural singular ya que contiene una enorme diversidad de ambientes, tales como selvas ribereñas, bosques secos, sabanas y pastizales, matorrales desérticos, esteros, bañados y salares. Por la acción del hombre, gran parte de la región ha perdido su diversidad original y está siendo transformada en extensos arbustales o pastizales de pocas especies dominantes e intensa actividad agropecuaria.

La importancia biológica de la región se refleja en la representatividad de la vegetación total de los países que la integran; en el caso de Bolivia y Paraguay representan el 40% del total de ambos países. Además, la región es un importante centro de dispersión de ciertas especies de destacado valor genético y forestal, como algarrobos y quebrachos. La región comprende además una cantidad importante de formas endémicas.

Es importante destacar que más allá de las características biofísicas de la región chaqueña subyace una realidad esencial, que es la diversidad y complejidad social y cultural. Además de un mosaico muy rico de culturas indígenas, constituido por alrededor de veintiséis etnias, según estudios del Equipo Nacional de Pastoral Aborigen (ENDEPA, Argentina, 2011). En el Gran Chaco históricamente han convergido, producto de procesos migratorios de diversos orígenes y data, comunidades humanas de origen europeo o proveniente de otras latitudes del continente Americano, tales como las comunidades de menonitas del Chaco Paraguayo y Boliviano.

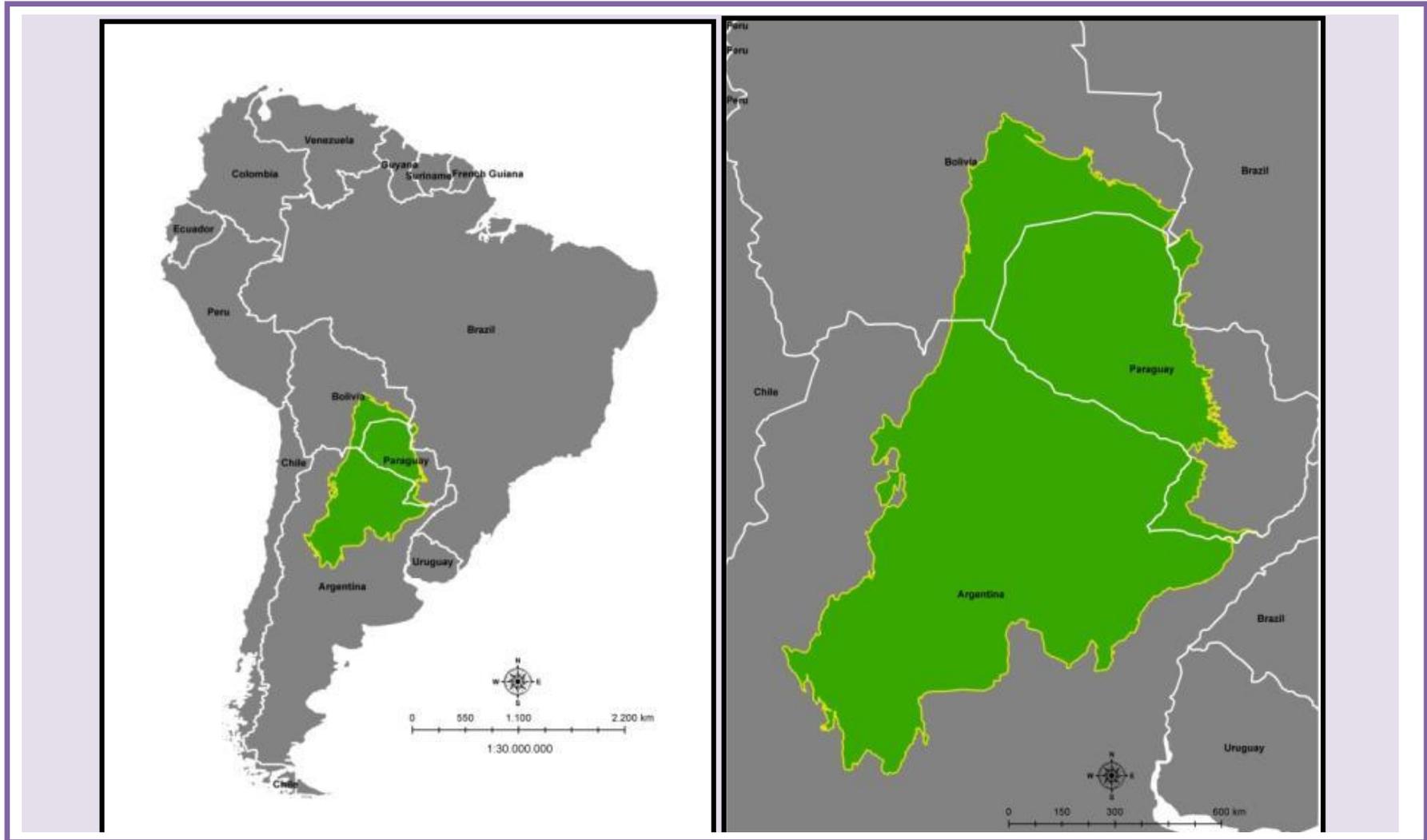


Figura 1: Localización del Gran Chaco a nivel de Sudamérica y a nivel regional.

La región chaqueña, como toda unidad ambiental, tiene límites naturales que no coinciden con los límites políticos establecidos por las naciones, los componentes naturales de esta región son compartidos más allá de las fronteras políticas. Sin embargo, conocer la organización política es fundamental a la hora de llevar a cabo la propuesta metodológica y el análisis de los resultados, así como el momento de considerar las políticas de los países y las acciones a ser recomendadas a nivel regional y nacional.

Los 675.000 km<sup>2</sup> existentes en Argentina comprenden la totalidad de las provincias del Chaco, Formosa y Santiago del Estero y parcialmente a las provincias de Salta, Jujuy, Tucumán, La Rioja, Catamarca, San Juan, San Luis, Córdoba, Santa Fe y Corrientes. Los 257.000 km<sup>2</sup> existentes en Paraguay abarcan la totalidad de los departamentos de Boquerón, Alto Paraguay y Presidente Hayes. En Bolivia los 153.000 km<sup>2</sup> del Chaco comprenden parcialmente los departamentos de Santa Cruz, Chuquisaca y Tarija.

En Argentina la organización es federal, las provincias poseen autonomía política, administrativa y económica, y se encuentran divididas a su vez en departamentos. Sin embargo, Bolivia y Paraguay tienen estructuras centralizadas, y los departamentos dependen del Gobierno Central.

El área de departamentos que corresponden al Gran Chaco Americano en Argentina son 133 en total. En Bolivia los límites de la región chaqueña no coinciden en su totalidad con los límites políticos de la Mancomunidad del Chaco Boliviano conformado por los 16 municipios de la región. En Paraguay, la Región Occidental o Chaco Paraguayo coincide en su totalidad con los límites políticos de los tres departamentos conformado por una totalidad de 15 distritos.

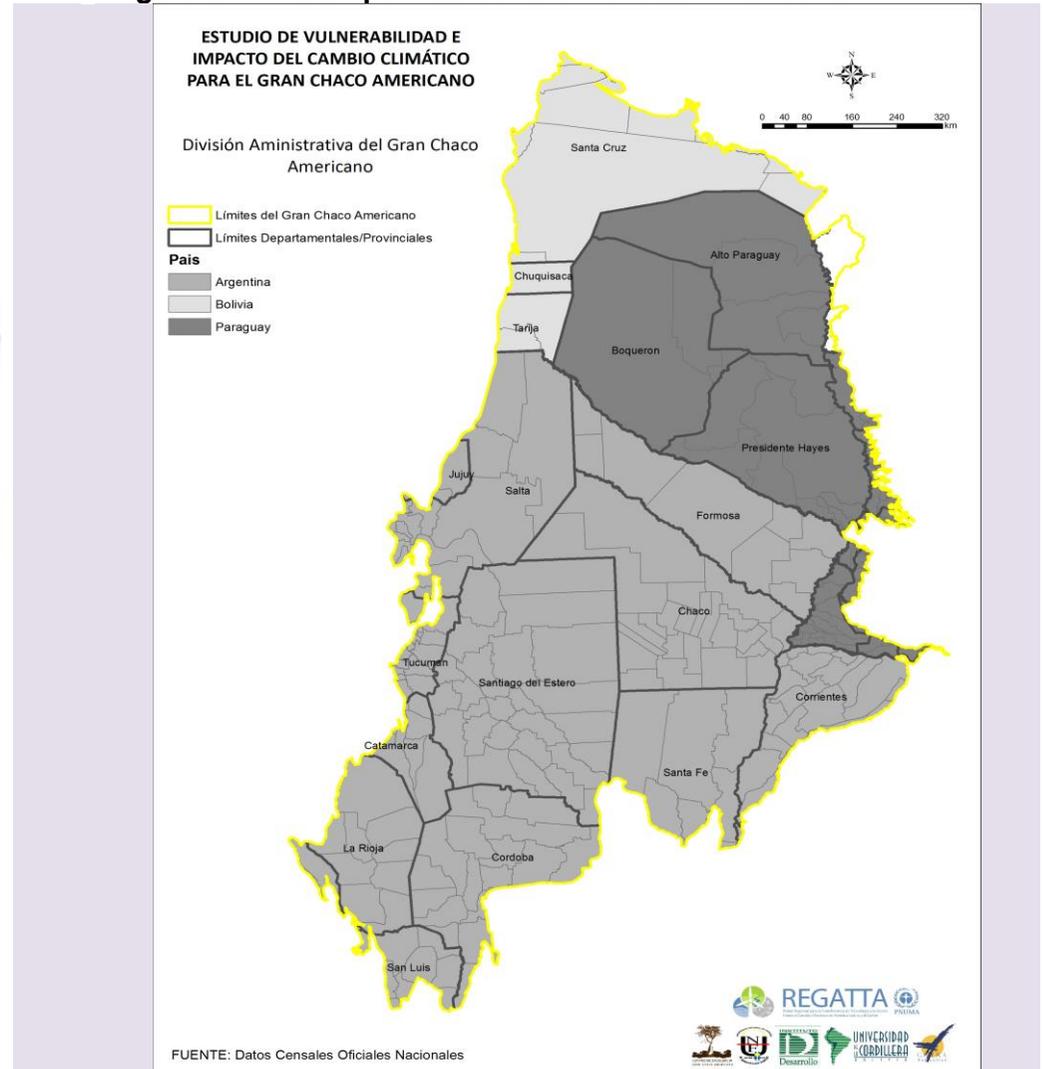
La figura 2 ilustra la superficie de cada país parte y sus porcentajes correspondientes y la figura 3 muestra la las unidades administrativas de cada país.

Figura 2: Gran Chaco Americano y los países parte



Fuente: Elaboración propia, EVICC Gran Chaco 2012

Figura 3: División política del Gran Chaco Americano



Fuente: Elaboración propia, EVICC Gran Chaco 2012

## 1.1 La población

La población de la región del Gran Chaco Americano se caracteriza por una distribución muy heterogénea. Esto responde a la oferta de condiciones apropiadas para grandes asentamientos y a la historia de los procesos de poblamiento de las tierras, fundamentalmente la disponibilidad de agua y las condiciones climáticas. También influenciaron en esta distribución las diferentes corrientes migratorias, principalmente de europeos (hasta el siglo XX), que se ubicaron buscando condiciones propicias según su cultura de origen.

En la región viven aproximadamente ocho millones novecientos mil personas (8,9 millones) y puede ser definida como multicultural y pluriétnica. La presencia humana en esta región data de aproximadamente 7.000 años. Los pueblos originarios han desarrollado una cultura estrechamente asociada a sus recursos naturales, siendo el hogar de grupos nómadas de cazadores-recolectores y pescadores y algunos grupos de agricultores sedentarios.

En el Chaco conviven dos conjuntos de pueblos originarios, siendo probablemente los más antiguos los llamados “cazadores-recolectores”. Estos pueblos, considerados característicos del Gran Chaco, están distribuidos en la mayor parte del territorio aunque poseen escasa densidad demográfica. Por otra parte, los “agricultores”, mucho más numerosos, están concentrados al oeste en el sector central y boreal contra el borde de las montañas. Se conoce que algunos de los pueblos agricultores penetraron en el área recién en el siglo XVI. (Atlas del Gran Chaco Americano, GTZ. 2006). Los indígenas chaqueños se clasifican por afinidad lingüística en cinco grupos de idiomas de los que los cuatro primeros corresponden a los “cazadores-recolectores” 1) Zamuco (Ayoreo y Chamacoco); 2) Guaycurú (Kaduveo, Toba, Pilagá y Mocoví); 3) Lengua-Maskoi (Enxet, Angaité, Sanapaná, Guaná y Toba-Maskoi); 4) Matako-Maká (Wichí, Chorote, Niwaqlé y Maká); mientras que el quinto corresponde a los “agricultores”; y 5) Tupí-guaraní (Guaraní occidentales, Izoceños, Guarayo y Tapiete). Cada uno de estos grupos están integrados por varias etnias, tales como Angaité, Avá guaraní – Chané, Ayoreo, Chiquitano, Chorote, Diaguita- Calchaqui, Enthlet Norte, Enxet Sur, Guaná, Guaraní Occidental, Guaraní ñandeva, Mak’á, Manjuí, Mocoví, Nivaclé, Pilagá, Senapaná, Tapiete, Toba, Toba Maskoy, Toba Qom, Tomaraho, Tonocote, Tonocote, Vilela, Wichí, Yshyr.

Con la conquista europea, muchas de estas comunidades se refugiaron en sectores inaccesibles del Chaco, manteniendo el corazón de la región libre de la influencia del blanco hasta fines del siglo XIX. Actualmente, estos grupos son los más afectados por la degradación de los recursos naturales.

En el mapa abajo se puede apreciar la distribución espacial de las etnias del Gran Chaco Americano. (Figura 4).



**Tabla 1: Pueblos Indígenas del Gran Chaco Americano**

### Chaco Argentino

Pueblo Indígena	Lengua o Familia	Actividad
Tapiete	Tapiete / Tupí Guaraní	Cazadores, recolectores, pequeños agricultores
Mocoví	Mocoví / Guaycurú	
Toncotés	Dialecto del Quichua / Arawak	Recolectores y pequeños ganaderos
Vileta	Lule Vileta	
Chané	Guaraní / Arawak	Agricultores, cazadores y recolectores
Guaraní	Ava Guaraní / Tupí Guaraní	
Chorote	Chorote / Mataco Mataguayo	Recolectores, cazadores y pequeños agricultores
Nivaclé-Chulupí	Nivaclé / Mataco Mataguayo	
Wichi	Wichi / Mataco Mataguayo	
Toba	Toba / Guaycurú	
Pilagá	Pilagá / Guaycurú	

### Chaco Boliviano

Pueblo Indígena	Lengua o Familia	Actividad
Chiquitano	Chiquitana	Agricultores y artesanos
Ayoreo	Ayoreo	Cazadores y recolectores
Guaraní	Tupí Guaraní	Agricultores y recolectores
Tapieté		Recolectores, pescadores, cazadores y pequeños agricultores.
Weenhayek	Weenhayek	Pescadores y recolectores

### Chaco Paraguayo

Pueblo Indígena	Lengua o Familia	Actividad	
Guaraní Ñandeva	Guaraní	Cazadores recolectores, agricultores, obreros y artesanos	
Guaraní Occidental (Avá Guaraní)			
Nivaclé	Mataco		
Maká			
Manjui			
Ayoreo	Zamuco	Cazadores y recolectores	
Yshyr Ybytoso			
Tomaraho			
Enlhet Norte			
Enxet Sur			
Angaité		Maskoy	Cazadores recolectores, agricultores, obreros y artesanos
Sanapaná			
Guaná			
Maskoy o Toba Maskoy	Guaycurú		
Toba Qom			

**Fuente:** Programa Integrado de Apoyo y Acompañamiento a la Defensa y Promoción de los Derechos de los Pueblos Indígenas del Gran Chaco Americano. Tomado de:

<http://www.observatoriodelgranchaco.org/el-observatorio/el-gran-chaco-americano/> 2012.

Por otro lado también los colonos menonitas han hecho y hacen aportes a la diversidad cultural de la región. Debido a su perseverante trabajo, han logrado en la actualidad un importante progreso tanto en actividades productivas, como en salud y educación, con lo cual se han convertido actualmente en un polo de referencia para indígenas y campesinos chaqueños principalmente en el Chaco de Paraguay y Bolivia.

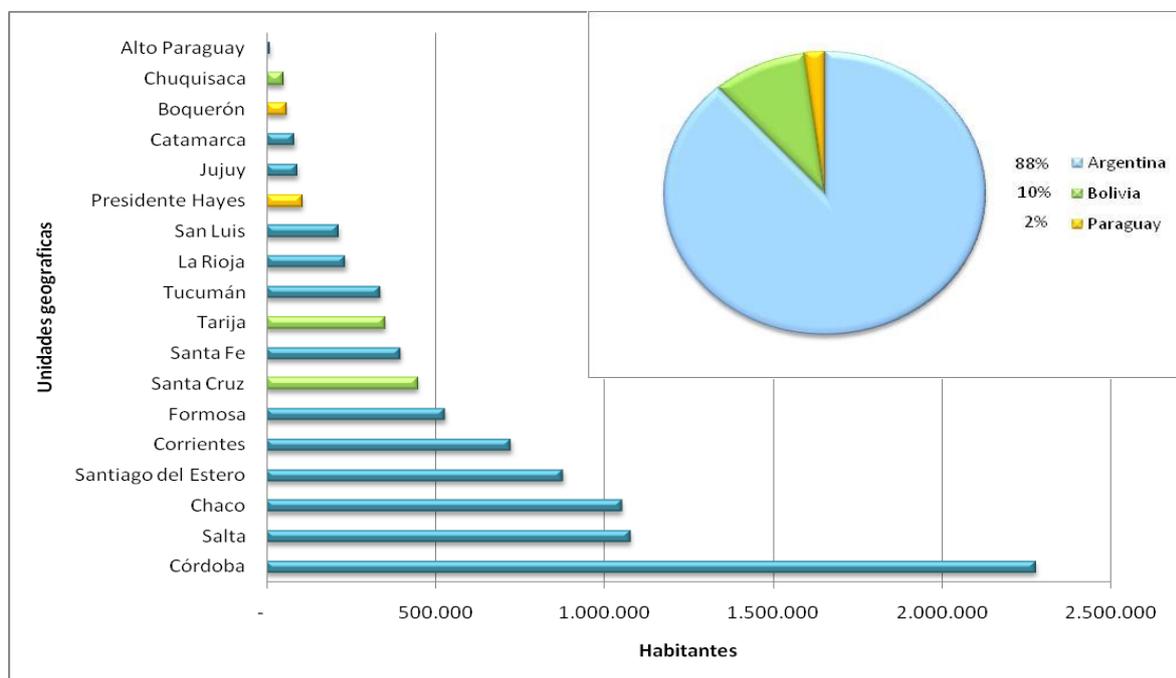
En el Chaco Argentino se presenta una mayor homogeneidad entre los grupos y asentamientos humanos, pues la población indígena o autóctona en Argentina es muy baja, llegando al 1 o 2% con respecto a la población total - siendo la zona del norte argentino, especialmente las provincias de Jujuy, Salta, Formosa y Chaco donde se concentra aproximadamente el 60% del total (Cervera, 2010).

En el Chaco Boliviano, y especialmente en el departamento de Chuquisaca, se presenta el mayor porcentaje de población indígena (73%, aproximadamente 376 mil personas). Sin embargo, se da una interacción entre otros grupos humanos como los inmigrantes, principalmente chapacos y quechuas de la zona andina, los mestizos chaqueños (se consideran como naturales de la región pero no indígenas) y los colonos mennonitas. (Pacheco, 2011).

En Paraguay también se produce una interacción de grupos o asentamientos humanos, pudiendo clasificarse básicamente en tres segmentos: los grupos indígenas, que representan aproximadamente 33% de la población chaqueña, asentados mayoritariamente en el Departamento de Boquerón (35% población indígena); los colonos menonitas que representan 14% de la población chaqueña; y los criollos (PNUD; s/f).

Seguidamente se ilustra el porcentaje de población total por países y la población por unidades geográficas. (Figura 5).

**Figura 5: Población del Gran Chaco, por países y por unidades geográficas**



Fuente: Dirección General de Encuestas, Estadísticas y Censos, proyección 2012 (Paraguay). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010 (Argentina). Instituto Nacional de Estadísticas. Proyecciones de Población por Provincias, Municipios, según Sexo, Edades Simples, y año calendario. Período 2001 – 2010 (Bolivia).

### 1.1.1 Población y grandes ciudades en el Chaco Americano

En las zonas periféricas de la Región del Gran Chaco Americano se encuentran las mayores concentraciones de población donde la densidad llega a más de 40 habitantes por kilómetro cuadrado, territorios correspondientes a Bolivia y Argentina. De la misma forma se identifican áreas donde la densidad promedio va desde los 10 a los 22 habitantes por kilómetro cuadrado; diferencia del Chaco Paraguayo donde la densidad poblacional no supera el habitante por kilómetro cuadrado.

Las mayores concentraciones corresponden a los centros urbanos. La distribución de población rural está íntimamente relacionada a los modos y formas de producción, fundamentalmente la agropecuaria. Mientras que en Paraguay y Bolivia existe aún un alto porcentaje de población rural (63 y 53 % respectivamente), en Argentina la tecnificación del campo por un lado y la carencia de servicios e infraestructuras en las áreas rurales por el otro, ha provocado procesos migratorios internos, llevando a los trabajadores rurales a buscar ocupación en los centros urbanos y a la vez mejores condiciones de vida.

Los pueblos aborígenes presentes en el Gran Chaco corresponden en gran parte a la población rural.

La distribución de los poblados y ciudades responde a la oferta de condiciones apropiadas para grandes asentamientos y a la historia de los procesos de poblamiento de las tierras. Las fundaciones de las primeras ciudades, en épocas coloniales españolas, respondieron a las necesidades estratégicas para la consolidación de la conquista del territorio. Proceso que no fue igual en toda la región chaqueña.

En el Chaco Paraguayo no hay grandes centros urbanos. En el centro de la región existen colonias de gran impacto en la economía nacional, ubicadas alrededor de Filadelfia, en el Chaco Central.

En el Chaco Boliviano los grandes centros urbanos se ubican al oeste de la región, siendo los de mayor población dentro de la Mancomunidad del Chaco Boliviano las ciudades de Camiri, Villa Montes y Yacuiba.

En Argentina los grandes centros urbanos se encuentran en los límites de la región chaqueña y hacia el centro de la provincia del Chaco. Esta urbanización es el resultado de varios procesos: la inmigración de los siglos XIX y XX, la mecanización del campo, el avance de grandes extensiones de monocultivos por parte de las agroindustrias y la concentración de industrias y servicios en las ciudades. Esto último ha contribuido y contribuye a una permanente migración de poblaciones campesinas hacia los centros urbanos.

De esta manera, las ciudades concentran aproximadamente el 67% de la población total de la región. Tanto la concentración de la población en los centros urbanos como su ubicación casi extra chaqueña limitan la identificación de gran parte de la población con el Chaco natural y rural.

El mapa a continuación representa la distribución de la densidad por distritos para la región del Gran Chaco. (Figura 6).

Figura 6: Densidad poblacional

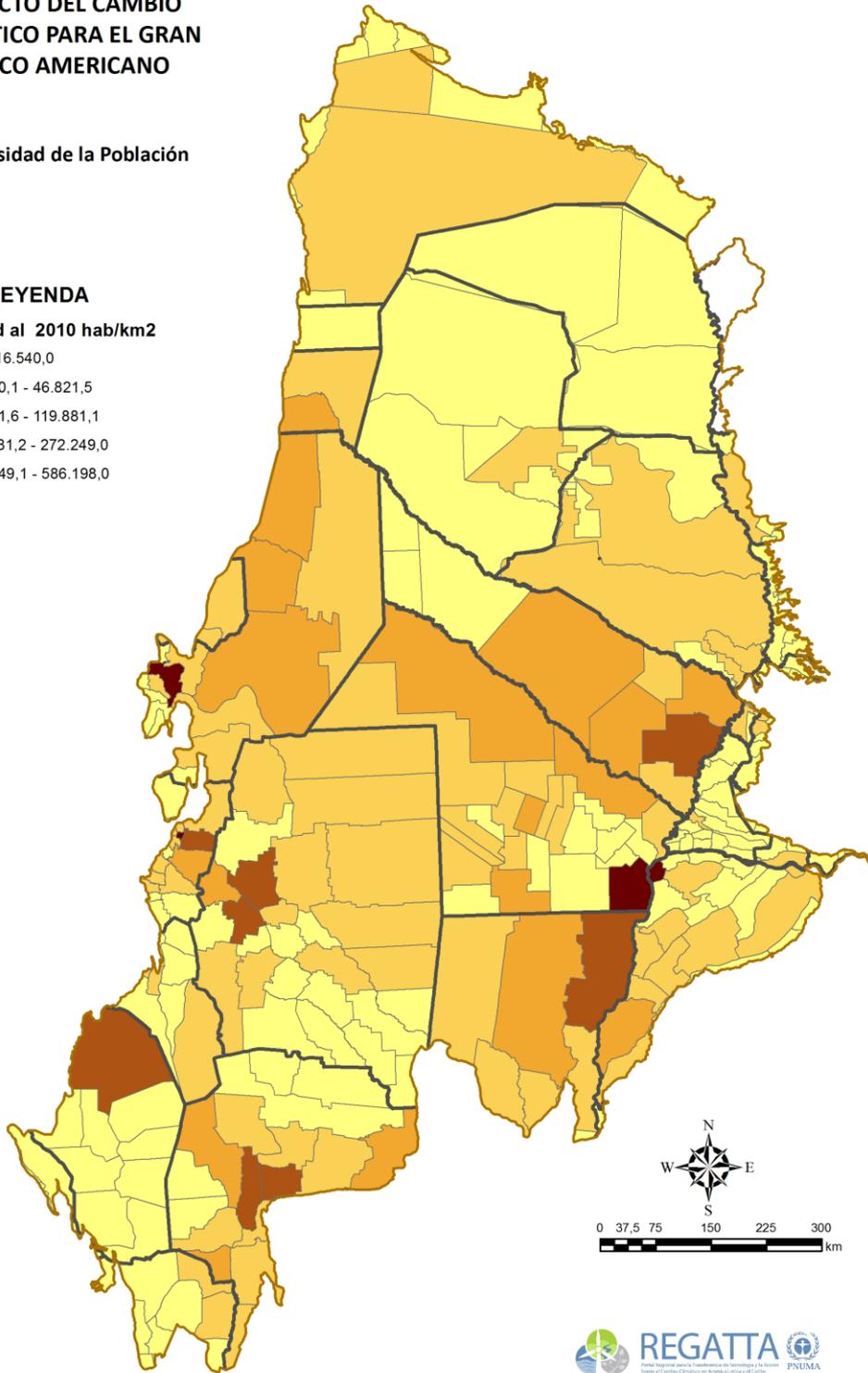
ESTUDIO DE VULNERABILIDAD E  
IMPACTO DEL CAMBIO  
CLIMÁTICO PARA EL GRAN  
CHACO AMERICANO

Densidad de la Población

LEYENDA

Densidad al 2010 hab/km<sup>2</sup>

- 0,0 - 16.540,0
- 16.540,1 - 46.821,5
- 46.821,6 - 119.881,1
- 119.881,2 - 272.249,0
- 272.249,1 - 586.198,0



Fuente: Elaboración propia, con datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC), Argentina. Instituto Nacional de Estadística (INE) de Bolivia. Dirección General Encuestas Estadísticas y Censos (DGEEC), Paraguay.

### 1.1.2 Aspectos sociales de la población

El porcentaje de viviendas con Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) es elevado en casi todas las provincias y departamentos que integran el Chaco Americano. En el caso del Chaco Boliviano muestra que el departamento de Chuquisaca tiene porcentajes muy elevados que oscilan entre el 81 y 99%, incluyendo su capital, Sucre, con 47% de NBI; en tanto Tarija, que también presenta elevados porcentajes de viviendas con NBI, se encuentra relativamente mejor que Chuquisaca, con cifras que se encuentran entre 59 y 98%.

En los departamentos del Chaco Paraguayo las mayores proporciones según la cantidad de NBI de los hogares, se encuentran en los casos con una o dos carencias, con 38,4% y 24%, respectivamente. Sin embargo, el porcentaje de hogares con altos niveles de carencia, es decir, con tres y cuatro NBI, también es alto; el 21,2% se encuentra en esta situación, porcentaje más de tres veces superior al promedio nacional (que representa 5,1% y 1,1%). Los distritos chaqueños que presentan mayores proporciones de hogares carentes son José Falcón, con una y dos (49,3% y 32%) y Puerto Pinasco, con tres y cuatro NBI respectivamente (33% y 10,6%). El distrito con menores porcentajes tanto con dos (17,9%), tres (6,9%) como con cuatro NBI (1,1%), es Benjamín Aceval. (DGEEC, 2005).

Para el caso del Chaco Argentino, el mayor peso de la pobreza, expresado por las necesidades NBI, se localiza en el Noroeste (NOA) y el Noreste argentino (NEA), donde la primera concentra casi un tercio de los pobres rurales y la segunda aproximadamente un 29%. Más específicamente, con respecto a las NBI, y atendiendo al Censo Nacional de Población y Viviendas 2010, en promedio 28,11% de los hogares presentan al menos una NBI; correspondiendo los mayores porcentajes a las provincias de Formosa, Salta, Santiago del Estero, Jujuy y Chaco. Asimismo el porcentaje de viviendas con una y dos privaciones resulta elevado, correspondiéndolas mayores cifras a las provincias de Jujuy, Córdoba y Catamarca para el caso de una privación; y Salta, Chaco y Formosa para el caso de dos privaciones.

Los principales indicadores de desarrollo social resumidos en las dimensiones de salud, educación y vivienda. (Tabla2).

**Tabla 2: Algunos indicadores sociales**

Unidades geograficas	Índice de desarrollo Humano	Salud		Educación		Vivienda	
		Médicos por 1000 habitantes	Tasa de mortalidad infantil	analfabetismo (mayores 15 años en %)	% de población (6-14 años) que asiste escuela	% viviendas sin agua entubada	% sin electricidad
<b>Argentina</b>							
Catamarca	0,780	118,00	16,0	18,9	97,5	12,13	11,08
Chaco	0,710	168,00	18,9	25,1	88,6	38,28	17,60
Córdoba	0,810	14,50	14,1	14,7	96,6	22,43	13,54
Corrientes	0,730	92,50	18,4	23,5	94,3	21,16	15,25
Formosa	0,690	194,00	22,4	26,0	94,4	36,84	28,36
Jujuy	0,730	146,00	19,9	22,9	90,6	21,94	24,24
La Rioja	0,780	66,50	16,2	16,9	97,8	9,41	13,22
Salta	0,740	137,50	18,7	23,0	96,7	20,14	28,21
Santa Fe	0,832	163,00	11,0	25,0	98,9	15,20	21,30
Santiago del Estero	0,710	195,10	11,3	23,4	91,3	42,29	37,90
Tucumán	0,780	52,00	13,6	19,1	95,0	13,33	6,84
<b>Bolivia</b>							
Chuquisaca	0,490	1,72	78,9	36,4	71,0	61,09	78,11
Santa Cruz	0,610	0,28	59,3	12,9	77,4	46,88	55,89
Tarija	0,590	0,35	60,9	21,1	72,6	40,19	53,38
<b>Paraguay</b>							
Alto Paraguay	0,660	1,15	30,4	20,2	32,4	84,04	40,62
Boquerón	0,680	2,30	93,1	16,7	64,7	94,24	39,66
Presidente Hayes	0,700	5,78	46,9	15,3	49,2	69,47	29,87

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC), Argentina. Instituto Nacional de Estadística (INE) de Bolivia. Dirección General Encuestas Estadísticas y Censos (DGEEC), Paraguay.

Con respecto a la tasa de mortalidad infantil, los departamentos que integran el Chaco Boliviano presentan las mayores tasas, en tanto las provincias del Chaco Argentino las menores.

Entre las primeras, la mayor tasa de mortalidad infantil se observa en el departamento de Chuquisaca (78,89 por mil), en tanto la tasa más baja se registra en la provincia de Santiago del Estero (11,26 por mil).

Con respecto a la educación, el porcentaje de analfabetos (es decir población de 15 años y más que no lee ni escribe), la situación entre la población del Gran Chaco Americano no presenta grandes diferencias con rangos que oscilan entre 13% y 36%, correspondiendo al departamento de Chuquisaca el mayor porcentaje.

Con respecto al porcentaje de población que asiste a la escuela, los departamentos que integran el Chaco Paraguayo presentan el menor porcentaje de asistencia escolar (rango 32% y 64%), en tanto las provincias que integran el Chaco Argentino presentan el mayor porcentaje de la población en edad de 6 a 14 años que asiste a la escuela con rangos que oscilan entre 88% y 97%.

Finalmente, el mayor porcentaje de la población que no cuenta con agua entubada se encuentra en el Chaco Paraguayo, mientras la cobertura más deficitaria de energía eléctrica se registra en las viviendas del Chaco Boliviano con rangos que van de 55% a 78% de falta de electricidad.

## **1.2 La producción agropecuaria**

Las principales actividades económicas desarrolladas en la región corresponden a la agricultura y ganadería, con excepción de Bolivia, donde la preeminencia se observa en la producción de hidrocarburos y en segundo lugar se ubican las actividades agropecuarias.

El rendimiento y la calidad de la producción agropecuaria en la región presentan discrepancias territoriales. Esto se atribuye a la potencialidad de uso de los suelos y al clima, en el cual el principal agente limitante es el recurso hídrico. Es importante complementar la información hídrica con la agropecuaria, a modo de comprender el escenario productivo de la región.

Los cultivos característicos de la región son el algodón, maíz, girasol, trigo y soja y la mayor parte de la producción se exporta como materia prima. La soja, un cultivo que estuvo restringido a áreas limitadas, se expandió sustancialmente en los últimos años principalmente por su elevada rentabilidad, avanzando sobre las tierras forestales de la Región Chaqueña. La mayor parte de la soja producida es de tipo transgénica y se exporta principalmente a Europa y Asia.

En cuanto a cifras, la superficie total cultivada en el Chaco Argentino asciende a 13.375.595 hectáreas, lo que representa 43,15% con respecto a la superficie total cultivada en la Argentina y una producción que orilla 40 millones de toneladas para el promedio de los últimos cinco años (2005-2010). Los rubros principales, atendiendo a la superficie sembrada, son la soja, el trigo, el maíz, girasol, algodón, sorgo, poroto y maní.

Sedebeañadir la producción de hortalizas y frutas, que si bien están asociadas a pequeños y medianos productores hortícolas, suman en conjunto volúmenes considerables para el autoconsumo y la producción de renta.

La producción ganadera es una de las fuentes de ingreso más importantes de la región. Las condiciones naturales de pasturas, barbechos y sistemas boscosos son utilizadas con fines ganaderos extensivo y semi-extensivo.

Los bovinos y los ovinos son los más producidos de la región. Las razas de ganado bovino varían con las condiciones de temperatura y precipitaciones siendo, en general, en la zona sur de tipo lechero o para carne (Holando Argentino o Aberden Angus), mientras que a medida que se hacen más adversas las condiciones climáticas, se encuentra ganado con distintas mezclas de cebú u otras razas tropicales (Nelore, Brahman). Los ovinos y caprinos son la principal producción ganadera en el Chaco Árido, dada su rusticidad y tolerancia a sequías y menores exigencias en materia de salinidad.

El Chaco Argentino alberga a 21.035.130 cabezas de ganado, tanto bovino, ovino, caprino, equino como porcino. En lo que a ganado caprino y bovino se refiere, Chiossone (2006) menciona que el Noreste Argentino (NEA)<sup>2</sup>, se constituye en una de las principales áreas, pues concentra el 25% del stock ganadero nacional. En tanto el Noroeste argentino (NOA)<sup>3</sup> es el de menor importancia en la producción ganadera. Aquí la ganadería es básicamente de tipo extensiva.

Asimismo, Chiossone (2006) menciona como otras características de la producción ganadera, la carga animal, especialmente en el NEA, siendo menor a 0,53 cabezas/Ha, y los índices de procreo relativamente bajos (50% actualmente). El NOA también presenta una producción primaria con muy poca industrialización de los productos.

Con respecto al cultivo de forrajes, esta actividad no es muy practicada, pues sólo en la Provincia de Córdoba, la superficie cultivada orilla tres millones de hectáreas, representando en las otras provincias muy baja superficie.

En Bolivia, y según la Encuesta de Hogares 2007, se menciona que un 35,8% de la población ocupada a nivel país se halla distribuida en el sector agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca, correspondiendo a las mujeres un porcentaje relativamente superior (38,2%) con respecto al de los hombres (33,8%). (INE, 2009).

En el Chaco Boliviano la principal actividad económica constituye la producción de hidrocarburos. Sin embargo, el sector que mayor cantidad de mano de obra emplea (199.065 productores), constituye el sector agropecuario, siendo la segunda principal actividad económica. En tanto, la superficie sembrada asciende a 2.241.893 hectáreas.

La agricultura de Bolivia es básicamente de subsistencia, tanto de la población campesina como indígena (principalmente aquellas que habitan el área sub-andina y pie de monte), reduciéndose los rubros de renta a la soja, caña de azúcar, girasol y maíz. El departamento de Santa Cruz concentra la mayor cantidad, tanto de superficie sembrada como de producción de los principales rubros, equivalente a 87,6% y el 89,6% respectivamente en relación a los totales representados por los principales rubros.

En tanto la ganadería, que se desarrolla predominantemente en la Llanura Chaqueña, se desarrolla bajo la modalidad de extensiva, con una carga animal que oscila entre 22 y 40 hectáreas por cabeza de ganado bovino, con alimentación del hato basado mayoritariamente en pastura natural y con escasa inversión en infraestructura. Presenta baja productividad relacionada a factores como inadecuada sanización del ganado, pasturas e infraestructuras inadecuadas y la gran limitante, la escasez de agua para el ganado. Sin embargo, y comparando con los campesinos dedicados a la agricultura, los ganaderos se encuentran mejor organizados poseyendo una estructura departamental, provincial y filiales locales, especialmente en la Llanura donde existen numerosos puestos ganaderos.

En el Chaco Paraguayo, datos del Censo Agropecuario Nacional (2008) refieren que la superficie cultivada asciende a 23.252 hectáreas, lo que representa 0,69% con respecto al total del territorio nacional, siendo el Departamento de Boquerón el de mayor superficie de cultivos.

Las condiciones climáticas y edafológicas de la región, hacen que la misma se constituya en la principal zona ganadera del país, con aproximadamente 8,2 millones de cabezas (según datos del Censo Agropecuario Nacional 2008), que se desarrollan en grandes y medianos establecimientos de explotación tipo extensivo, representando más del tercio del total nacional.

---

2 Noreste argentino (NEA) integran las provincias de Córdoba, Misiones, Norte de Santa Fe, Norte de Entre Ríos, Este de Chaco y Formosa y abarca 501.487 km<sup>2</sup>.

Noroeste argentino (NOA) integran las provincias de Jujuy, Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja, Santiago del Estero, Norte de Córdoba, Oeste de Chaco y Formosa. Abarca 559.864 km<sup>2</sup> y una población de 4.458.470 habitantes, lo que representa el 20 % y 12,3 % del total de Argentina respectivamente.

El sector de la ganadería bovina y de producción cárnica, según datos de la Asociación Rural del Paraguay (2010) experimentaron un crecimiento equivalente a 36,5% en un periodo de cinco años pasando de 3.332.402 cabezas en el año 2005 a 4.525.218 cabezas en el año 2010.

En tanto que el Censo Agropecuario Nacional de Paraguay del 2008 menciona que la cantidad de fincas donde se registró explotación pecuaria en el año 2008, ascendió a 6.677 unidades.

Con respecto al ganado de leche, los datos del Censo Agropecuario Nacional de Paraguay (2008) indican la existencia de 808 fincas que albergan 109.468 cabezas de ganado lechero. En la zona de Loma Plata se encuentra una de las principales industrias lácteas del Paraguay, donde la base nutricional para el ganado son principalmente las pasturas naturales, y en menor medida las pasturas implantadas.

La actividad ganadera en el Chaco Paraguayo es más bien extensiva, a semi-intensiva siendo la carga animal promedio 4,6 hectáreas por animal (ARP, 2010). Con respecto a la superficie utilizada por el sector ganadero en el Chaco, hay discrepancias, pues según el CAN (2008), asciende a 14.009.798 hectáreas, distribuidas en mayor proporción en el departamento de Presidente Hayes; mientras, los datos de la Asociación Rural del Paraguay dan cuenta que la actividad ganadera, en el año 2010, se desarrolló sobre un total de 20,8 millones de hectáreas distribuidas entre campos naturales, pasturas y bosques.

**Tabla 3: Contribución de los principales rubros agropecuario en la región.**

Argentina			Bolivia			Paraguay		
Rubro	Superficie	% con relación al Gran Chaco	Rubro	Superficie	% con relación al Gran Chaco	Rubro	Superficie	% con relación al Gran Chaco
Algodón	301.478	98,3%	Algodón	4.500	1,467%	Algodón	739	0,2%
Arroz	107.563	44,0%	Arroz	136.847	55,991%	Arroz	-	-
Caña Azúcar	82.406	38,7%	Caña Azúcar	129.678	60,9%	Caña Azúcar	1.023	0,48%
Maíz	1.986.210	85,8%	Maíz	329.075	14,213%	Maíz	-	-
Maní	199.689	90,8%	Maní	10.835	4,924%	Maní	9.513	4,3%
Papa	-	-	Papa	40.065	99,998%	Papa	1	0,0025%
Poroto	254.940	89,7%	Poroto	28.262	9,947%	Poroto	934	0,3%
Soja	10.498.245	92,6%	Soja	833.729	7,357%	Soja	-	-
Sorgo	423.450	75,6%	Sorgo	134.319	23,985%	Sorgo	2.239	0,4%
Trigo	2.391.950	96,5%	Trigo	86.592	3,494%	Trigo	-	-

Fuente: Serie Histórica, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Paraguay. Sistema Integrado de Información Agropecuaria (SIIA), Argentina. Instituto Nacional de Estadística (INE), Bolivia.

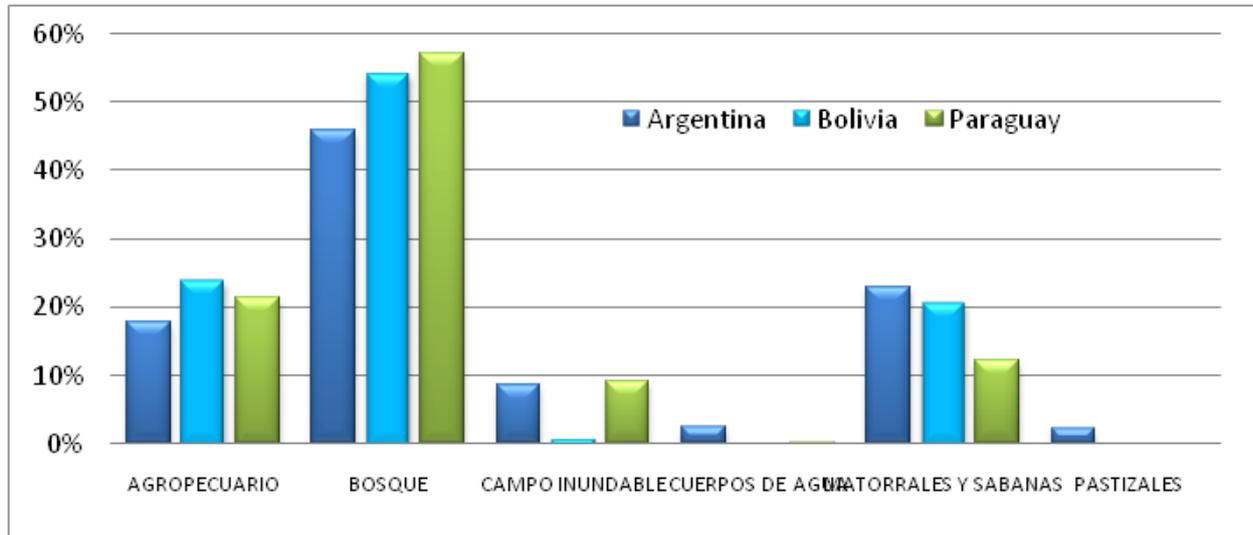
La Tabla 3, ilustra los diez rubros de importancia en cuanto a áreas sembradas para los países parte del estudio. Los mismos corresponden al promedio de los años 2004/5 al 2008/9. Adicionalmente, el número de cabezas de ganado bovino, corresponden a series históricas para el periodo 2000-2005, de fuentes oficiales.

### 1.2.1 Uso del suelo

En el Chaco Argentino la superficie utilizada por los establecimientos agropecuarios de pequeños productores corresponde al 17,8%, con 11.485.500 ha., los bosques ocupan el 45,8%, el 23,0% está ocupado por matorrales y sabanas y la superficie que corresponde a los campos inundables y cuerpos de agua es del 11,01%.

En Bolivia, los bosques ocupan el 54,0%, la superficie utilizada en los establecimientos agropecuarios corresponde a 2.949.900 ha, representando el 23,9%, los matorrales y sabanas ocupan el 20,8%, y la menor porción de tierra ocupan los matorrales y sabanas con el 1,0%.

**Figura 7: Uso de Suelo en el Gran Chaco Americano**



Fuente: Monitoreo del Gran Chaco Americano -2012. Guyra Paraguay.

En el Chaco Paraguayo el porcentaje de tierra utilizada para las explotaciones agropecuarias, representadas por las pasturas tanto natural como cultivada, alcanzan el 21,4%, la cantidad de suelo cubierto por bosques representa el 57,0%, en tanto que la superficie cubierta por matorrales y sabanas ocupan el 12,3%. El resto de la superficie corresponde a campos inundables y cuerpos de agua, con el 9,2%.

### 1.3 Recursos Naturales y biodiversidad

La región del Gran Chaco Americano presenta una gran diversidad de ambientes. Sobresale un neto predominio de extensas llanuras; la porción sudoeste ocupada por sierras; grandes ríos que la atraviesan en sentido Noroeste-Sudeste hasta su confluencia con el Paraguay-Paraná; sabanas secas e inundables, esteros, bañados, salitrales, y por supuesto, una gran extensión y diversidad de bosques y arbustales. Todo esto, se traduce en una alta diversidad de especies animales y vegetales que hacen del Chaco una de las áreas internacionalmente claves en términos de conservación de la biodiversidad. La importancia biológica del Gran Chaco Sudamericano se puede reflejar en cifras: en el sector boliviano-paraguayo, la flora representa el 40% de la vegetación total de ambos países; además, la región es un importante centro de dispersión de ciertas especies de destacado valor forestal, como algarrobos y quebrachos.

Se han registrado hasta la fecha 3.400 especies de plantas, 500 especies de aves, 150 de mamíferos, 120 de reptiles y alrededor de 100 especies de anfibios. La región comprende además una cantidad importante de formas endémicas, incluidos varios vertebrados, entre los que se destacan, el pecarí, especie redescubierta para la ciencia en 1974, la martineta chaqueña, mono nocturno/KaíPyhare (*Aotus azarai*), guanaco chaqueño (*Lama guanicoe voglii*), yaguareté (*Phantera onca*), tapir/mboreví (*Tapirus terrestris*), oso hormiguero/jurumí (*Myrmecophaga tridactyla*), puma (*Puma concolor*), venado/guazú virá (*Mazamagouazoupira*), taguá (*Catagonus wagneri*), pichiciego mayor o chaqueño (*Calyptophractus retusus*), armadillo gigante (*Priodontes maximus*), Aguará guazú (*Chrysocyon brachyurus*).

Entre las variedades forestales más destacadas se destacan los siguientes: quebracho colorado (*Schinopsis quebracho-colorado*), quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*), coronillo (*Scutiabuxifolia*), guayacán (*Caesalpinia paraguayensis*), samu'u o palo borracho (*Chorisia insignis*), guayaibí (*Cordia americana* L.), mistol (*Zyziphus mistol* Griseb), guaimí piré (*Ruprechtia triflora*), palo santo (*Bulnesia sarmientoi*), labón (Tabebuianodosa), urunde'y (*Astronium balansae*), palo blanco (*Callycophyllum multiflorum*), palo lanza (*Phyllostylon rhamnoides*), yvyráyaká (*Geoffroea striata*), algarrobo (*Prosopis* sp), indio kumandá (*Capparis retusa*), payaguánaranja (*Capparis speciosa*), saca sandía (*Capparis salicifolia*), entre otros.

Actualmente los bosques secos son los ecosistemas más amenazados y con mayor priorización de cara a una estrategia mundial de conservación. Si se evalúa globalmente los bosques xerofíticos, el Chaco sudamericano representa la mayor extensión medianamente conservada que queda en la Tierra.

La fragilidad de los ecosistemas chaqueños se basa en el tipo de los suelos –mayormente arenosos y pobres en nutrientes –, las escasas e irregulares precipitaciones, los fuertes vientos y las altas temperaturas, que en conjunto hacen más que difícil los procesos de recuperación de la vegetación nativa y la producción de biomasa.

Se resaltan el excesivo pastoreo o inadecuadas prácticas de manejo de pastizales; la tala de árboles para fabricar carbón y durmientes o traviesas para las vías de ferrocarril y la deforestación con fines agrícolas en áreas susceptibles a la erosión eólica.

Los sistemas ecológicos terrestres se definen específicamente como grupos de comunidades vegetales que tienden a co-ocurrir en el paisaje gracias a su relación con factores comunes y determinantes como procesos ecológicos, sustratos y/o gradientes ambientales.

Entre los complejos más importantes de acuerdo a su valor relativo, se tienen:

- **Regulación:** Chaco de los Llanos y Valles Interserranos, del Abanico aluvial antiguo del Parapetí, de los Médanos, Chaco Serrano Puntano-Cordobés, Transición Chaco Monte, Salinas de la Mar Chiquita (más diverso), Otros complejos de salinas menos diversos.
- **Soporte:** del Río Dulce, Bajos sub-meridionales, zonas de inundación y humedales, Transición Chaco-Pantanal, Valle fluvial de los ríos Paraná y Paraguay, del Chaco oriental del Alto Río Paraguay, del Chaco oriental del Bajo Río Paraguay, de los paleocauces colmatados del Pilcomayo, del Río Pilcomayo, del Abanico aluvial antiguo del Pilcomayo, del Chaco transicional a la Chiquitania sobre el Escudo Precámbrico, de Cerro León, del Abanico aluvial antiguo del Parapetí, de los Médanos, Terraza del Río San Francisco.
- **Provisión:** Chaco de los Llanos y Valles Interserranos, Interfluvio del Bermejo-Pilcomayo, Transición Chaco-Pantanal, del Abanico aluvial antiguo del Parapetí, de los Médanos.

En la región existe cerca de 477 sistemas ecológicos (69%) pertenecen a las “tierras firmes” o no inundables, 199 tipos (29%) son humedales, y 17 tipos (2%) son complejos. En cuanto a la fisonomía predominante de la vegetación, 512 tipos (71%) son predominantemente leñosos, es decir bosques o arbustales, mientras que 198 tipos (28%) son predominantemente herbáceos; solo 17 tipos (2%) tienen cobertura vegetal muy escasa.

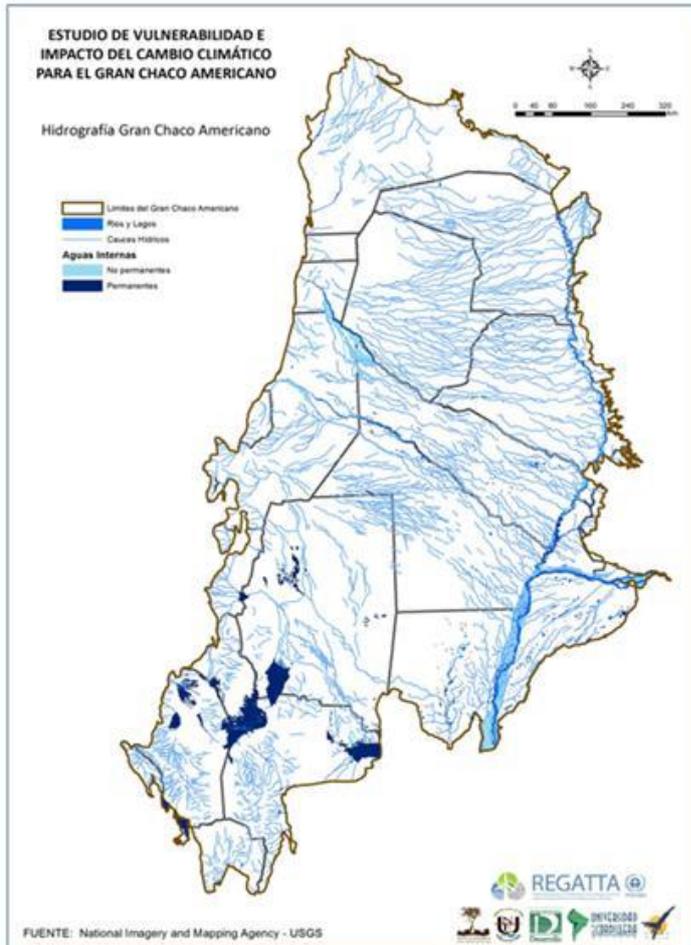
#### 1.4 Los recursos hídricos

El Gran Chaco se encuentra comprendido en su mayor parte en la gran Cuenca del río de la Plata, con una porción al norte que pertenece a la cuenca del río Amazonas, del río Grande y de los bañados del Izozog, y otra porción al sur que corresponde a la cuenca endorreica de las Salinas Grandes y la Laguna Mar Chiquita.

#### Figura 8: Mapa de recursos hídricos. Gran Chaco

La hidrografía está representada por una extensa red de cursos de agua permanentes, semi-permanentes y efímeros que serán descritos y analizados por una especialista en la materia. En términos generales se puede establecer que la red hídrica del Gran Chaco tiene muchas particularidades, y en muchas áreas el agua en ambientes lénticos y lóticos es un factor limitante para el desarrollo de la biodiversidad, la que se muestra adaptada a condiciones de sequías y forma de acumular agua en épocas de abundancia de agua, para hacer frente a las extensas sequías.

Esta situación ha sido un factor limitante para los asentamientos humanos y también para el avance de la frontera agrícola. En el oeste del Chaco, porción boliviana, y parte de la porción argentina, donde el Chaco comienza a ubicarse en zonas de lomadas y sierras (Chaco Serrano), con aparición de rocas y piedras, el agua no es un factor limitante, ni lo ha sido.



Fuente: National Imagery and Mapping Agency. USGS

### 1.4.1 Aguas Subterráneas

Las aguas subterráneas en el Gran Chaco Americano se ubican en los sedimentos de los abanicos de los ríos, creando los acuíferos. Una de las particularidades de la zona son los acuíferos profundos con mayor capacidad de acumulación de agua y poca capacidad de recarga y los acuíferos someros, que se recargan con aguas de lluvia, y en algunos lugares se forman bolsones de agua dulce, los cuales pueden ser fácilmente salinizados con una explotación inadecuada.

En el oeste, en depósitos relativamente gruesos, se encuentra agua dulce que se formó durante el Pleistoceno en profundidades de más de 50 metros. Pero en el Chaco central y oriental, con sedimentos más finos y menos permeables, la profundidad del agua subterránea es menor a 3 metros, la evaporación directa del acuífero y la evapotranspiración de la cobertura vegetal resulta en una acumulación de sal. En esta región el agua es generalmente salada. El agua potable se encuentra exclusivamente en lugares con condiciones especiales.

La salinidad de las aguas subterráneas en la cuenca del Chaco se debe a la existencia anterior de un mar de poca profundidad, de ambiente restringido, que ha dejado sus sales, se suma a esto la evaporación que contribuyeron en gran manera para la ocurrencia de evaporitas.

**Figura 9: Mapa de acuíferos. Gran Chaco**

Las condiciones climáticas actuales impiden la regeneración de los acuíferos con agua dulce.



Los sedimentos gruesos y permeables en el oeste serían favorables, pero las precipitaciones son demasiado escasas. En la parte central y oriental, donde las precipitaciones serían suficientes, los sedimentos demasiado finos dificultan la infiltración y facilitan la evaporación.

En el extremo norte del Chaco, sedimentos paleozoicos con una capa meteorizada se encuentran cerca de la superficie. Son finos y casi impermeables, están a poca profundidad y, por lo tanto, no se forman acuíferos.

Los acuíferos al igual que las aguas superficiales son reservorios de vital importancia para la vida de la región. Las alteraciones superficiales, como desmontes, contaminación de suelos, construcciones, entre otros, afectan la recarga y las cualidades del agua subterránea, condicionando la vida de los pueblos de la región.

Fuente: Cooperación Técnica Alemana (GTZ).

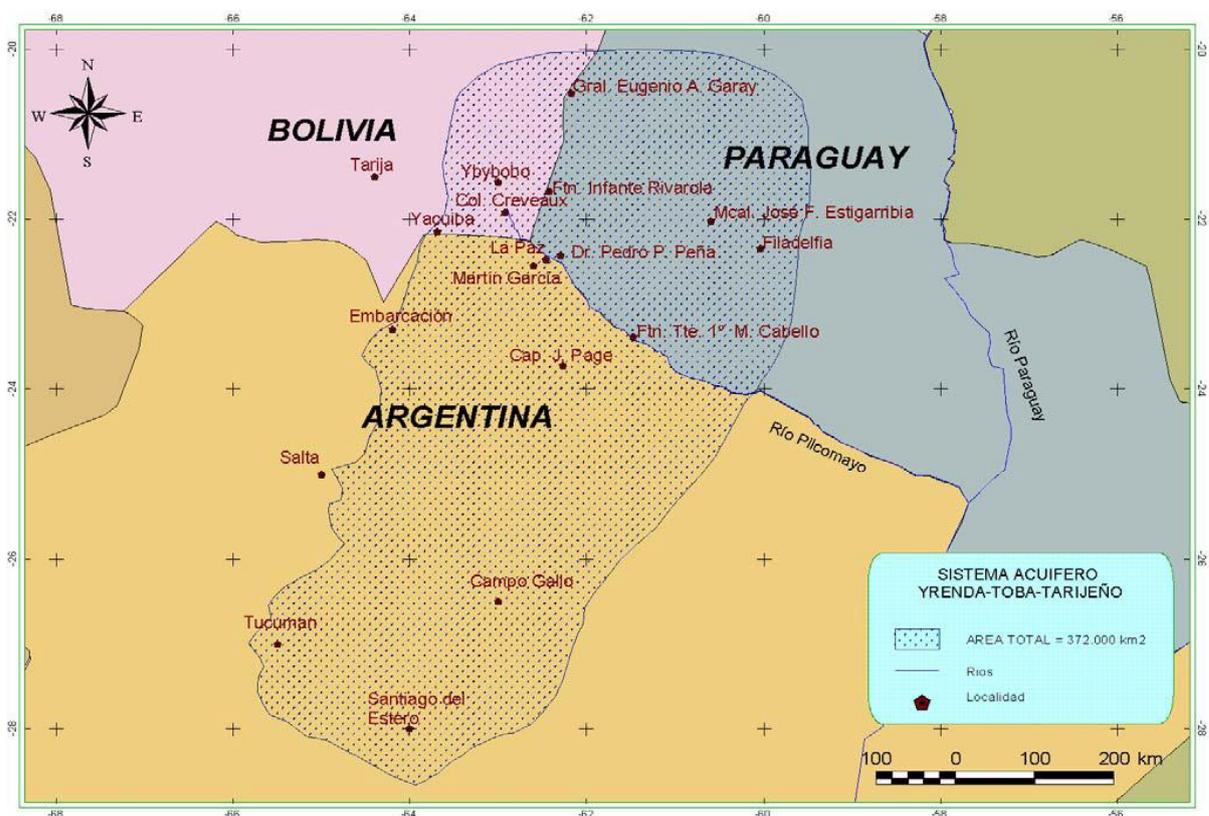
Agua subterránea en Formaciones Cuaternarias, se encuentran en paleocauces y mesocauces en la región del Chaco, y en la zona cercana al río Paraguay. Su carácter es local y están constituidos por arenas, limos y conglomerados, con espesor entre 10 a 60 metros.

Por su parte, la región Occidental componente de la Cuenca pericratónica del Chaco está constituida por Paleocauces y Mesocauces con agua dulce.

El Sistema Acuífero Yrendá-Toba-Tarijeño (SAYTT), con una extensión de aproximadamente 350.000 km<sup>2</sup>, es parte del Chaco y representa el más importante reservorio de agua dulce de esta región. Su potencial de agua subterránea (tanto en cantidad como calidad) es hasta ahora poco conocido.

Este Sistema SAYTT es un complejo de agua subterránea confinado y semi-confinado de edad terciario-cuaternario, con sedimentos arenosos finos, medios a gruesos, intercaladas con estratos de material arcilloso, ubicado al Sur de la línea 21° de latitud Sur en el Gran Chaco Americano. Este Sistema Acuífero (SA) es transfronterizo. En Paraguay se denomina Yrendá y se extiende en los territorios de los Departamentos de Boquerón y Presidente Hayes, en la parte del territorio argentino, recibe la denominación de Acuífero Toba, y en la parte andina de Bolivia, se denomina Tarijeño por su ubicación en el departamento de Tarija.

**Figura 10: Ubicación y extensión del Sistema Acuífero Yrendá – Toba – Tarijeño**



Fuente: Cooperación Técnica Alemana (GTZ).

## 1.5 Los Gobiernos y el marco Institucional

Un análisis del marco institucional de los países que conforman la región provee valiosa información sobre el avance de la institucionalización de políticas relacionadas al manejo de los temas concernientes a la variabilidad climática. Se presenta a continuación un breve resumen del marco regulatorio, la legislación y las instituciones encargadas de las políticas relacionadas al tema, haciendo énfasis a acciones de adaptación ante el cambio climático.

### 1.5.1 Argentina. Marco regulatorio e institucional

La Constitución Nacional Argentina (1994) distribuye competencias entre la Nación y las Provincias por su estructura federal, estableciendo que el uso de los recursos naturales (incluyendo el agua y el suelo) está bajo jurisdicción provincial (art. 124) y el gobierno federal solo está autorizado a adoptar "*Presupuestos Mínimos de protección ambiental*" (art. 41). En particular, en lo que hace a la adaptación, el gobierno federal no tiene competencias para determinar zonificación, uso del suelo y manejo agrícola, gestión de los recursos hídricos y obras de infraestructura, salvo con acuerdo de la provincia involucrada.

No existe una legislación específica sobre cambio climático a nivel nacional en Argentina. Sin embargo, se designan presupuestos para la protección ambiental.

Cabe resaltar la Ley General del Ambiente N. 25.675 (2002) en la cual no se hace referencia al cambio climático, pero se establece la necesidad de coordinar entre jurisdicciones en materia de ordenamiento ambiental, la realización de estudios de impacto ambiental, y el seguro ambiental para actividades que conlleven un riesgo para el ambiente.

La Ley de Protección Ambiental del Bosque Nativo N. 26.631 (2007) tampoco hace referencia al cambio climático o la adaptación, pero es relevante para la adaptación, ya que establece las bases para crear un plan general de ordenamiento forestal del bosque nativo, el cual obliga a las provincias a adoptar una suspensión a la deforestación hasta tanto se aprueben los respectivos planes de ordenamiento forestal dentro de sus territorios.

No se requieren estudios de impacto ambiental para las actividades agrícolas, salvo para otorgar permisos de deforestación. El uso de los recursos hídricos y acciones de gestión de los mismos también se determina en la mayoría de los casos por cada provincia, salvo la realización de obras de envergadura en cursos de agua compartidos por dos o más provincias, para los cuales existen mecanismos de consulta (dependiendo del tipo de obra y las provincias involucradas).

Con respecto a los acuerdos internacionales, Argentina ha ratificado todos los principales convenios ambientales, incluyendo el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB, 1994); el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC, 1994) y su Protocolo de Kyoto, (2001); y el Convenio de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD, 1996).

A nivel internacional, Argentina ya presentó su segunda comunicación nacional al CMNUCC en 2006 y está trabajando sobre la tercera. En la segunda Comunicación Nacional dedica un capítulo a la adaptación en el sector agrícola y recursos hídricos, incluyendo necesidades de investigación, barreras y desafíos.

Con relación a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Desertificación (UNCCD), Argentina presentó su Plan de Acción Nacional (1997) y tres informes nacionales en los cuales se identifican buenas prácticas para responder a la sequía. Con relación al CDB, Argentina presentó cuatro Informes Nacionales, el último de ellos en 2010, el cual identifica al cambio climático como una amenaza pero no incluye información sobre adaptación (salvo una referencia a la mencionada adopción de la Ley de Bosque Nativo) y una Estrategia Nacional de Biodiversidad (2004).

La autoridad de aplicación del Convenio Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto es la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS) y

depende de la Jefatura de Gabinete de Ministros del Gobierno Nacional. Dentro de esta Secretaría, se ubica la Subsecretaría de Promoción del Desarrollo Sustentable y de ella depende la Dirección de Cambio Climático e incluye una unidad de evaluación de riesgos ambientales.

La dirección de Cambio Climático consta con el apoyo de un Comité Gubernamental de Cambio Climático (CGCC), instancia de articulación institucional en materia de cambio climático del cual es parte el Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto, Ministerio de Economía, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Ministerio de Educación, Ministerio de Agricultura, Ministerio de Salud, Ministerio de Trabajo, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Secretaria de Energía, Secretaria de Industria y Comercio, Secretaria de Transporte, Subsecretaria de Recursos Hídricos, Subsecretaria de Planificación Territorial.

A nivel de instituciones científicas y técnicas trabajando en el tema de cambio climático, se resalta la labor del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), que ha desarrollado actividades en el ámbito de la adaptación en el sector agrícola, y el Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA) en temas de recursos hídricos y glaciares, el Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE).

#### **1.5.1.1 Acción para la Adaptación actual**

Actualmente, Argentina participa activamente en proyectos de adaptación, varios de los cuales tienen componentes de investigación. Temáticamente, se focaliza en actividades de la agricultura, de recursos hídricos, zonas costeras y la gestión del riesgo de desastres, así como con impactos macroeconómicos en general. Se identificó un caso específico de proyecto de adaptación, iniciativa denominada "*Servicios Agrícolas Provinciales PROSAP III*", financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), que propone la aplicación de determinadas medidas de adaptación relacionadas con la agricultura a nivel comunitario

#### **1.5.2 Bolivia. Marco regulatorio e institucional**

Bolivia cuenta con varios instrumentos legales y de planificación desde los años noventa. Entre ellos es pertinente mencionar la Ley del Medio Ambiente (Nº1333, 1992) y el Plan Nacional de Cuencas y Plan Nacional de Riego ambos vinculados al tema de cambio climático. Bolivia ha desarrollado un Programa Nacional de Cambios Climáticos (PNCC), el cual enfoca actividades relacionadas a áreas temáticas: (i) Componente de Capacitación, Sensibilización y Educación, (ii) Programa de Establecimiento de proyectos de Mitigación y Adaptación, (iii) Plan Nacional de Adaptación, (iv) Establecimiento de Líneas de Base, (v) Fortalecimiento de Capacidades Investigadoras; (vi) Salud y (vii) Conocimientos y saberes tradicionales.

En este contexto, Bolivia aprobó en 2007 un documento denominado Mecanismo Nacional de Adaptación al Cambio Climático (MNACC), en el ámbito del Plan de Acción Quinquenal del PNCC. El Mecanismo Nacional de Adaptación al Cambio Climático, tiene por objeto:

- Reducir la vulnerabilidad al cambio climático en sectores identificados como vulnerables,
- Promover la adaptación planificada en el marco de los distintos programas sectoriales, y
- Reducir riesgos a los impactos del cambio climático.

El plan consta de una evaluación de las características de los ecosistemas bolivianos y una estimación de los sectores más vulnerables al cambio climático, y los impactos esperados en sectores sensibles como la salud, los recursos hídricos, los ecosistemas, los desastres naturales y los centros urbanos. Tiene además un programa específico para la adaptación de los recursos hídricos al cambio climático.

El Plan, adicionalmente, tiene como objetivo generar la base para la creación de un Fondo Nacional de Adaptación con donantes externos, que permita cubrir los costos que significa el cambio climático ante la presencia cada vez mayor de eventos extremos, la pérdida de glaciares, la pérdida de cultivos, la pérdida de infraestructura, los problemas de salud derivados

de las nuevas circunstancias climáticas, las migraciones poblacionales, etc. Dentro del mismo contexto, el PNCC, en coordinación con el Viceministerio de Ciencia y Tecnología, elaboró un Plan Integral de Investigación del Cambio Climático.

Asimismo, en 2006 Bolivia adoptó el Programa Regional Andino ante la retractación acelerada de los glaciares, y tomó medidas expresas para obtener acceso al agua en ciudades claves como El Alto y Puchukollo. También se ha dispuesto un proyecto principal que es la construcción de una segunda represa de gran capacidad en Alto Hampaturi para la ciudad de La Paz. En materia de adaptación Bolivia ha patrocinado un programa de prevención de desastres en sectores vulnerables, un programa de adaptación de sistemas de subsistencia vulnerables.

Entre 2008 y 2012, Bolivia ha realizado importantes inversiones en proyectos de agua potable, saneamiento y riego. A partir de 2012 se crea el programa “Mi Agua” con una inversión promedio anual de cien millones de dólares en riego y agua potable con el propósito de proveer el acceso al agua pero también asegurar condiciones que permitan adaptarse al cambio climático<sup>4</sup>.

En relación a los Convenios Internacionales, Bolivia ha ratificado los tratados multilaterales relevantes para la adaptación: ratificó el CMNUCC (1994) y el Protocolo de Kyoto (1999), así como el Convenio para Combatir la Desertificación (UNCCD, 1996) y el Convenio de Diversidad Biológica (CDB, 1994). También presenta regularmente sus informes nacionales al UNCCD (el último en el año 2006) en el cual se menciona el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. Bolivia presentó dos comunicaciones nacionales a la CMNUCC (la última en 2009) y un informe nacional a la Convención de Diversidad Biológica (CBD) (1997).

El Ministerio de Agua y Medio Ambiente es la institución competente en materia de Cambio Climático, a través del Viceministerio de Medio Ambiente y Cambios Climáticos y sus Dependencias. En 1995 se crea el Programa Nacional de Cambios Climáticos (PNCC) y el Consejo Interinstitucional de Cambio Climático (CICC) por Decreto Supremo 25.558.

En el mes de septiembre de 2012 se aprobó en la Asamblea Legislativa del Estado Plurinacional de Bolivia la Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien, norma que incluye disposiciones sobre cambio climático y funda una institucionalidad específica con competencias en el tema, así como una política de cambio climático en la perspectiva de construir puentes entre las propuestas internacionales presentadas por ese país y las políticas nacionales.

Con relación al marco institucional con competencias en cambio climático, la Ley establece:

- i) la creación de un Consejo Plurinacional para Vivir Bien en Armonía y Equilibrio con la Madre Tierra que se constituye en una instancia de seguimiento, consulta y elaboración participativa de políticas, planes, programas y proyectos;
- ii) la creación de la Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra, como una entidad estratégica y autárquica, que tiene competencias en planificación, gestión, monitoreo y evaluación sobre cambio climático, además de administrar y ejecutar políticas y estrategias, planes y programas relacionados con el mismo; y
- iii) Mecanismos dependientes de esta Autoridad Plurinacional para desarrollar intervenciones en mitigación y adaptación al cambio climático; iv) la creación del Fondo Plurinacional de la Madre Tierra como un mecanismo financiero que tiene la función de administrar, canalizar y asignar recursos financieros para actividades de cambio climático en coordinación con el Banco Central de Bolivia.

La Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra tiene competencias en planificación, gestión, monitoreo y evaluación sobre cambio climático, además de administrar y ejecutar políticas y

---

<sup>4</sup>Véase Orellana 2010, Ortuño 2012.

estrategias, planes y programas relacionados con el cambio climático, es una de las entidades centrales para garantizar el respeto de los derechos de la Madre Tierra en la práctica. Ésta autoridad está orientada en términos prácticos a fortalecer y promover acciones de mitigación y adaptación al cambio climático, impulsando y fortaleciendo el desarrollo de sistemas productivos sustentables en el país.

La ley establece la creación de tres mecanismos para la gestión de la adaptación y la mitigación climática los mismos que serán administrados por la Autoridad de la Madre Tierra, de acuerdo al siguiente detalle:

- **Mecanismo Conjunto de Mitigación y Adaptación para el Manejo Integral de los Bosques y la Madre Tierra.** Tiene el objetivo de fortalecer, conservar y proteger los sistemas de vida y sus funciones ambientales promoviendo y fortaleciendo la gestión social y comunitaria integral y sustentable de los bosques en el marco de metas conjuntas de mitigación y adaptación de los bosques. Se trata de un mecanismo no basado en mercados de carbono, y se constituye en un instrumento alternativo a los mercados de carbono en el contexto de REDD+. Bolivia propuso este mecanismo en la Conferencia de Cambio Climático sobre Cambio Climático (COP 17) en Sudáfrica logrando su inclusión en la Decisión final como Enfoque. Asimismo la COP 18 en Doha (Qatar) emitió el mandato mediante una decisión de desarrollar el Enfoque o Mecanismo y presentar una propuesta de decisión para su aplicación en la COP 19.
- **Mecanismo de Mitigación para Vivir Bien.** Está orientado a fortalecer y promover acciones de mitigación climática, incluyendo reducciones, limitaciones y acciones que eviten las emisiones de gases de efecto invernadero en distintas actividades industriales, productivas y energéticas entre otras.
- **Mecanismo de Adaptación para Vivir Bien.** Está orientado a gestionar los procesos de adaptación al cambio climático en el marco de proyectos y acciones concretas.

El Mecanismo de Bosques y Madre Tierra tiene el propósito de promover el manejo integral y el aprovechamiento sustentable de los bosques y los sistemas de vida de la Madre Tierra, la conservación, protección y restauración de los sistemas de vida, de la biodiversidad y las funciones ambientales, facilitando usos más óptimos del suelo a través del desarrollo de sistemas productivos sustentables, incluyendo los agropecuarios y forestales, para enfrentar las causas y reducir la deforestación y degradación forestal, en un contexto de mitigación y adaptación al cambio climático. A través del Mecanismo de Mitigación el respeto a la Madre Tierra se realiza vía un marco regulatorio, operativo y metodológico para alcanzar un manejo energético eficiente en los actores productivos con acciones de responsabilidad climática y ambiental empresarial que eviten las emisiones de gases de efecto invernadero en distintas actividades industriales, productivas y energéticas entre otras. Finalmente, el Mecanismo de Adaptación está enfocado a impulsar procesos de adaptación al cambio climático en el marco de acciones de resiliencia climática, gestión integral del agua, y gestión para la prevención y reducción del riesgo a los impactos del cambio climático.

### **1.5.2.1 Acción para la Adaptación actual**

Bolivia está involucrada en un gran número de proyectos y programas de adaptación en comparación con otros países de América del Sur, la mayoría de los cuales son parte de los proyectos regionales o mundiales. Muchos de estos proyectos se centran en cuestiones relacionadas con la agricultura y / o el suministro de agua, dos sectores que han sido identificados como particularmente vulnerables al cambio climático debido a la retracción de los glaciares, los cambios de temperatura y las precipitaciones.

Una de estas iniciativas explícitamente considera la vulnerabilidad de los ecosistemas. Otros proyectos tienen por objeto fortalecer las capacidades nacionales para incorporar los riesgos climáticos en las políticas y programas y abordar las preocupaciones relacionadas con la salud humana, otro sector prioritario. La mayoría de los proyectos se centran en provisión de agua, investigación y desarrollo de capacidades.

Se espera que cuando la nueva ley que incluye una política de cambio climático sea reglamentada y entre en funcionamiento su institucionalidad se pueda impulsar proyectos y acciones de adaptación al cambio climático.”

### **1.5.3 Paraguay. Marco regulatorio e institucional**

La Constitución Nacional paraguaya garantiza el derecho de toda persona a habitar en un ambiente saludable y ecológicamente equilibrado, siendo objetivos prioritarios de “interés social la preservación, la conservación, la recomposición y el mejoramiento del ambiente, así como su conciliación con el desarrollo humano integral. Estos propósitos orientarán la legislación y la política gubernamental.” (art. 7). También, la misma Constitución Nacional dispone que las actividades que puedan producir alteración ambiental sean reguladas por ley (art. 8).

En materia institucional, con la implementación de la Ley 1561/00, que crea el Sistema Nacional del Ambiente (SISNAM) y la Secretaría del Ambiente (SEAM), se establece como autoridad de aplicación del Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático y su Protocolo de Kioto.

En febrero del año 2001, se promulgó el Decreto 14.943 que crea el Programa Nacional de Cambio Climático (PNCC), con dos órganos una Comisión Nacional de Cambio Climático (CNCC) como legislativo y hacedor de políticas constituido por 17 instituciones públicas, privadas, de la sociedad civil y de la academia; y un órgano ejecutivo, la Oficina Nacional de Cambio Climático.

La CNCC fue diseñada como un órgano colegiado, de carácter interinstitucional, como instancia deliberativa, consultiva y resolutoria de la política nacional sobre el Cambio Climático. La Comisión Nacional de Cambio Climático está integrada por las siguientes entidades: Secretaría del Ambiente, que preside la Comisión; Ministerio de Relaciones Exteriores, que ejerce la vicepresidencia; Ministerio de Industria y Comercio; Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones; Ministerio de Hacienda; Ministerio de Agricultura y Ganadería; Secretaría Técnica de Planificación; Oficina Nacional de Meteorología; Administración Nacional de Electricidad - ANDE; Red de Organizaciones Ambientales; Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Nacional de Asunción (UNA), Facultad de Ingeniería UNA; Facultad de Ciencias Agrarias UNA; Facultad de Ciencias Exactas y Naturales UNA; Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción; Unión Industrial Paraguaya; y Asociación Rural del Paraguay.

En relación a los convenios internacionales Paraguay ratificó la CMNUCC a través de la Ley N° 251 de 1993, Protocolo de Kyoto, fue ratificado mediante la Ley N° 1.447 de 1999, ratificó la Enmiendas del Protocolo de Montreal relativo a sustancias que agotan la capa de ozono, así como el convenio de Lucha contra la Desertificación y la Sequía, ratificado mediante la Ley N° 970/96 y el Convenio sobre Diversidad Biológica, ratificado el 29 de noviembre de 1993, mediante la Ley N° 253/93.

Paraguay ha presentado ante la Convención Marco de las Naciones Unidas su Segunda Comunicación Nacional donde buscó desarrollar programas clave para la identificación de medidas de adaptación ante el cambio climático y hacer frente a la mitigación de gases de efecto invernadero en diversos sectores como salud, agropecuario, recursos hídricos, ecosistemas frágiles y asentamientos humanos.

También se elaboró un Plan Quinquenal de Cambio Climático 2008-2012 el cual ha contemplado objetivos institucionales, líneas estratégicas y estrategias funcionales que permitan implementar a nivel local los preceptos contenidos en las iniciativas globales. El objetivo del Plan es el de fortalecer la capacidad técnica e institucional del Paraguay en relación al conocimiento, actitudes y prácticas en la implementación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), e insertar la temática en las políticas públicas como un eje transversal que permee los distintos planes nacionales y sectoriales del país.

En el año 2011 se concretó la construcción de la Política Nacional de Cambio Climático, como marco rector para definir las actividades a ser desarrolladas por los Sectores Público, Privado y la Sociedad Civil en general de manera coordinada en relación a la problemática del Cambio Climático buscando contribuir con la estabilización de los gases efecto invernadero, promover medidas de adaptación y asegurar el desarrollo sustentable. La misma, junto con el análisis de los planes nacionales de gobierno constituye la línea de base de la construcción de la Estrategia Nacional de Mitigación.

Sin embargo, se reconoce que las acciones e iniciativas de adaptación deben ser definidas e implementadas a nivel nacional o subregional, pues los impactos y las vulnerabilidades son específicos de cada lugar. Es por eso que se propone desarrollar cuatro planes de acción como componentes de esta estrategia, que se interrelacionan entre si y responden a los lineamientos y prioridades establecidas en la Política Nacional de Cambio Climático.

#### ***1.5.3.1 Proyecto de Acción para la Adaptación***

Solo se conoce el estudio de Vulnerabilidad del Gran Chaco, el cual incorpora una evaluación local para el Chaco Paraguayo en cuatro comunidades. Este estudio proporcionará la vulnerabilidad de los diferentes sistemas de producción y en un ambiente caracterizado con una diversidad de culturas. El país ha finalizando su segunda comunicación nacional, documento que refleja estudio de vulnerabilidad en sectores específicos liderados por la Secretaría del Ambiente.

Paraguay ha identificado las necesidades prioritarias que incluyen la agricultura, la ganadería, los recursos hídricos y la salud humana, sectores que se repiten, como prioritarios en varios estudios. Los proyectos nacionales identificados que incorporan estudios de vulnerabilidad y adaptación relacionados a las áreas mencionadas son la Primera y Segunda Comunicación Nacional, el estudio Impacto Económico del Cambio Climático y el estudio Capacidades para responsables de políticas: Hacer frente al cambio climático en sectores clave. Es necesario establecer una estrategia de adaptación nacional.

**Tabla 4: Marco Institucional. Argentina.**

Institución encargada de Cambio Climático	Órgano multidisciplinario de consulta	Proyectos de mitigación	Proyectos de adaptación
<p><b>Argentina</b>  <b>Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable</b>  <b>Dirección Nacional de Gestión del Desarrollo Sustentable</b></p>	<p><b>Comité Gubernamental de Cambio Climático (CGCC):</b> Ministerio de Relaciones Exteriores Comercio Internacional y Culto, Ministerio de Economía, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Ministerio de Educación, Ministerio de Agricultura, Ministerio de Salud, Ministerio de Trabajo, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Secretaria de Energía, Secretaria de Industria, Comercio y PyME, Secretaria de Transporte, Subsecretaria de Recursos Hídricos, Subsecretaria de Planificación Territorial, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA), Comisión Nacional de Energía Atómica (CONEA) y Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mitigación de emisiones a través del desarrollo de la utilización de Energías Renovables</li> <li>• Plan Nacional de Mitigación. Mitigación de emisiones en el Sector Transporte</li> <li>• Mitigación del Cambio Climático Mediante la Captura de Carbono</li> <li>• Mitigación de Emisiones a través de la Reducción de las Emisiones de Metano Entérico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyecto: Incremento de la Resiliencia Climática y Mejora de la Gestión Sustentable del Suelo en el Sudoeste de la Provincia de Buenos Aires-Argentina.</li> <li>• Proyecto de Vulnerabilidad y adaptación al Cambio Climático para la gestión y desarrollo local</li> <li>• Programa de Trabajo de Nairobi sobre impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio</li> <li>• Programa Nacional de Adaptación y Planes Regionales de Adaptación</li> <li>• Programa Nacional sobre Impacto del Cambio Climático</li> <li>• Proyecto Ordenamiento Pesquero y Conservación de la Biodiversidad en los humedales fluviales en los Ríos Paraná y Paraguay, República</li> <li>• Programa de Acción Subregional del Gran Chaco Americano</li> <li>• Proyecto Evaluación de necesidades tecnológicas para adaptación y mitigación del cambio</li> <li>• Proyecto Econormas - Lucha contra la Desertificación y efectos de la sequía.</li> </ul>

Fuente: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS), Argentina

**Tabla 5: Marco Institucional. Bolivia.**

Institución encargada de Cambio Climático	Órgano multidisciplinario de consulta	Proyectos de mitigación	Proyectos de adaptación
<p><b>Bolivia</b>  <b>Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra (APMT)</b>  <b>(En proceso de organización institucional al 2013)</b>  <b>Ministerio de Agua y Medio Ambiente</b>  <b>Vice ministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad y Cambios Climáticos</b></p>	<p>Consejo Interinstitucional del Cambio Climático (CICC): Presidido por Ministro (titular) de Desarrollo Sostenible y Planificación y Viceministro de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Desarrollo Forestal (alterno), además lo conforman el Ministro de Relaciones Exteriores y Culto, Ministro de Hacienda, Ministro de Desarrollo Económico, Ministro de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Ministro de Comercio Exterior e Inversión, Liga de Defensa del Medio Ambiente (ONG's), Academia Nacional de Ciencias (instituciones académicas), Confederación de Empresarios Privados de Bolivia (sector privado).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diversos proyectos pilotos relacionados con adaptación y mitigación climática.</li> <li>• Programa de Reducción de Emisiones debidas a la Deforestación y Degradación de Bosques (REED).</li> <li>• Programa: Implementación del Mecanismo de Desarrollo Limpio• Proyecto de Acción Climática de Noel Kempff</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa “Mi Agua”</li> <li>• Programa de Agua para Áreas Periurbanas y Pequeñas Comunidades</li> <li>• Proyecto Andino de Adaptación a la Retracción de Glaciares.</li> <li>• Proyecto Piloto Programme Climate Resilience.</li> <li>• Proyecto Mejorando la Gestión del Agua en Bolivia: Incentivos para Promover el Manejo Sostenible en Cuencas y Mejorar los Medios de Vida Rural Internacional para el Medio Ambiente y Desarrollo.</li> <li>• Programa Marco para la Gestión Sostenible de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Plata en relación con los efectos hidrogeológicos de la variabilidad y el cambio climático.</li> <li>• Programa Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. (Prometa)</li> <li>• Programa Gestión de Riesgos y Cambio Climático (Prometa, Tarija)</li> <li>• Programa Gestión Sustentable de Recursos Naturales</li> <li>• Programa de Reducción del Riesgo de Desastres Naturales – PRRD</li> <li>• Proyecto del Desarrollo de Capacidades de Recursos Humanos para Agricultura Bajo Riego (JICA)</li> <li>• Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable, PROAGRO (GT)</li> <li>• PROYECTOS EJECUTADOS: Plan de Acción Quinquenal, que en sus tres versiones ejecuto aproximadamente 30 proyectos en educación, mitigación, investigación y adaptación al cambio climático en zonas altamente vulnerables, ejecutado directamente por el PNCC.</li> <li>• El Mecanismo Nacional de Adaptación al Cambio Climático, ejecutado por el PNCC, mediante el cual se introdujo la temática de cambio climático en varios Ministerios establecidos en el Mecanismo como sectores estratégicos. (entre ellos: el Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, el Ministerio de Salud y Deportes)</li> </ul>

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAA), Bolivia

**Tabla 6: Marco Institucional. Paraguay.**

Institución encargada de Cambio Climático	Órgano multidisciplinario de consulta	Proyectos de mitigación	Proyectos de adaptación
<p><b>Paraguay</b>  <b>La Secretaría del Ambiente (SEAM)</b>  <b>Dirección de Planificación Estratégica</b></p>	<p>Secretaría del Ambiente, que preside la Comisión; Ministerio de Relaciones Exteriores, que ejerce la vicepresidencia; Ministerio de Industria y Comercio; Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones; Ministerio de Hacienda; Ministerio de Agricultura y Ganadería; Secretaría Técnica de Planificación; Oficina Nacional de Meteorología; Administración Nacional de Electricidad - ANDE; Red de Organizaciones Ambientales; Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Nacional de Asunción (UNA), Facultad de Ingeniería UNA; Facultad de Ciencias Agrarias UNA; Facultad de Ciencias Exactas y Naturales UNA; Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción; Unión Industrial Paraguaya; y Asociación Rural del Paraguay.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de las tendencias y comportamiento en las áreas de Brown Issues y greenIssues en el marco de MDL en el Paraguay</li> <li>• Potencial de mitigación relacionado con los efluentes líquidos y la producción de biodiesel a partir de grasa de las plantas de faena (Industria Frigorífica)</li> <li>• Análisis del potencial de mitigación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) relacionado con los efluentes líquidos de los establecimientos tamberos y porcinos</li> <li>• Estudio de potencial de mitigación de las industrias azucareras y alcoholeras del Paraguay</li> <li>• Análisis del potencial de mitigación de GEIs relacionados a la disposición de los Residuos Sólidos Urbanos</li> <li>• Plan de Eliminación HCFC (SEAM PNUD</li> <li>• Programa Reducción de Emisiones debidas a Deforestación y Degradación de Bosques (REED - PNUD)</li> <li>• Plan de Eliminación Total de CFCs PNUMA</li> <li>• Estudios de Economía del Cambio Climático en Sudamérica. Paraguay</li> <li>• Medidas de mitigación del sector energético en Paraguay</li> <li>• Medidas de mitigación del sector no energético en Paraguay</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis Vulnerabilidad &amp; Adaptación al cambio climático para el sector agrícola.</li> <li>• Análisis de Vulnerabilidad &amp; Adaptación al cambio climático para el sector ganadero.</li> <li>• Análisis de Vulnerabilidad &amp; Adaptación en al cambio climático para el sector salud pública</li> <li>• Análisis de Vulnerabilidad &amp; Adaptación al cambio climático para el sector asentamientos humanos.</li> <li>• Análisis de Vulnerabilidad &amp; Adaptación al cambio climático para el sector ecosistemas frágiles.</li> <li>• Análisis de Vulnerabilidad &amp; Adaptación al cambio climático para el sector recursos hídricos.</li> <li>• Mejoramiento de la Equidad en la Adaptación a través del Marco de Coaliciones para la Acción.</li> <li>• Evaluación de flujos de inversión y de financiamiento para la adaptación de los sectores agricultura y salud y para la mitigación del sector forestal.</li> <li>• Estudios de Economía del Cambio Climático en Sudamérica. Paraguay.</li> <li>• Diagnóstico Socioeconómico</li> <li>• Análisis Sectorial de Recursos Hídricos</li> <li>• Análisis Sectorial Agropecuario</li> </ul>

Fuente: Secretaría del Ambiente (SEAM), Paraguay.

## Alcance y enfoque metodológico

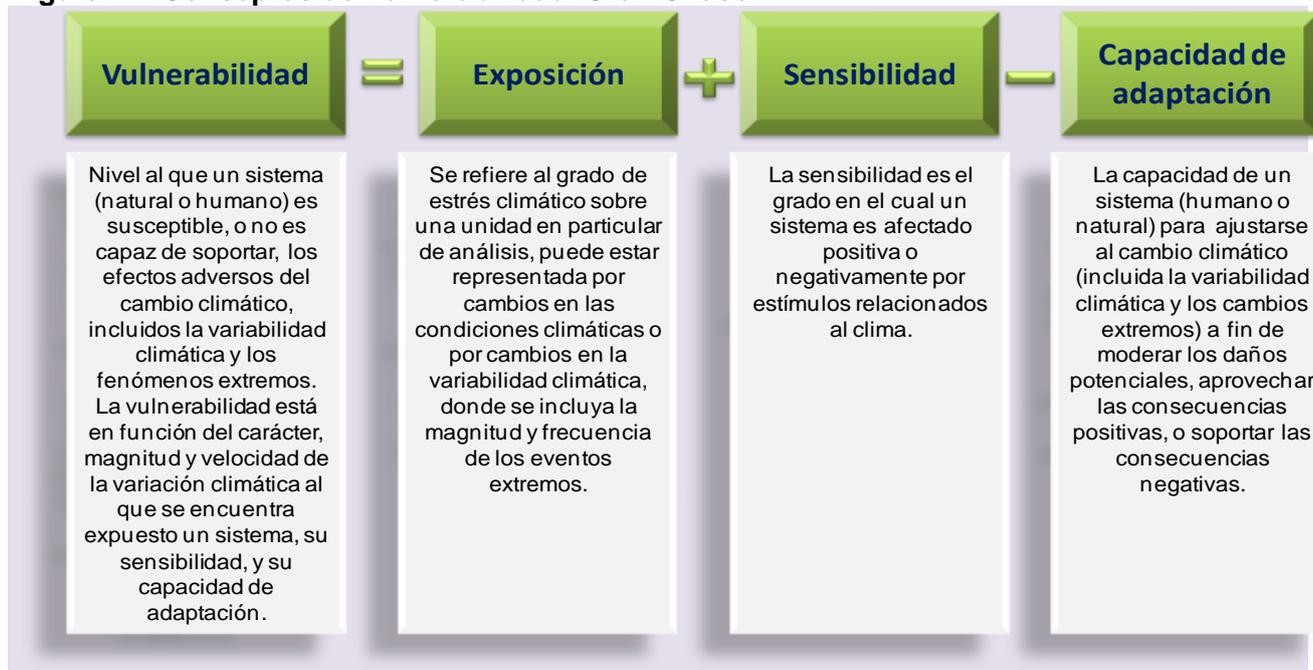
El estudio de "Evaluación de vulnerabilidad e impacto del cambio climático en el Gran Chaco Americano" tiene como objetivo identificar las áreas más vulnerables, entender sus capacidades y proponer acciones priorizadas de adaptación considerando la potencialidad de los ecosistemas y de sus instituciones.

El enfoque metodológico se fundamenta en el concepto de vulnerabilidad utilizado por Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC5), el cual incorpora la exposición, la sensibilidad y la capacidad de adaptación. Estos, así como todos los términos técnicos empleados en este trabajo, se ajustan a la definición del IPCC, en su versión en castellano, "Cambio Climático 2001: Informe de síntesis". Además de la definición conceptual, todas las variables relevantes se precisan con una definición operacional, que describe el procedimiento seguido para su determinación.

El cambio climático es considerado como una variación estadística importante en el valor medio o en la variabilidad del clima, ya sea debido a procesos naturales o como resultado de la actividad humana.

El procedimiento para la estimación de la vulnerabilidad ante el cambio climático se expone, en el esquema de abajo, considerando sus elementos y orden de evaluación en el desarrollo de este estudio.

**Figura 11: Conceptos de Vulnerabilidad. Gran Chaco**



Fuente: Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2007)

Analizar la exposición, sensibilidad y la capacidad de adaptación provee valiosa información para comprender y evaluar la influencia del clima sobre la sociedad. Sin embargo, su incorporación al proceso de toma de decisiones sobre políticas públicas requiere considerar las líneas estratégicas del gobierno y sus prioridades ya establecidas, así como la información técnica de estudios como el presente. Por este motivo, se incorpora un procedimiento para estructurar la información y priorizar acciones, que tome en cuenta las preferencias así como la información técnica disponible.

5 El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) es un organismo establecido con el propósito de entregar información científica, técnica y socioeconómica a las autoridades, de manera políticamente relevante pero neutral.

De acuerdo a la metodología propuesta, el primer elemento a determinar es la exposición del sistema bajo estudio. Esto se realiza a través de la construcción de escenarios climáticos basados en modelos numéricos del clima, que generan niveles de temperatura y precipitación que resultan de las condiciones que se asumen existirán bajo el escenario dado. En este estudio se utiliza el escenario A2, definido por el IPCC<sup>6</sup>.

Posteriormente, se lleva a cabo la estimación de la sensibilidad. Este componente busca determinar el nivel en el que el sistema agropecuario y los recursos hídricos podrían ser afectados por el clima. Al efecto se procedió a la identificación de los principales rubros de la región para luego determinar la relación de su rendimiento con el clima. También, se identificó la disponibilidad de agua en función al clima; para finalmente agregar toda la información en un índice consolidado de sensibilidad.

Luego de la estimación de la sensibilidad, se identifica la capacidad con la que cuenta la sociedad para adaptarse a las variaciones del clima, este concepto incorpora los recursos (R) y las instituciones (I) de la sociedad.

De esta manera, en relación a la vulnerabilidad ante el cambio climático, se busca estimar cuán débil es un sistema ante las variaciones del clima, considerando su capacidad adaptativa. Por ejemplo, en el caso de una comunidad donde un cultivo dado sensible al clima sea muy importante. Por ejemplo, si existe un arreglo institucional en forma de seguro agrícola contra sequías o inundaciones, el impacto de uno de estos eventos climáticos, será menor del que se daría sin la existencia del arreglo.

Debe notarse que en el párrafo anterior se utiliza la palabra impacto, al que se lo distingue de sensibilidad por ser ésta un efecto del clima en un sistema en particular, en cambio aquella es efecto en el bienestar de la población. En consecuencia, de acuerdo a esta definición, la evaluación de impacto requiere estimar la función de bienestar y la manera en que ésta depende del clima, en cambio, la evaluación de sensibilidad necesita establecer la conexión entre el clima y el producto de un sistema dado.

Para tornar operativa las definiciones anteriores, es necesario establecer indicadores que permitan definir el nivel correspondiente a cada una de variables de interés. De esta forma se obtiene para cada unidad administrativa un nivel de exposición, de sensibilidad y de capacidad de adaptación.

El índice de exposición se construye con tres variables: La desviación de la cantidad de precipitación del periodo en consideración con respecto al periodo base, la desviación de la temperatura con respecto al periodo base y la cantidad de eventos extremos.

En la sección 4 "exposición climática" se provee detalles sobre los procedimientos de cálculo y los modelos empleados.

Para combinar las diferentes variables en un solo valor agregado, se ordenan las variables y luego se procede a obtener el promedio del orden correspondiente a cada unidad de análisis. En el caso de la exposición, las posiciones mayores corresponden a las áreas más expuestas.

El procedimiento anterior permite determinar el nivel de exposición relativa, esto es, conocer si un área está más expuesta que otro. Pero, para facilitar la interpretación e identificar patrones que ayuden a los tomadores de decisión, es necesario agregar la información en categorías simples. Al efecto, se emplearon tres niveles, que en el caso de la exposición indican nivel de exposición Alto, Medio y Bajo.

Para evaluar si las categorías sugeridas corresponden a las agrupaciones naturales que condicen con los datos disponibles, se realizó un análisis de agrupación (cluster analysis), utilizando componentes principales, de las unidades de análisis, considerando las variables que definen la exposición, la sensibilidad y la capacidad de adaptación. *Ver Anexo I: Análisis de grupos, Clústeres.*

---

<sup>6</sup><http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-sp.pdf>

Finalmente, las acciones propuestas de adaptación al cambio climático se llevan a cabo a partir de los principales hallazgos, con énfasis en las áreas más vulnerables. A fin de facilitar la incorporación en las agendas de gobiernos nacionales, los mismos serán priorizados utilizando una herramienta de *Identificación y Priorización de Opciones* (Anexo II) que permite combinar múltiples criterios, con diferentes grados de importancia, así como la información técnica disponible.

Este proceso de identificación y priorización de acciones de adaptación es fundamental que sea efectuado en un marco integrado, que incluya los escenarios climáticos, la sensibilidad identificada en los sectores considerados, las instituciones y sus recursos, e incluso las preferencias de los gobiernos.

Dado que esta evaluación regional no contempla el relevamiento de datos de fuente primaria, la disponibilidad y acceso de la información así como la calidad de los mismos, fueron factores muy importantes para configurar la aplicación de la metodología en los diferentes componentes del estudio.

En lo posible, se trató de utilizar datos e información de fuente oficial de los países parte, tanto a nivel nacional como sub-nacional y en segundo lugar, se ha recurrido a fuentes de datos del sector privado, agencias de cooperación y consultas bibliográficas.

Las principales fuentes de información han sido los organismos encargados del acopio y procesamiento de información en diversos temas, como lo son los organismos de censos y estadísticas nacionales. En general estos organismos tienen a su cargo aplicar censos y realizar el conteo de la población, censos económicos, censos agropecuarios y generar estadísticas socioeconómicas y ambientales para el país.

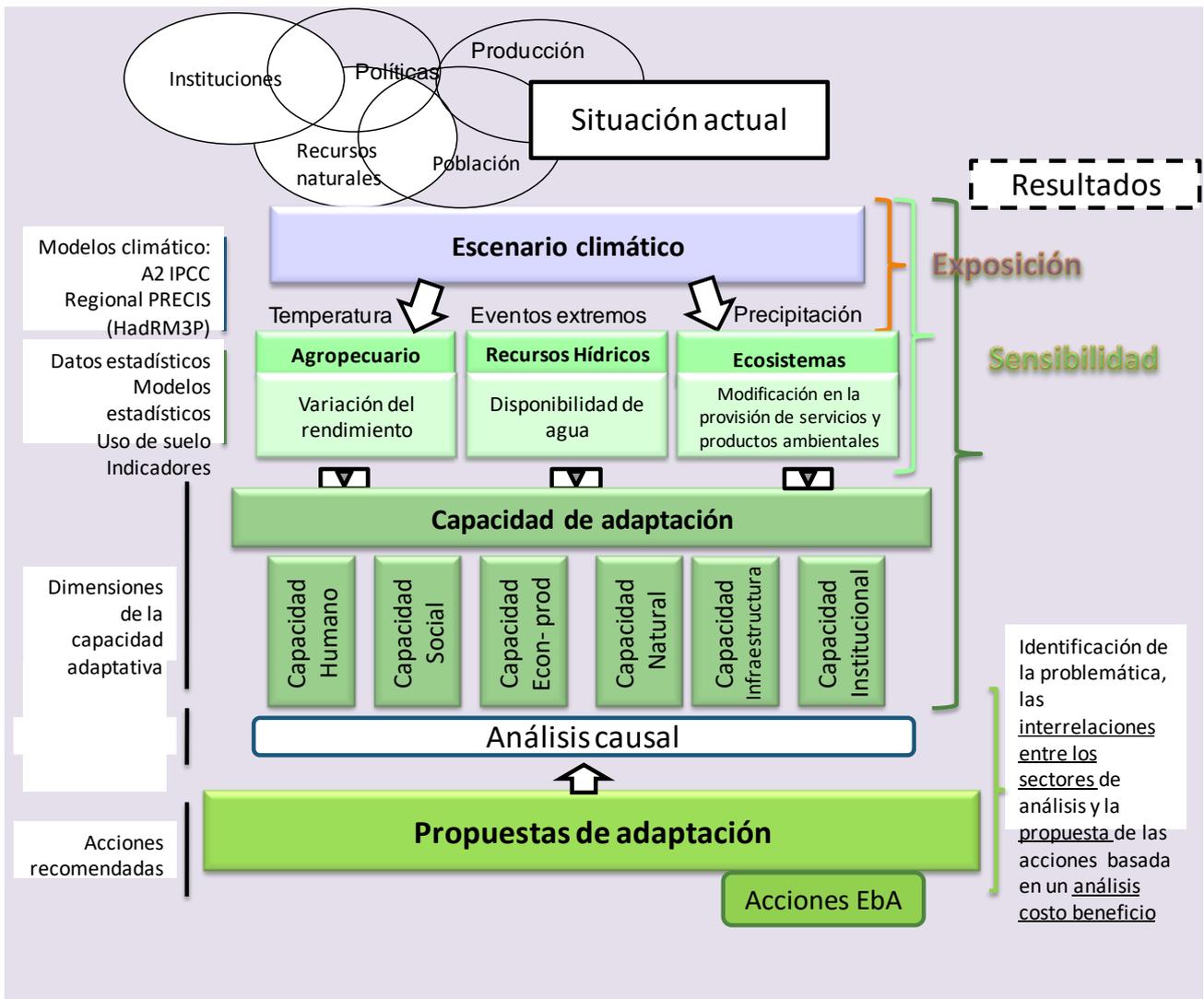
Adicionalmente, existen otras instituciones nacionales, sub-nacionales e inclusive pertenecientes al sector privado, encargadas de generar y procesar información de acuerdo a su naturaleza y objeto de trabajo.

Para el presente estudio se relevó información a diferentes escalas y niveles dependiendo del sector de análisis. De esta manera se ha relevado información considerando las unidades administrativas de los países partes: nivel nacional, provincial/departamental y distrital/departamental, adicionalmente, en sectores donde trascienden los límites políticos, se ha trabajado en unidades definidas como abanicos aluviales, unidades hídricas y complejos ecosistémicos. Para integrarlo finalmente para el análisis de vulnerabilidad se ha a utilizando índices.

En el marco metodológico mencionado se han utilizado modelos y software especializados para la construcción de escenarios climáticos, modelos estadísticos y econométricos para la determinación de la sensibilidad tanto para el sector hídrico como para el agropecuario y, el empleo de indicadores en la construcción de índices para la identificación del nivel agregado de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación. Adicionalmente, se ha utilizado la técnica de grafos para la identificación y priorización de acciones.

A continuación se ilustra el marco metodológico utilizado, con los insumos, procesos y resultados en los diferentes componentes analizados. (Figura 12).

**Figura 12: Enfoque metodológico. Análisis de vulnerabilidad Gran Chaco.**



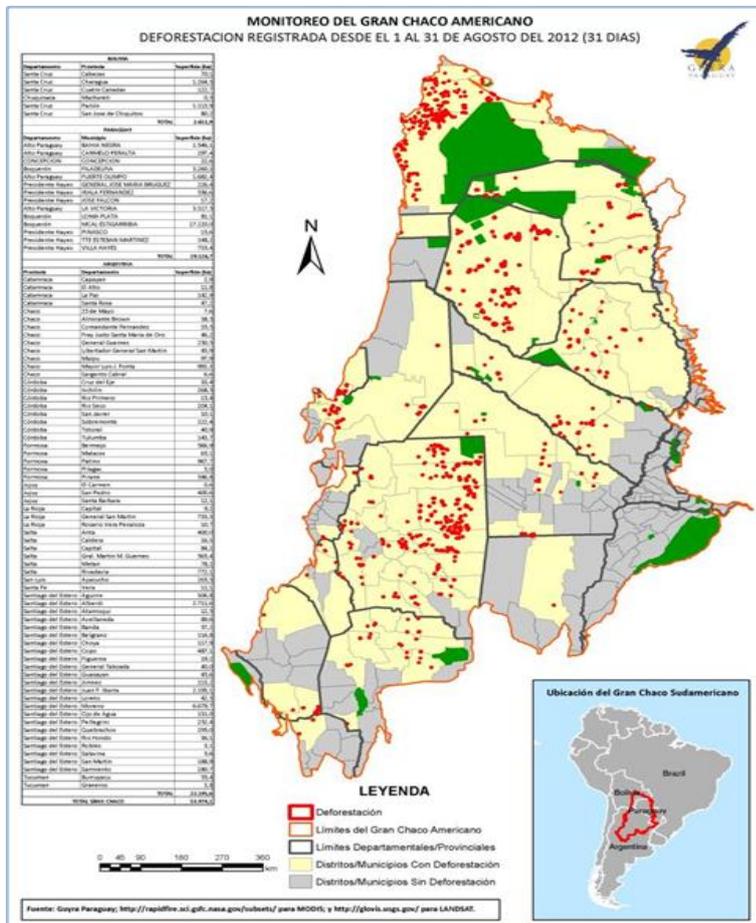
## **Análisis de los complejos ecosistémicos para la región**

El análisis de los recursos ecosistémicos del Gran Chaco Americano se lleva a cabo con el propósito de identificar las funciones y servicios ecosistémicos, a modo de conocer el estado de ellas y se puedan proponer medidas enfocadas a aumentar la resistencia y reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas y las personas, concepto que se valorizan en las medidas de Adaptación Basadas en Ecosistemas<sup>7</sup> (EbA).

Se hace la premisa que la modificación de un ambiente natural y los impactos de eventos climáticos extremos incrementa esta transformación del ambiente natural tornándolo más vulnerable. Un indicador de los impactos está asociado con el cambio de los paisajes naturales a otros usos, partiendo de la premisa de que a vulnerabilidad, menor resiliencia de los ambientes a los efectos de situaciones extremas.

En cuanto a los impactos que recibe la región, se pueden diferenciar en los que se generan por los cambios al uso de la tierra en grandes extensiones para pasturas para ganadería, agricultura, y áreas urbanas, y los que se generan acciones del clima extremo (sequías e inundaciones). El Gran Chaco ha sido por muchas décadas un bioma inaccesible, agreste, todavía con el 69,8% de cobertura natural.

**Figura 13: Deforestación de la Región – Agosto 2012**



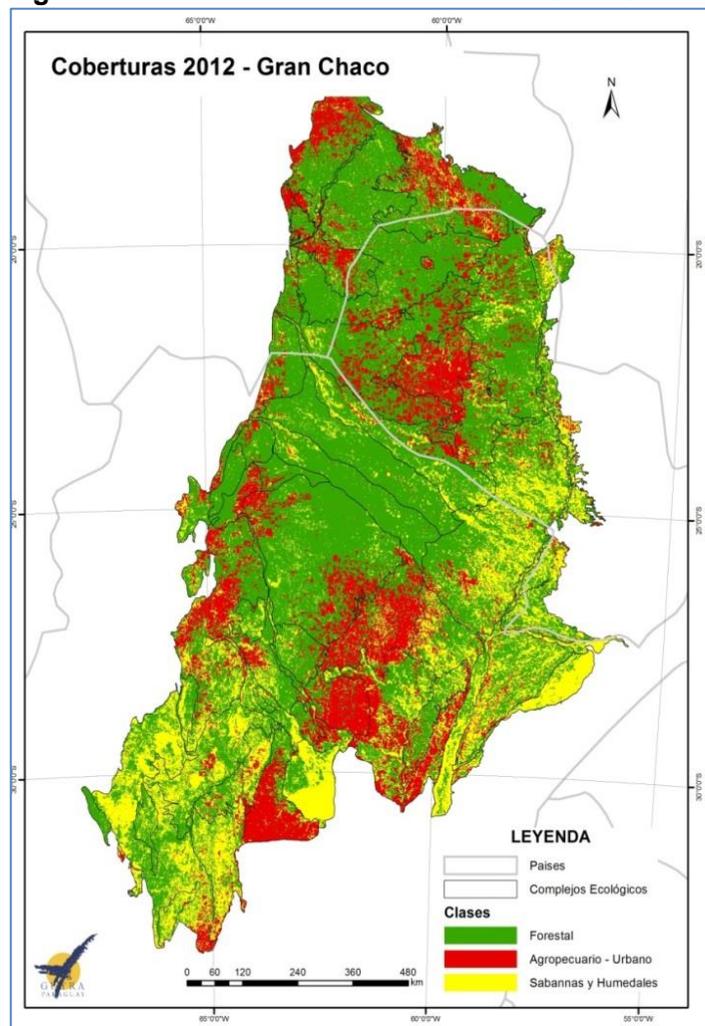
Sin embargo, en los últimos años se viene acrecentando su tasa de transformación, llegando a picos de 1.500 - 1.800 hectáreas por día deforestadas. Los cambios se vienen monitoreando desde hace varios años, y se puede adelantar que sólo en el Chaco Paraguayo, se han perdido entre 200.000 y 280.000 hectáreas de bosque por año durante los últimos años (2008-2011). Figura 13

La cobertura de la tierra en el Gran Chaco se encuentra simplificada en la Figura 14. El Gran Chaco como sistema boscoso y sabánico, incorpora bosques densos, bajos y espinosos, hasta áreas extensivas de humedales con pastizales palustres, y sabanas de palma Karanda'y (*Copernicia alba*).

Fuente: Monitoreo del Gran Chaco Americano. Guyra Paraguay.

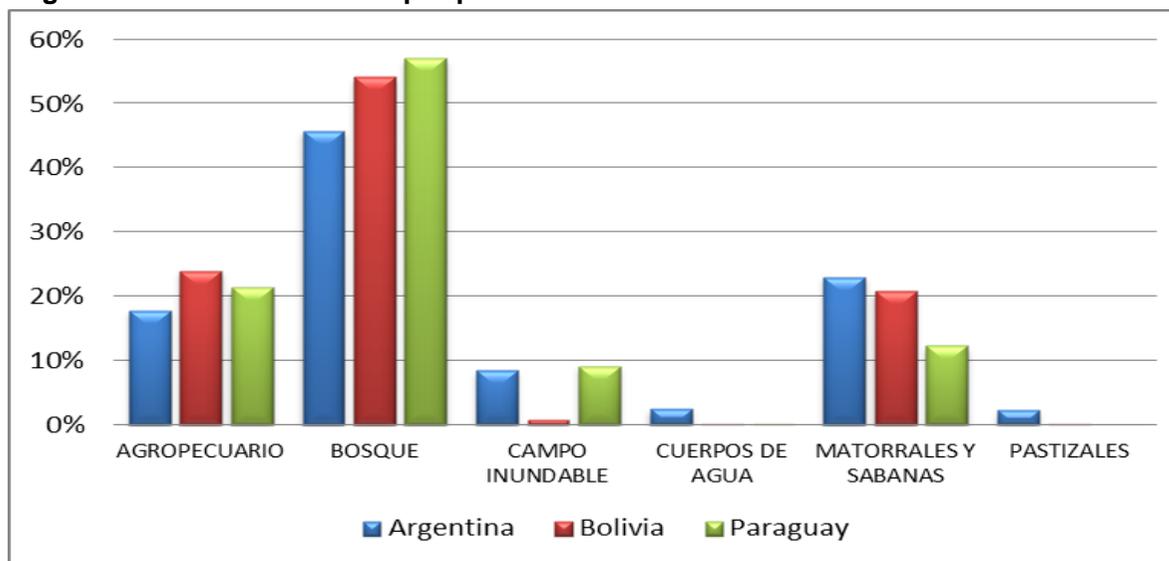
<sup>7</sup>La **Adaptación Basada en los Ecosistemas** (EbA) identifica e implementa una gama de estrategias para el manejo, conservación y restauración de los ecosistemas para asegurar que éstos continúen prestando los servicios que permiten a las personas adaptarse a los impactos del cambio climático. Como un componente de estrategias de adaptación y desarrollo, la adaptación basada en los ecosistemas tiene como meta aumentar la resistencia y reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas y las personas ante el cambio climático.

**Figura 14: La cobertura de la tierra en el Gran Chaco**



Fuente: Cobertura Gran Chaco, 2012. Guyra Paraguay

**Figura 15: Cobertura Natural por país del Gran Chaco**

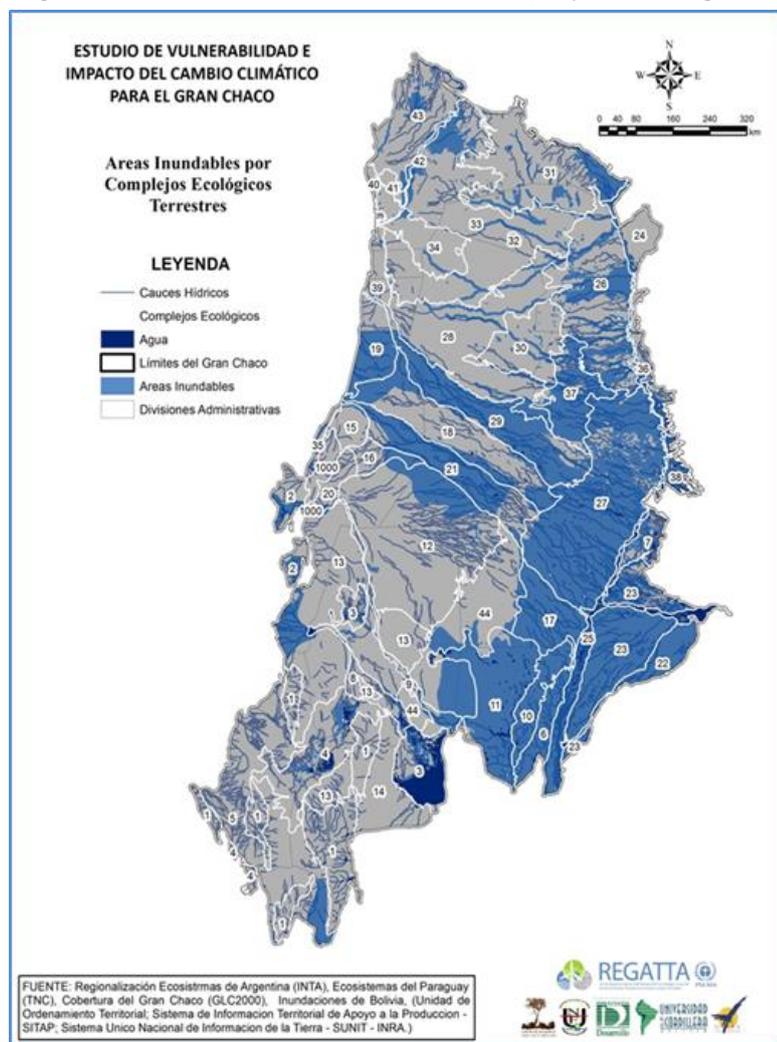


La cobertura actual del Gran Chaco está representada en un mayor porcentaje por el 49,4% de bosques y el 20,2% de matorrales y sabanas, como se puede apreciar en la Figura 15. En relación al uso agropecuario representa el 19,4%, el cual viene siendo incrementado en relación a periodos anteriores. La situación del usos de la tierra en esta región presenta escenarios con ambientes naturales mayoritarios, lo cual indica que la matriz de uso de la tierra sigue siendo natural, aspecto que permite impulsar políticas públicas de desarrollo sostenible. A nivel de los países del Gran Chaco, Paraguay mantiene el mayor porcentaje relativo de bosques.

	AGROPECUARIO	BOSQUE	CAMPO INUNDABLE	CUERPOS DE AGUA	MATORRALES Y SABANAS	PASTIZALES
Argentina	17.85%	45.76%	8.51%	2.51%	23.04%	2.34%
Bolivia	23.97%	54.20%	0.85%	0.19%	20.77%	0.03%
Paraguay	21.41%	57.04%	9.17%	0.07%	12.30%	0.00%

De la misma manera, las áreas inundables del Chaco Sudamericano (Figura 16) muestran ejes que corresponden a las zonas de inundación de los ríos Pilcomayo, Negro, Paraná y Paraguay, además de otros cursos de agua, y visualmente el mapa generado permite cruzar esta información no sólo con los complejos ecológicos sino también con las subdivisiones políticas para entender mejor la vulnerabilidad de los diferentes territorios (ecológicos o políticos) ante las inundaciones.

**Figura 16: Áreas Inundables por complejos ecológicos**



El análisis geográfico de las áreas inundables del Gran Chaco Americano fue realizado mediante las superposiciones de capas de información de la Regionalización de Ecosistemas de Argentina (INTA), Ecosistemas del Paraguay (TNC), Cobertura del Gran Chaco (GLC, 2000) para la clases campos inundables y Agua, Inundaciones de Bolivia (elaborados por Unidad de Ordenamiento Territorial; Sistema de Información Territorial de Apoyo a la Producción - SITAP; Sistema Único Nacional de Información de la Tierra - SUNIT - INRA).

La superposición mencionada permitió identificar áreas susceptibles a fenómenos de inundaciones de importancia en la región, que luego fueron cruzadas con proyecciones de crecimiento de población y eventos extremos. Estas áreas de inundación permiten identificar zonas del Gran Chaco que tienen mayor vulnerabilidad ante eventos extremos como podrían ser lluvias copiosas e intensivas.

Fuente: (INTA), (TNC), Cobertura del Gran Chaco (GLC2000). SITAP, SUNIT- INRA.

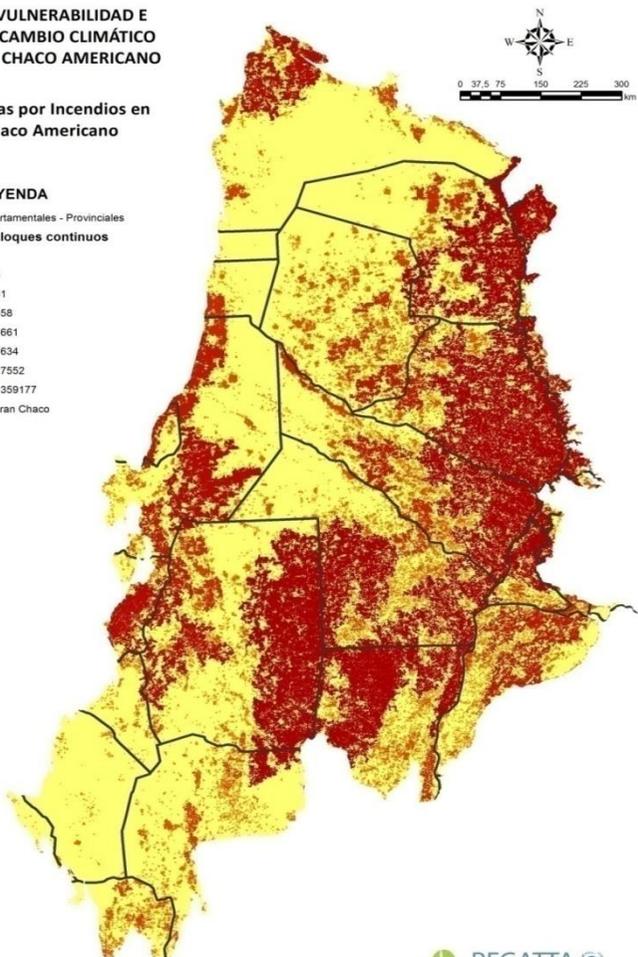
Las áreas de incendios, otra de las grandes amenazas que sufre el Gran Chaco, se concentran en las regiones orientales y occidentales en sectores particulares. Las condiciones del terreno o el ambiente altamente transformado, corresponden a áreas de baja intensidad de incendios como se puede ver en la imagen (Figura 17).

En cuanto a áreas protegidas (APs), la superficie total bajo algún sistema de protección es de algo más de 8,6 millones de hectáreas, lo que hace que en términos generales el Gran Chaco tenga una protección de 8,1%, insuficiente de acuerdo a las recomendaciones internacionales, e independiente a la eficacia y eficiencia de los sistemas implementados en los países. La contribución de las APs, de Bolivia es el que mayor contribuye concasi el 40%, siendo el resto distribuido en partes similares por Argentina y Paraguay (Figura 18).Es importante señalar las redes de reservas privadas de conservación, que muchas de ellas no están registradas dentro de los Sistemas nacionales o en caso contrario no existen en la legislación.

**Figura 17: Áreas afectadas por focos de incendios**

ESTUDIO DE VULNERABILIDAD E IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO PARA EL GRAN CHACO AMERICANO

Áreas Afectadas por Incendios en el Gran Chaco Americano



FUENTE: Sensores Aqua-M, Aqua-T, Agua M-T, Agua M-M, Terra-T, Terra-M, Terra M-T, Terra M-M en el periodo 1999 – 2012

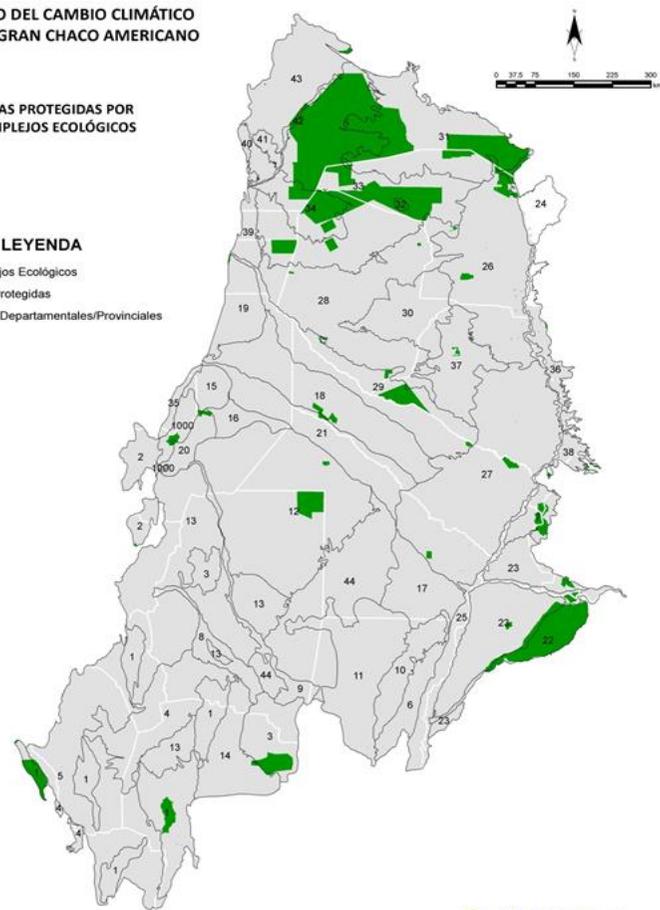


Fuente: Sensores Agua – M. Agua –T. Agua M-M. Terra. Periodo 1999-2012

**Figura 18: Áreas protegidas por complejos ecológicos**

ESTUDIO DE VULNERABILIDAD E IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO PARA EL GRAN CHACO AMERICANO

ÁREAS PROTEGIDAS POR COMPLEJOS ECOLÓGICOS



FUENTE: Secretaría del Ambiente de Paraguay (SEAM); Servicio Nacional de Áreas Protegidas de Bolivia (SERNAP 2005) y World Database on Protected Areas (WDPA)



Fuente: Secretaria del Ambiente de Paraguay (SEAM); Servicio Nacional de Áreas Protegidas de Bolivia (SERNAP 2005 y WorldDatabaseonProtected (WDPA).

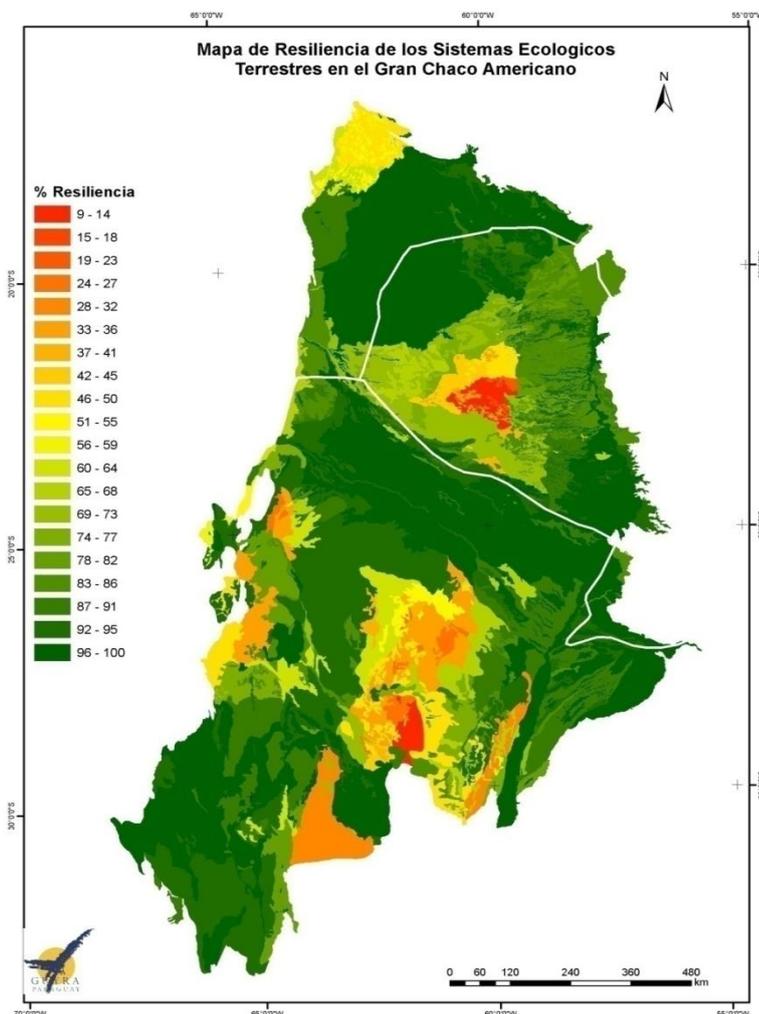
La metodológica de análisis se puede resumir en los siguientes pasos.

Clasificación del uso de la tierra: basado en el Estudio Evaluación Ecoregional del Gran Chaco (TNC, 2005) se llevó a cabo un análisis, con el apoyo de herramientas de análisis geoespacial (GIS). Se obtiene una clasificación simplificada de uso de la tierra identificando las siguientes; agropecuario, urbano, campos inundables, matorrales y sabanas, bosque, cuerpos de agua y pastizales.

Elaboración de mapas temáticos. Para los 44 Complejos Ecológicos<sup>8</sup> en análisis, se agrupan por un lado la cobertura boscosa, campos inundables, matorrales y sabanas, cuerpos de agua y pastizales como indicadores globales de la superficie de áreas naturales remanentes, y por otra parte, la clase agropecuario-urbano como el indicador de la pérdida de las áreas naturales.

Mapas de resiliencia por complejos ecológicos. Bajo la comprensión de que un área de mayor vulnerabilidad tiene menor resiliencia natural, se prepara la imagen de resiliencia del Gran Chaco (Figura 19).

**Figura 19: Mapas de resiliencia para el Gran Chaco**



Para dicho análisis utiliza la capa de coberturas del Gran Chaco, elaborada por Guyra Paraguay, y fusionaron las clases "Forestal", "Sabanas y Humedales" para crear la clase "Áreas Naturales", y la capa Uso Agropecuario - Urbano, la cual representó las "áreas no naturales" o áreas modificadas por usos antrópico.

Se determinó así el porcentaje de la superficie natural en relación a la superficie total por complejo y se realizaron los mapas de acuerdo a dichos porcentajes.

Fuente: Elaboración propia en base a Cobertura de la tierra.

<sup>8</sup>Complejos Ecológicos: niveles de organización biológica que agrupa un conjunto de especies y comunidades afines que comparten procesos ecológicos y características ambientales similares (TNC, 2005).

Identificación de funciones y bienes ecosistémicos por Complejos Ecológicos. Existen diferentes formas y modelos para definir las funciones y bienes eco-sistémicos. En este caso se tomó el criterio establecido por “*La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio*” (ME, 2005), como los beneficios que los seres humanos obtienen de los ecosistemas sean económicos o culturales. El estudio se centró en determinar en qué medida los cambios en las funciones de los ecosistemas han afectado el bienestar humano, de qué manera los cambios en los mismos pueden afectar a las personas en las próximas décadas, y qué tipos de respuestas pueden adoptarse en las escalas local, nacional y global, con el fin de mejorar el manejo y conservación de los ecosistemas, y con ello, contribuir al bienestar humano y a la disminución de la pobreza (ME, 2005). A modo de información, se describe en *Anexo III: Funciones y Servicios ecosistémicos*, el conjunto de las funciones, procesos y bienes que proporcionan de manera general a la población, (De Groot, 2006; adaptado de DeGroot 1992; Costanza et al., 1997; y Gómez-Baggethun & De Groot, 2007).

En base al análisis de los complejos ecosistémicos, se identifican 12 bienes y servicios ecosistémicos a modo de una primera aproximación, tratando de que los resultados obtenidos permita una comunicación entre los investigadores y los tomadores de decisión. Según Soutullo et al. (2012), esta sencillez conceptual desaparece a la hora de traducir conceptos en términos más operativos. Como consecuencia, existe una diversidad de definiciones, taxonomías y aproximaciones metodológicas para la investigación, valoración y gestión de servicios ecosistémicos (de Groot et al., 2002; MA, 2005; Wallace, 2007; Costanza, 2008; Fisher et al., 2009).

Para la identificación de funciones y servicios ecosistémicos se utiliza la metodología propuesta por Maynard & Cork, (2010), la cual fue adaptada por Soutullo et al (2012).

El estudio desarrollado por Soutullo (2012) busca comprender y considerar los procesos y productos que permiten la producción de un servicio en un ecosistema dado, incluyendo aquellos que no ocurren directamente en el ecosistema en cuestión.

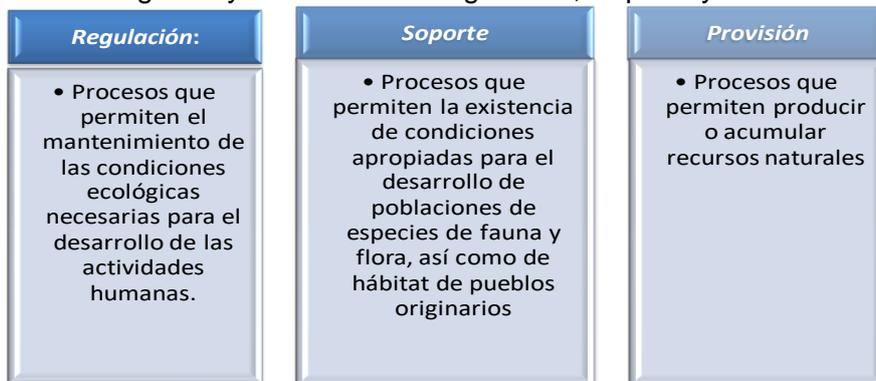
Considerando la magnitud del área distribuidas en tres países con diferentes nomenclaturas, y con información insuficiente, se buscó entender y evaluar las interrelaciones que sostienen la provisión de bienes y servicios dentro de este territorio, a partir de los aportes locales de los bienes y servicios de los ecosistemas (Kremen, 2005; Costanza, 2008; Fisher et al., 2009).

Tenemos así que la metodología de análisis utilizada por Soutullo et al (2012) sigue la propuesta desarrollada por Maynard et al (2010) y consiste en:

1. Identificar los servicios ecosistémicos a considerar e identificar las funciones ecosistémicos que están detrás de esos servicios.
2. Asignar a cada complejo un puntaje según la magnitud relativa de esas funciones en comparación con la que presentan otros complejos.
3. Asignar a cada función un puntaje según su contribución relativa a la provisión de bienes y servicios. Una de las principales fuentes de análisis es la superficie de cobertura natural y su función en la regulación y provisión, así como su relación con los servicios que provee.

De esta manera se seleccionan las funciones y servicios para la cual es posible obtener información.

Se agruparon así las categorías y funciones en Regulación, Soporte y Provisión:



Funciones ecosistémicas que se analizan:



Se incluyen servicios correspondientes a dos grandes clases:

**Servicios de provisión: productos obtenidos de los complejos ecológicos**

- Alimentos
- Agua para consumo
- Materiales para construcciones y fibras
- Combustible
- Recursos genéticos

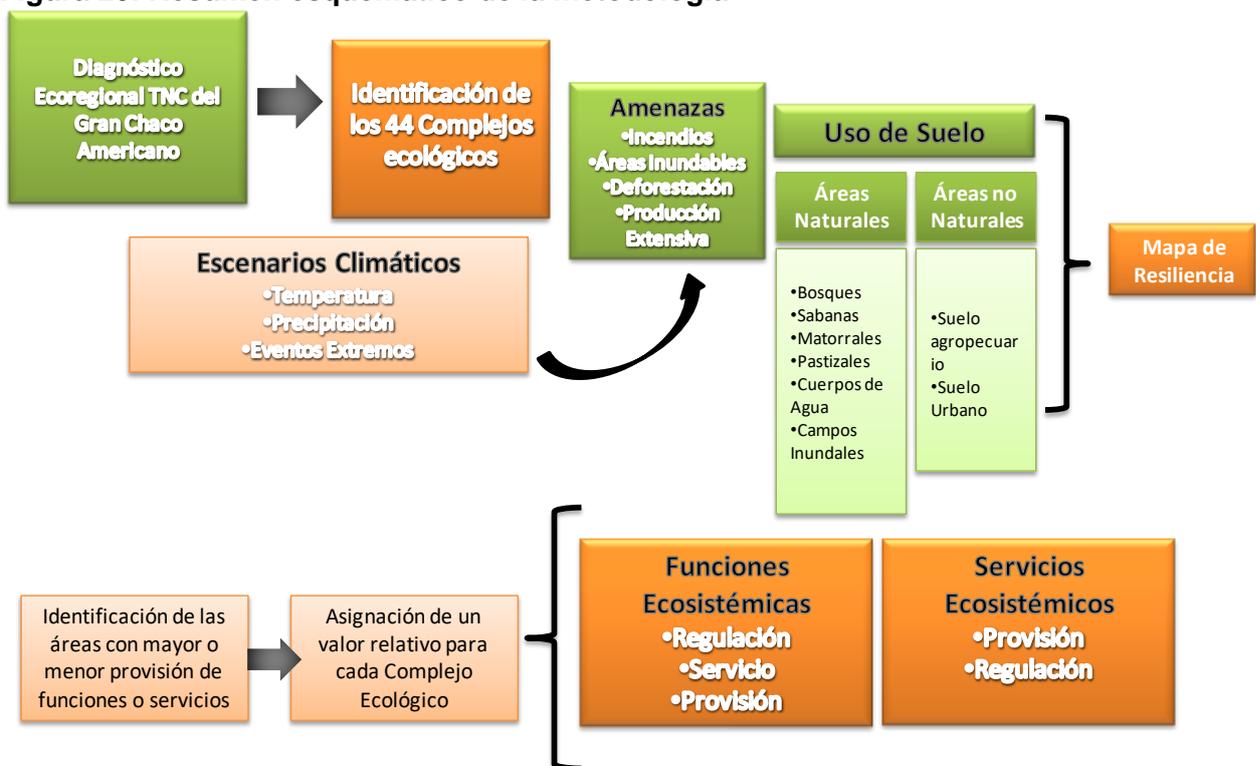
**Servicios de regulación: beneficios obtenidos de la regulación de procesos ecosistémicos**

- Clima habitable
- Secuestro de gases de efecto invernadero
- Agua de buena calidad
- Amortiguación de eventos extremos
- Disminución de enfermedades y plagas

La Cuarta Evaluación del IPCC (IPCC 2007) identifica las amenazas claves para América Latina en relación a la adaptación al cambio climático en las siguientes:

- Carencia de sistemas de observación confiables y bien distribuidos regionalmente,
- Carencia de sistemas de monitoreo adecuado,
- Falta de capacidad técnica,
- Escasez de evaluaciones integradas, principalmente entre sectores productivos y de regulación (e.g., agua, energía, biodiversidad, suelos),
- Existencia de un número insuficiente de estudios acerca de los potenciales impactos económicos de la variabilidad y cambio en el clima actual y futuro, y
- Escasez de estudios del impacto del cambio climático en la institucionalidad y organización de la sociedad.

**Figura 20: Resumen esquemático de la metodología**



El cambio climático y la variabilidad climática pueden influir indirectamente sobre los ecosistemas. Por ejemplo, una reducción de precipitación puede causar una desecación del bosque y una probabilidad más alta de incendios forestales –como es el caso en el Gran Chaco Americano, sobre todo en los bosques tropicales secos. La frecuencia e intensidad de los incendios depende de la condición hidrológica del bosque así como de la disponibilidad de materia seca, factores que dependen de las condiciones climáticas. El cambio climático podría causar la instalación de especies invasoras perjudiciales a un ecosistema (Kirilenko et al., 2000) o pueden aumentar la presencia de plagas en el ecosistema.

La interrelación entre los diferentes componentes de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos con las amenazas identificadas indica (Tabla 7) una pérdida de la biodiversidad, que a su vez se traduce en la alteración o degradación de los servicios que los ecosistemas prestan a la sociedad (escala local, regional y global) y que hacen posible su desarrollo y bienestar, tales como provisión de suelos para cultivar, polinización de árboles o plantas de cultivo, prevención de erosión, agua pura, belleza escénica y turismo, regulación de desastres en zonas costeras y enfermedades entre otros.

La amenaza a los diferentes tipos de servicios se expresa en la Tabla 8. Estos aspectos analizados serán los que se deberán tener en cuenta para el establecimiento de políticas públicas. Igualmente, ante los diferentes escenarios de cambio climático con mantenimiento de las precipitaciones o pequeña disminución, y aumento de la temperatura, además de incremento de los eventos extremos, todos los servicios ecosistémicos se verán afectados, primariamente con reducción de la cantidad y calidad de los bienes y servicio a ser prestado.

La capacidad de adaptación autónoma del ecosistema depende mucho de su estado y de las otras presiones no climáticas. Por ejemplo, la degradación o la fragmentación de un bosque por presiones humanas reducen su resiliencia al cambio climático, como en el caso de los bosques altamente fragmentados en zonas urbanas o agrícolas y los parches de bosques aislados. (Locatelli, 2006).

La variabilidad natural del clima provoca efectos de corto plazo sobre las variables socioeconómicas. El cambio climático de origen antropogénico puede provocar cambios de largo plazo y, en algunos casos, permanentes e irreversibles, y más en un ecosistema árido y frágil, como es el Gran Chaco Americano.

Tabla 7: Estado, tendencias y amenazas a la biodiversidad y servicios ecosistémicos del Gran Chaco

Componente de la Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos	AMENAZAS DETECTADAS								
	Especies invasoras	Polución	Pérdida del hábitat	Sobre-explotación	Cambio Climático	Incendios	Inundaciones	Sequías	Infraestructura
Regulación hídrica									↑
Regulación atmosférica									
Regulación inundaciones									↑
Provisión de alimentos	↑		↑			→	↑		
Provisión de agua dulce									
Conectividad	→								↑
Diversidad de hábitat									
Turismo de Naturaleza									↑
Biodiversidad									↑
Producción de alimentos									

<i>Impacto de la causa</i>	
	Muy alto
	Alto
	Moderado
	Bajo
	Desconocido
<i>Tendencia de la causa</i>	
↓	Disminuye
↗	Aumenta
↑	Aumenta rápidamente
→	Estable
?	Desconocido

Al igual que la Amazonía, la región del Chaco juega un rol de fundamental importancia para mantener las dinámicas climáticas, hidrológicas, ecológicas y productivas de Sudamérica. Y, sin embargo, al igual que la región Amazónica, el Gran Chaco está sometido a una intensa degradación ambiental y ecológica, producto, entre otras causas, de la creciente y acelerada expansión de la frontera agropecuaria, la contaminación de sus aguas por las actividades mineras en la zona andina, y el excesivo uso de agroquímicos en la producción agropecuaria. Así mismo, sufre procesos de erosión y desertificación incentivados por la deforestación y la agricultura intensiva, principalmente por el avance de la soja (Pacheco Balanza, 2012).

La pérdida de la biodiversidad es otra de las amenazas a la que se encuentra sometida el territorio del Gran Chaco, por la pérdida de ecosistemas naturales por la transformación de tierras forestales en tierras agrícolas y pecuarias. Los mayores productos agrícolas de la región son la soja, el algodón, el girasol y el trigo, los cuales son exportados como materia prima a Europa y Asia.

**Tabla 8: Amenazas a los Bienes y Servicios ecosistémicos**

Tipo de Servicio	Servicio	Amenazas	Escenarios de cambios climáticos futuros
1. Servicios de provisión	Alimentos silvestres	Pérdida de hábitat de las especies	Alta
	Madera	Deforestación	Alta
	Fibra	Mal manejo de las especies de fauna y	Media
	Agua	Desvío del curso de importantes ríos, así como el cierre de antiguos caminos.	Alta
	Medicinas naturales	Periodos de sequia e inundaciones	Media
2. Servicios de regulación	Secuestro y almacenamiento de carbono	Deforestación	Bajo
	Mitigación de riesgos	Colmatación de humedales	Alto
	Regulación de escorrentías e inundaciones	Periodos de sequia e inundaciones	Bajo
	Purificación del agua	Desvío del curso de importantes ríos y	Alto
	Regulador del clima	Contaminación minera	Medio
3. Servicios de soporte	Regulación biológica	Pérdida de hábitat de las especies	Alto
	Hábitat de numerosas especies silvestres	Pérdida de hábitat de las especies	Medio
4. Servicios culturales	Hábitat de pueblos originarios	Deforestación	Alto
	Arte plumífero y de pueblos	Pérdida de hábitat de las especies	Alto
	Cultos y sitios ancestrales	Deforestación	Alto
	Esparcimiento	Mal manejo de las especies de fauna y Desvio del curso de importantes ríos	Medio Bajo

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la tabla7.

La vulnerabilidad social y la capacidad de adaptación en el Gran Chaco Americano se manifiesta en una relación de causalidad directa entre pobreza y medio ambiente, con mayor presión sobre los recursos naturales que conduce a un círculo vicioso que se retroalimenta con el deterioro ambiental en una relación descendente de degradación continua. Los avances en el análisis de la relación entre el medio ambiente y el desarrollo en un sentido amplio han llevado a reconocer su complejidad y a superar visiones restringidas y esquemas unidireccionales de explicación.

En esta nueva visión se desarrolló el enfoque que considera que existe un conjunto de procesos conectores entre el desarrollo social y el deterioro ambiental. Según este enfoque, la relación no se limita al análisis de la pobreza, sino en general de las condiciones y niveles de vida, e incorpora por tanto el consumo por parte de otros actores (y no sólo la evolución demográfica) como determinante de la escala de presión ambiental, así como la desigualdad, tanto en lo que se refiere a la propiedad o el uso de los activos ambientales (recursos) como el acceso a los bienes o servicios ambientales en tanto entorno vital.

Para el caso del Gran Chaco existen dos escenarios: en el primero están aquellas en las que se considera el ambiente como recursos o flujos de servicios que son aprovechados como activos productivos, y, en segundo lugar, se hallan las situaciones en las que el ambiente se considera como entorno vital. Dentro de estos dos escenarios existen interacciones, donde se configuran contextos de vulnerabilidad, en los que estos escenarios pueden estar involucrados con los mismos factores en diferentes dimensiones. La calidad y disponibilidad de agua, por ejemplo, es un factor clave de la dimensión ambiental como activo o recurso productivo y del ambiente como entorno vital.

Así se tiene que la vulnerabilidad social para el Gran Chaco, se da en grandes zonas, con bajos índices de población y otras asociadas a zonas particulares y no a regiones. Las zonas de climas extremos actuales y potenciales están bien identificadas y no son muchos, limitados al oeste de Paraguay, sur de Bolivia y zonas del sur del Chaco Argentino.

**Tabla 9: Pobreza – ambiente. Principales dimensiones y relaciones**

Dimensiones principales	Factores clave	Relaciones básicas	Contextos predominantes
1. Activos productivos y servicios ambientales: Pobreza por ingresos.	Protección de los recursos base: suelos, bosques, biodiversidad, pesquerías, fauna, material genético, paisajes - Agua	dependen de la disponibilidad y calidad de los recursos - Factores de acceso, disponibilidad y calidad como condicionantes del ingreso y de oportunidades.	Producción primaria y ambiente rural
	Seguridad económica	Presiones por afectación de servicios ambientales.	Contextos urbanos afectados por crisis de servicios ambientales.
2. Entorno vital: pobreza por necesidades básicas y calidad de vida.	Salud	El déficit de servicios y la contaminación difusa, afectan la salud y otras capacidades de la población pobre.	Medios urbanos y poblaciones rurales.
	Servicios básicos		
	Contaminación	Externalidades negativas de la población no pobre.	
3. Vulnerabilidad	Riesgo	Los asentamientos y los recursos productivos de la población más pobre están particularmente expuestos a riesgos y a desastres.	Áreas urbanas marginales y pequeñas comunidades
	Desastres		

Fuente: Provencio, 2003. Tomado de SEMARNAT. Consecuencias sociales del cambio climático en México. Análisis y propuestas. México 2009.

La dimensión de vulnerabilidad es una interface de las dimensiones de:

- Activos productivos y servicios ambientales: Pobreza por ingresos, y
- Entorno vital: pobreza por necesidades básicas y calidad de vida, ya que afecta más a la población pobre, en parte como resultado del proceso de deterioro ambiental<sup>9</sup> y de sus interacciones con la inseguridad económica<sup>10</sup>.

Entre mayor es la dependencia económica de la población respecto de actividades que dependen a su vez directa o indirectamente del clima, mayor es la vulnerabilidad de la población ante los efectos del cambio climático. Un ejemplo evidente para el Gran Chaco es la agricultura de temporada o de secano, que se ve afectada por la sequía prolongada, pero también en muchas ocasiones por el exceso de precipitaciones.

La vulnerabilidad para el Gran Chaco Americano puede ser considerada alta, por su conformación geológica y localización geográfica, así como por ser un territorio árido a semiárido

<sup>9</sup>Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) (2001). Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México. SEGOB-SINAPROC-CENAPRED.

<sup>10</sup> Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Perspectivas del Medio Ambiente Mundial, citado.

con bajos niveles de precipitación durante la mayor parte del año, en ciertas zonas. Por ende, los cambios en el clima han generado importantes efectos sobre el régimen pluvial, que se ha vuelto más extremo: a largos periodos de sequía pueden suceder periodos de inundaciones extremas.

## 1.6 Servicios Ecosistémicos para el Gran Chaco

Existe un marco científico y técnico que considera que los Ecosistemas naturales son un complejo sistema formado por comunidades de plantas, animales, hongos y microorganismos que permiten la existencia de diferentes funciones y relaciones que crean determinados atributos y potencialidades definidos como bienes y servicios que desarrolla y brindan estos ecosistemas para el uso en sus diferentes formas por parte del ser humano (SERNA, 2011).

La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio define los “**servicios ecosistémicos**” como aquellos beneficios que la gente obtiene de los ecosistemas (ME 2005). Esos beneficios pueden ser de dos tipos: directos e indirectos. Se consideran beneficios directos la producción de provisiones –agua y alimentos (servicios de aprovisionamiento), o la regulación de ciclos como las inundaciones, degradación de los suelos, desecación y salinización, pestes y enfermedades (servicios de regulación). Los beneficios indirectos se relacionan con el funcionamiento de procesos del ecosistema que genera los servicios directos (servicios de apoyo), como el proceso de fotosíntesis y la formación y almacenamiento de materia orgánica; el ciclo de nutrientes; la creación y asimilación del suelo y la neutralización de desechos tóxicos.

Los ecosistemas también ofrecen beneficios no materiales, como los valores estéticos y espirituales y culturales, o las oportunidades de recreación (servicios culturales). Existe, entonces, una amplia gama de servicios ecosistémicos, algunos de los cuales benefician a la gente directamente y otros de manera indirecta.

Actualmente, las redes de áreas protegidas ayudan tanto a mitigar los efectos del cambio climático como a adaptarse al mismo. Las áreas protegidas almacenan el 15% del carbono terrestre y brindan servicios ambientales para la reducción de desastres, el abastecimiento de agua y alimentos y la salud pública, todos los cuales facilitan la adaptación comunitaria (Dudley, 2010). Por esta razón se pone atención en la respuesta que las Áreas Protegidas dan a los complejos ecológicos y su contribución global dentro del Gran ChacoAmericano, ya que mantiene el 8,1% como unidades de conservación en Sistemas Nacionales, sin las superficies boscosas de las comunidades.

Las Áreas Protegidas en su rol de mitigación frente al cambio climático tienen la función de almacenar el carbono presente en la vegetación y sus suelos. La pérdida y degradación de los ecosistemas son las mayores causas de las emisiones de gases de efecto invernadero. Su otra función es la de capturar el dióxido de carbono de la atmósfera en los ecosistemas naturales.

Entre los servicios ecosistémicos, el más estudiado a escala global y de mayor relevancia está dado por el secuestro de carbono, ya que los impactos del cambio climático sobre los bosques podrían causar mayores emisiones de carbono hacia la atmósfera, aumentando aún más el efecto

Su papel en la adaptación al cambio climático, tiene como función la de proteger y conservar la integridad del ecosistema, la de amortiguar el clima local, reducir los riesgos e impactos de los eventos climáticos extremos como tormentas, sequías, desertificación, incendios e inundaciones. La otra función es la de abastecer, ya que mantiene los servicios fundamentales del ecosistema, de manera que permitan a las personas adaptarse a los cambios en el suministro de agua, la pesca, la incidencia de enfermedades y la productividad agropecuaria, originados por el cambio climático.

La dependencia humana de los ecosistemas se aprecia de manera evidente en economías de subsistencia ligadas al medio natural, donde las comunidades humanas toman directamente de los ecosistemas todo lo que necesitan para vivir. En los países desarrollados, los servicios de los ecosistemas no suelen llegar de manera directa a las personas, sino que tienen que ser

adquiridos a través de los mercados, a menudo tras haber sido transportados a largas distancias y atravesado múltiples escalones de la cadena productiva (Gómez-Baggethun, 2007).

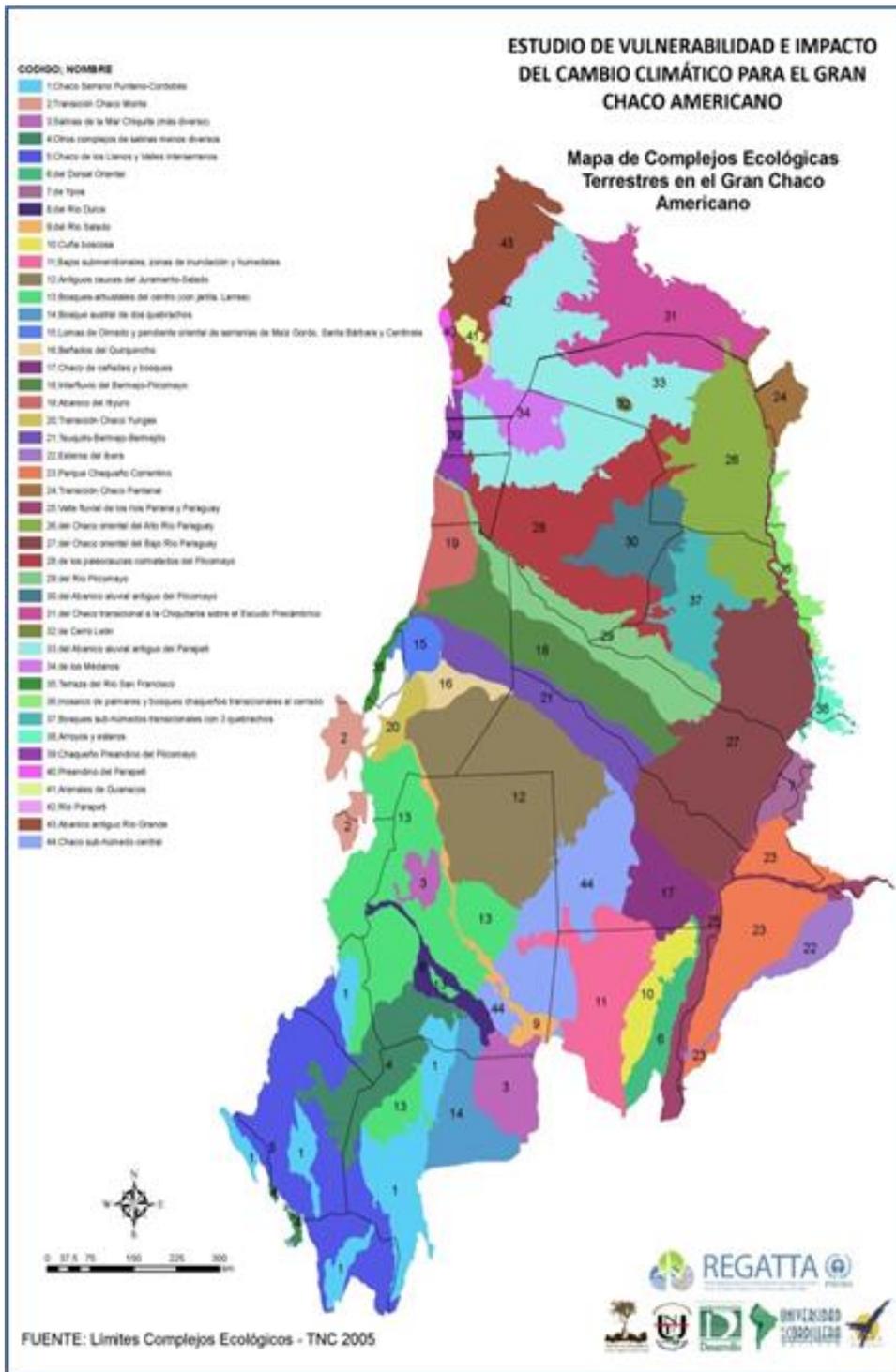
### **1.6.1 Complejos Ecológicos del Gran Chaco Americano**

Para este estudio se entenderá como Complejos Ecológicos a los niveles de organización biológica que agrupa un conjunto de especies y comunidades afines que comparten procesos ecológicos y características ambientales similares, y por componentes bióticos como abióticos (TNC, 2005), así como también su relación de dependencia con pueblos indígenas originarios, comunidades campesinas, comunidades urbanas y productores y poblaciones locales en general.

Para este análisis por Complejos Ecológicos (Figura 21) se tuvo en cuenta la dimensión biocultural, vista como territorios o centros de origen cultural y natural, en un contexto delimitado por las características ecológicas y culturales mencionadas.

El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas está dados por los recursos naturales bióticos intervenidos en distintos gradientes de intensidad por el manejo diferenciado y el uso de los recursos naturales según patrones culturales, los agroecosistemas tradicionales, la diversidad biológica domesticada con sus respectivos recursos fitogenéticos desarrollados y/o adaptados localmente. Todas estas prácticas se organizan bajo un repertorio de conocimientos o saberes tradicionales y relacionando la interpretación de la naturaleza con ese quehacer, el sistema simbólico en relación con el sistema de creencias (cosmos) ligados a los rituales y mitos de origen (Patrick-Encina et al, 2010). En las regiones bioculturales – complejos ecológicos se generan diversos paisajes entre la vegetación natural y los agro-ecosistemas a veces itinerantes de la actividad agrícola.

Figura 21: Complejos Ecológicos Terrestres.



Fuente: The Nature Conservancy.

[http://ecosystems.iabin.net/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=145&lang=es.](http://ecosystems.iabin.net/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=145&lang=es.)

**Tabla 10: Complejos ecológicos, número de sistemas que lo componen, área y los países que lo comparten.**

Código	Nombre del Complejo	Nº de sistemas	Area (km2)	%	País
1	Chaco Serrano Puntano-Cordobés	10	40.534	3,8%	Argentina
2	Transición Chaco Monte	5	9.460	0,9%	Argentina
3	Salinas de la Mar Chiquita (más diverso)	6	19.672	1,9%	Argentina
4	Otros complejos de salinas menos diversos	5	28.644	2,7%	Argentina
5	Chaco de los Llanos y Valles Interserranos	9	55.462	5,2%	Argentina
6	del Dorsal Oriental	5	9.905	0,9%	Argentina
7	del Ypoa	4	6.472	0,6%	Argentina, Paraguay
8	del Río Dulce	8	7.409	0,7%	Argentina
9	del Río Salado	7	7.226	0,7%	Argentina
10	Cuña boscosa	6	11.290	1,1%	Argentina
11	Bajos submeridionales, zonas de inundación y humedales	10	33.298	3,1%	Argentina
12	Antiguos cauces del Juramento-Salado	11	76.908	7,2%	Argentina
13	Bosques-arbustales del centro (con jarilla, Larrea)	18	74.208	7,0%	Argentina
14	Bosque austral de dos quebrachos	4	18.441	1,7%	Argentina
15	Lomas de Olmedo y pendiente oriental de serranías de Maíz Gordo, Santa Bárbara y	4	5.971	0,6%	Argentina
16	Bañados del Quirquincho	4	5.533	0,5%	Argentina
17	Chaco de cañadas y bosques	8	16.839	1,6%	Argentina
18	Interfluvio del Bermejo-Pilcomayo	11	35.831	3,4%	Argentina
19	Abanico del Itiyuro	6	12.774	1,2%	Argentina, Bolivia
20	Transición Chaco Yungas	6	5.775	0,5%	Argentina
21	Teuquito-Bermejo-Bermejito	12	25.870	2,4%	Argentina
22	Esteros del Ibero	3	10.123	1,0%	Argentina
23	Parque Chaqueño Correntino	19	39.043	3,7%	Argentina, Paraguay
24	Transición Chaco Pantanal	1	8.453	0,8%	Bolivia, Brasil, Paraguay
25	Valle fluvial de los ríos Paraná y Paraguay	14	19.185	1,8%	Bolivia, Brasil, Paraguay
26	del Chaco oriental del Alto Río Paraguay	17	47.764	4,5%	Bolivia, Paraguay
27	del Chaco oriental del Bajo Río Paraguay	22	77.455	7,3%	Argentina, Paraguay
28	del Abanico aluvial antiguo del Pilcomayo	16	51.847	4,9%	Argentina, Bolivia, Paraguay
29	del Río Pilcomayo	21	33.485	3,1%	Argentina, Bolivia, Paraguay
30	de los paleocauces colmatados del Pilcomayo	9	20.071	1,9%	Paraguay
31	del Chaco transicional a la Chiquitania sobre el Escudo Precámbrico	18	44.295	4,2%	Bolivia, Paraguay
32	de Cerro León	2	546	0,1%	Paraguay
33	del Abanico aluvial antiguo del Parapeti	21	76.405	7,2%	Bolivia, Paraguay
34	de los Médanos	5	13.113	1,2%	Bolivia, Paraguay
35	Terraza del Río San Francisco	3	2.225	0,2%	Argentina
36	mosaico de palmares y bosques chaqueños transicionales al cerrado	6	7.063	0,7%	Brasil, Paraguay
37	Bosques sub-húmedos transicionales con 3 quebrachos	8	18.282	1,7%	Paraguay
38	Arroyos y esteros	4	4.517	0,4%	Paraguay
39	ChaqueñoPreandino del Pilcomayo	4	5.283	0,5%	Bolivia
40	Preandino del Parapeti	1	1.598	0,2%	Bolivia
41	Arenales de Guanacos	3	2.060	0,2%	Bolivia
42	Río Parapeti	6	1.591	0,2%	Bolivia
43	Abanico antiguo Río Grande	8	29.442	2,8%	Bolivia
44	Chaco sub-húmedo central	9	44.634	4,2%	Argentina

Siglas para los países: ARG – Argentina, BOL – Bolivia; BRA – Brasil, y PY - Paraguay.

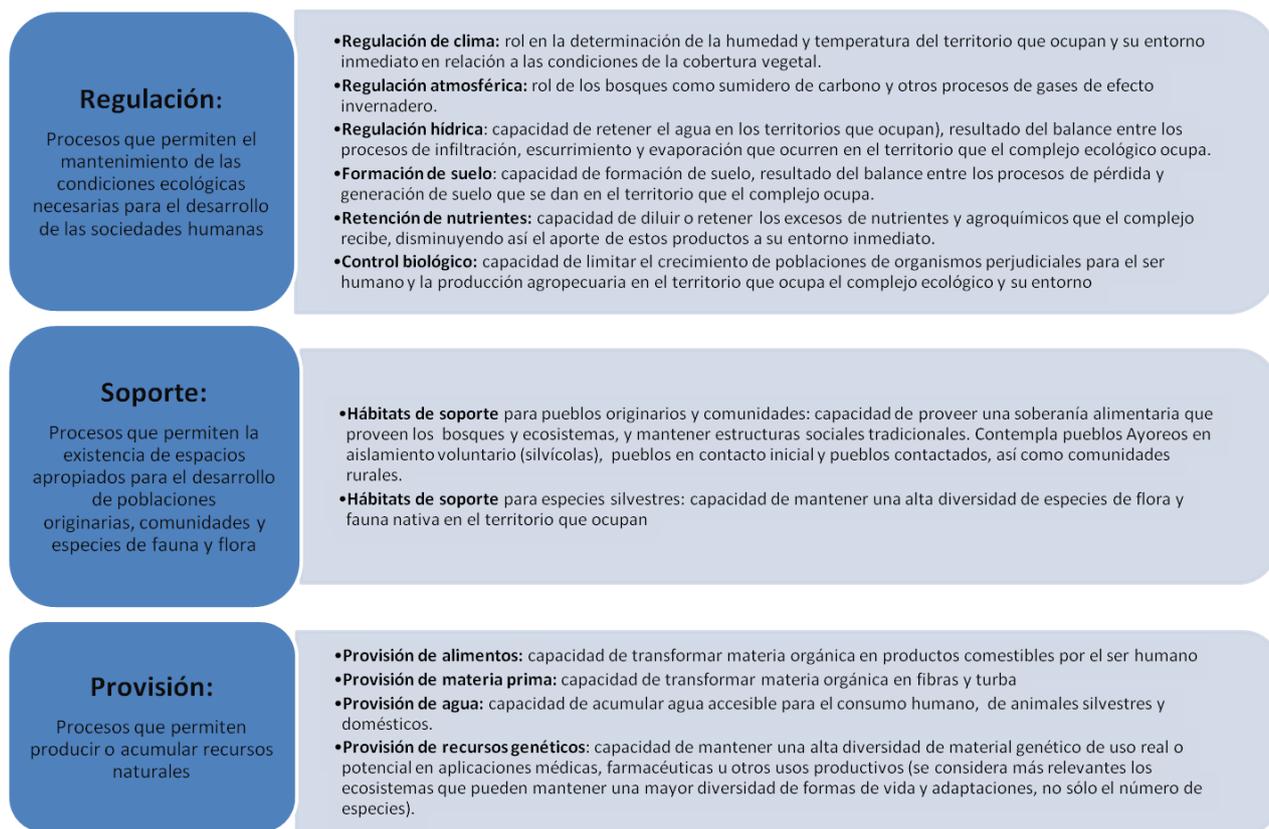
## 1.7 Resultados del análisis de las funciones y servicios ecosistémicos

La dependencia humana de los servicios ecosistémicos se aprecia de manera evidente en economías de subsistencia ligadas al medio natural, donde las comunidades humanas toman directamente de los ecosistemas todo lo que necesitan para vivir (Gómez-Baggethun, E, 2007). La naturaleza es a la vez fuente de recursos y sumidero de los residuos generados por el sistema económico.

### 1.7.1 Funciones ecosistémicas de los complejos ecológicos

Para este análisis se identificaron funciones ecosistémicas importantes como procesos en la regulación, soporte y provisión de bienes y servicios ecosistémicos. Los criterios utilizados para la asignación de valores a la contribución de cada complejo ecológico al funcionamiento de los procesos fue del 1 al 5: a mayor capacidad del complejo, más elevado el puntaje asignado.

Los procesos y roles de los bienes y servicios ecosistémicos identificados para esta primera aproximación al conocimiento de las funciones que aportan los complejos ecológicos, son parte de la contribución a la dinámica de vida que generan en ellos, como un capital natural que satisface necesidades vitales, espirituales y sociales, entre otras.

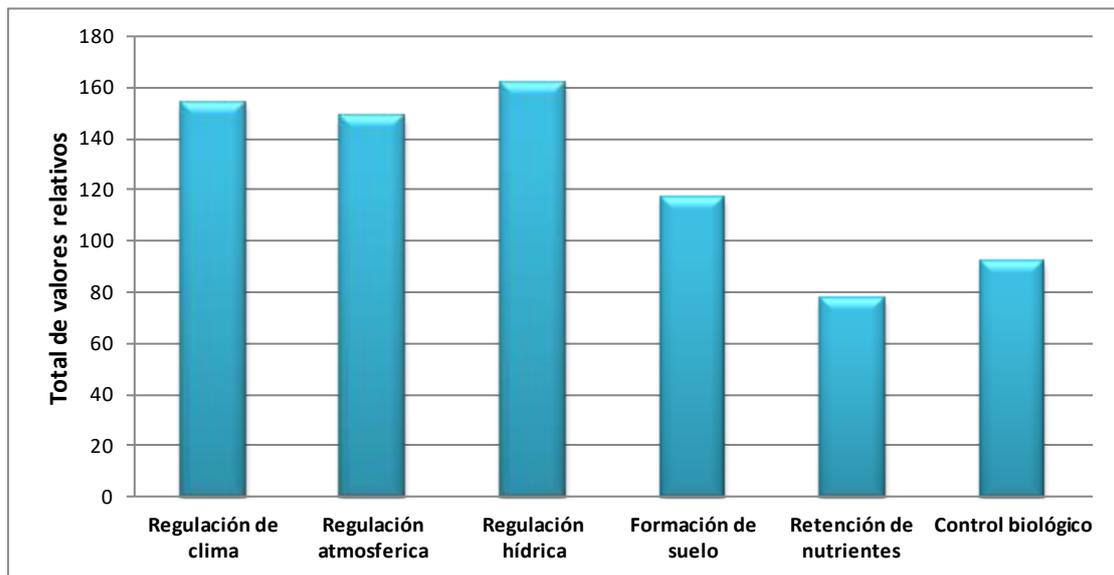


Comparando los resultados y relaciones de los valores relativos estimado de la magnitud de cada uno de los procesos en los 44 complejos ecológicos a la provisión de once servicios ecosistémicos (Ver Anexo IV: Valor relativo estimado de las funciones ecosistémicos) se puede mencionar que:

– **En los Servicio de Regulación**

- Los complejos ecológicos N° 33 del Abanico aluvial antiguo del Parapeti y N° 34 de los Médanos, presentan los más altos valores de la puntuación con 3,46 y los N° 16 Bañados del Quirquincho y N° 5 Chaco de los Llanos y Valles Interserranos con una puntuación de 3,06, donde el puntaje mayor es 5,00 para este servicio.
- El 80% de los 44 complejos ecológicos presenta una concentración alrededor de la media, de los cuales 38,6% se encuentran por debajo de la media.
- El mayor de los procesos en las funciones ecosistémicas de los complejos está dado por la regulación hídrica, seguido de regulación del clima.
- El menor de los procesos está dado en la regulación de nutrientes, debido a la geografía del Gran Chaco.

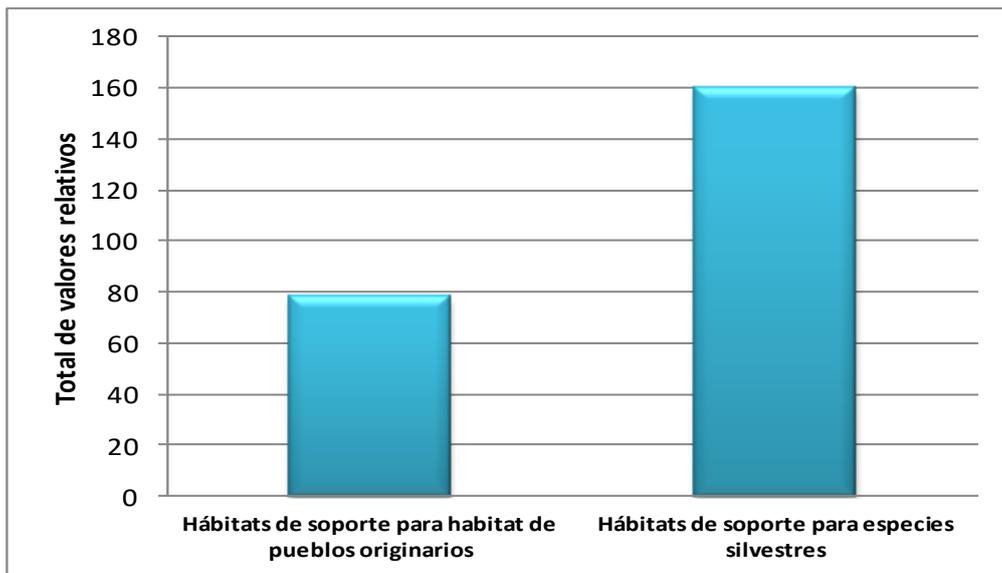
**Figura 22: Valor relativo estimado de la magnitud de los procesos que tienen lugar en cada grupo de ecosistemas considerados. Regulación**



– **En los Servicios de Soporte:**

- Los complejos ecológicos comprendidos entre el Río Pilcomayo hacia el Norte, y Este de los límites del Gran Chaco, presentan mayores valores relativos en cuanto al Servicio de Soporte de Hábitat de Pueblos originarios y Biodiversidad.
- El 34,4% de los 44 complejos ecológicos contribuyen al valor relativo del servicio de hábitat de pueblos originarios. La ausencia de datos censales de pueblos originarios, así como el uso de los recursos y su forma de aprovechamiento, dificultan un mejor análisis de estos datos con relación a los complejos ecológicos.
- La provisión del servicio de hábitats de soporte para especies silvestres debe ser monitoreada y preservada por el nivel de influencia que representa en el servicio de soporte, ya que resguarda una biodiversidad única, con muchos endemismos, pero la misma mantiene una amenaza latente en los cambios de los paisajes naturales de forma contraria a un desarrollo equitativo y ambientalmente equilibrado. La generación de bosques de reserva que configuren corredores puede apoyar a evitar la disminución de especies.

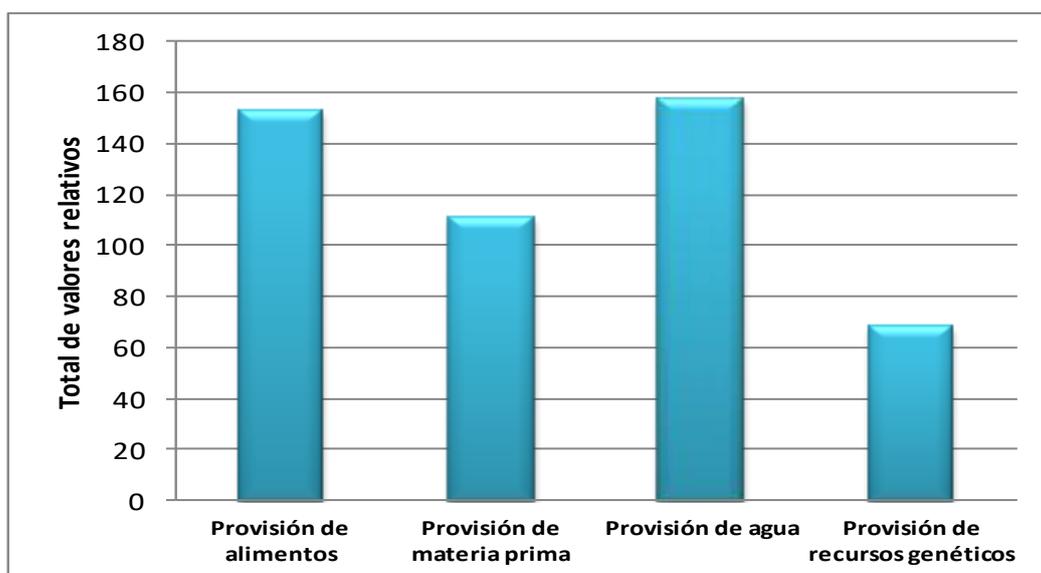
**Figura 23: Valor relativo estimado de la magnitud de los procesos que tienen lugar en cada grupo de los ecosistemas considerados. Soporte**



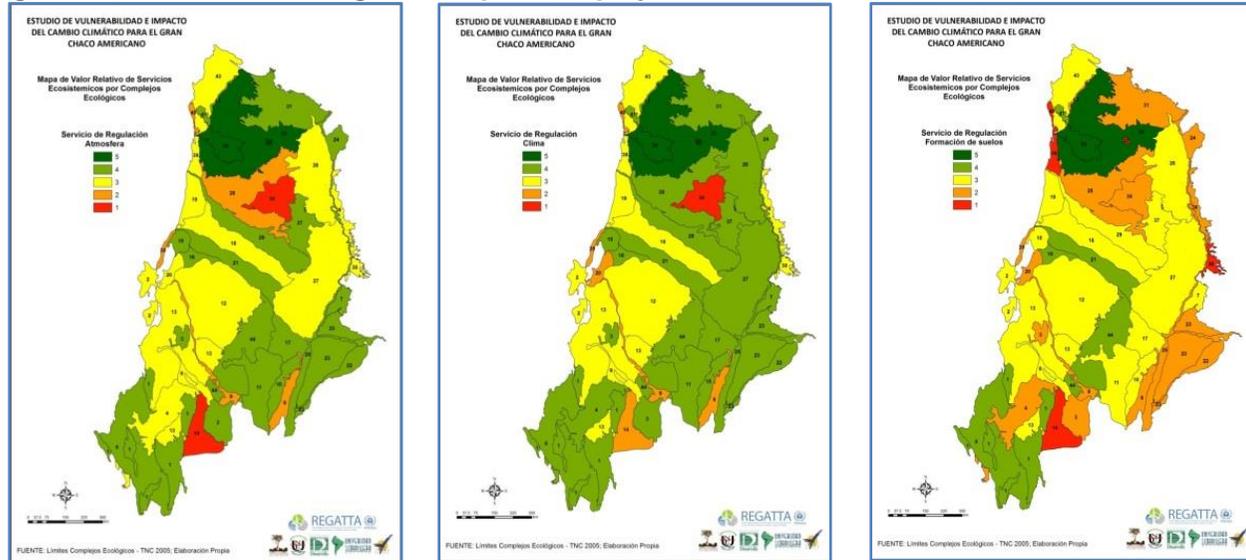
– **En los Servicio de Provisión:**

- El 81,8% de los valores relativos se encuentran concentrados alrededor de la media.
- Los valores relativos de los 44 complejos ecológicos no muestran una gran dispersión.
- El 61,4% de los valores relativos de los 44 complejos ecológicos se encuentran por debajo de la media.
- Dos tercios (63,7%) de los servicios de provisión con lo que contribuyen los 44 complejos ecológicos corresponden a los servicios de provisión de agua y alimentos.
- Los 44 complejos ecológicos solo contribuyen de manera relativa con el 13,6% al servicio de provisión de recursos genéticos.

**Figura 24: Valor relativo estimado de la magnitud de los procesos que tienen lugar en cada grupo de los ecosistemas considerados. Provisión.**



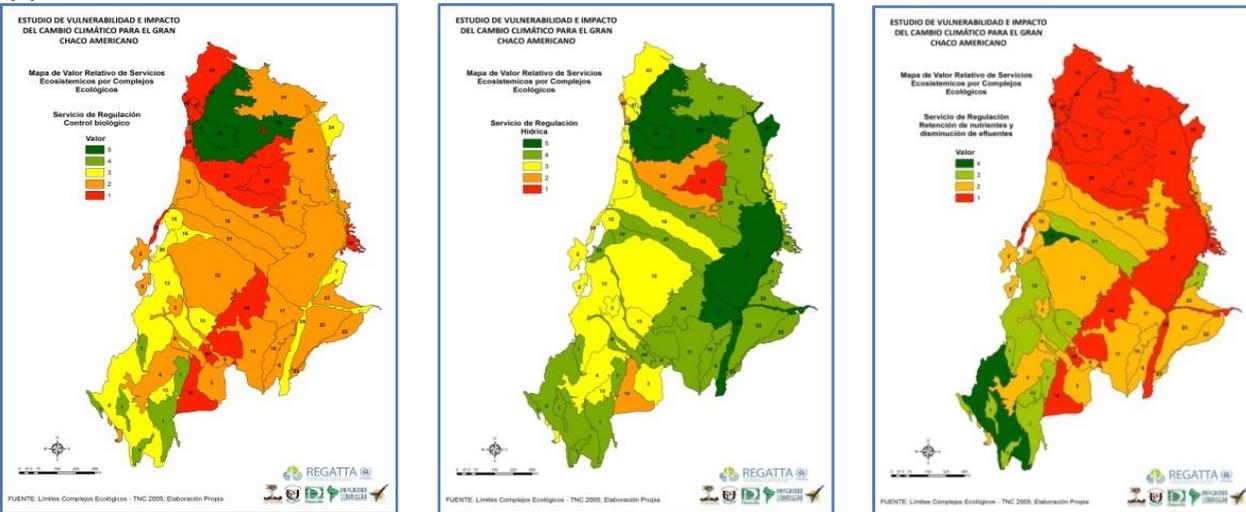
**Figura 25: Servicios de Regulación por complejos**



**(a)Atmósfera**

**(b)Clima**

**(c) Formación de suelos**

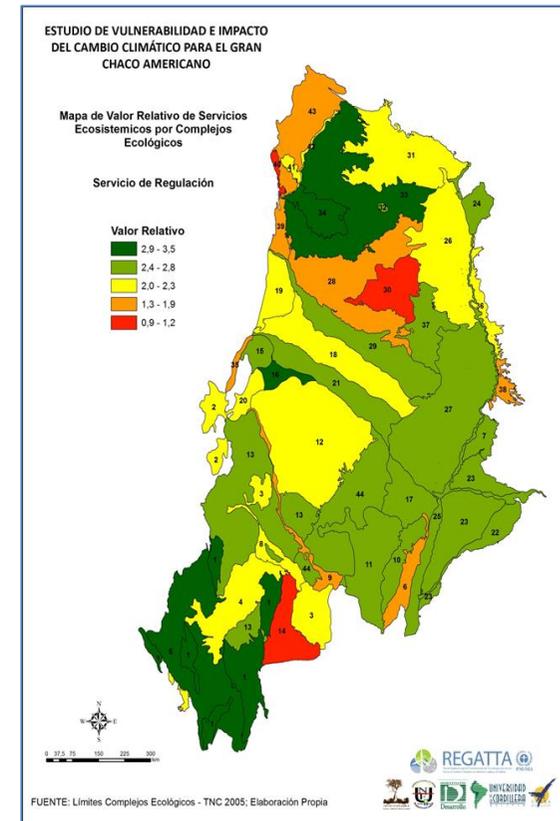


**(d) Control Biológico**

**(e) Hídrico**

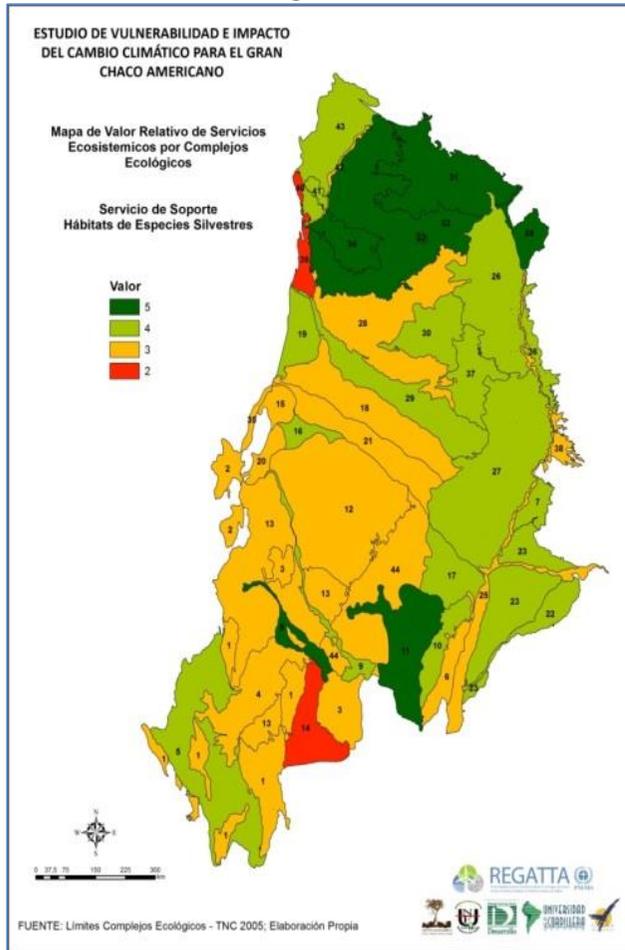
**(f) Retención de nutrientes**

**Figura 26: Valor Total Regulación**

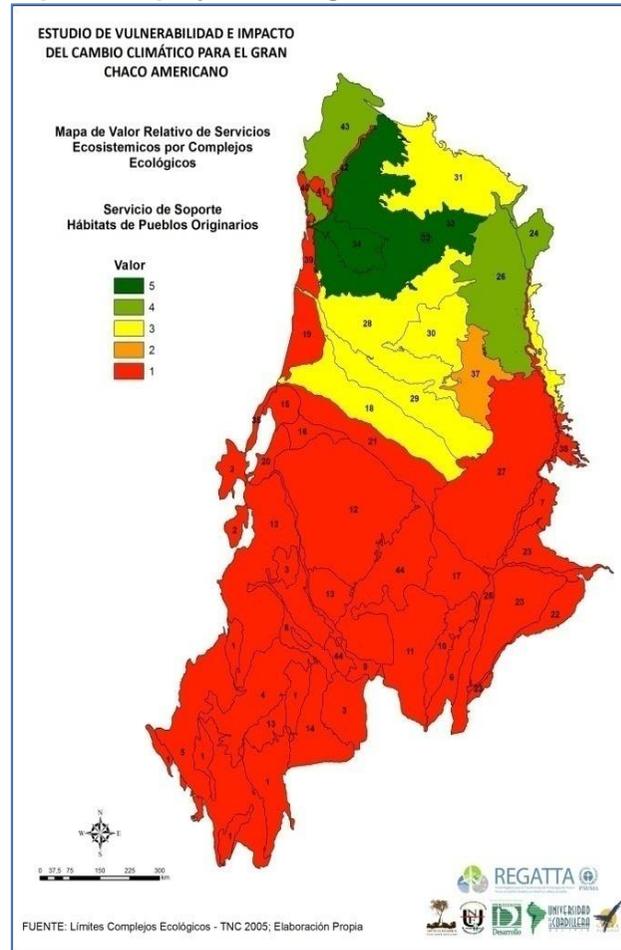


La mayoría de los complejos ecológicos muestra altos procesos de regulación, siendo el N° 33 del Abanico aluvial antiguo del Parapeti, el N° 34 de los Médanos, el N° 16 Bañados del Quirquincho y el N° 5 Chaco de los Llanos y Valles Interserranos, con valores muy alto.

**Figura 27: Servicios de Soporte por complejos ecológicos**

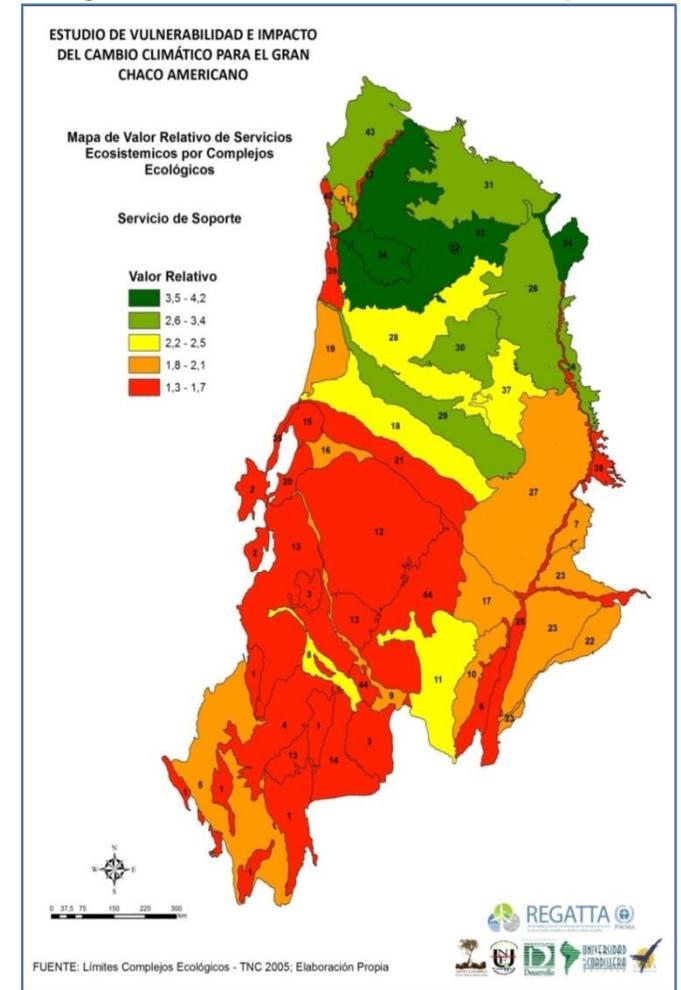


**a. Hábitat Especies silvestres**



**a. Hábitat de pueblos originarios**

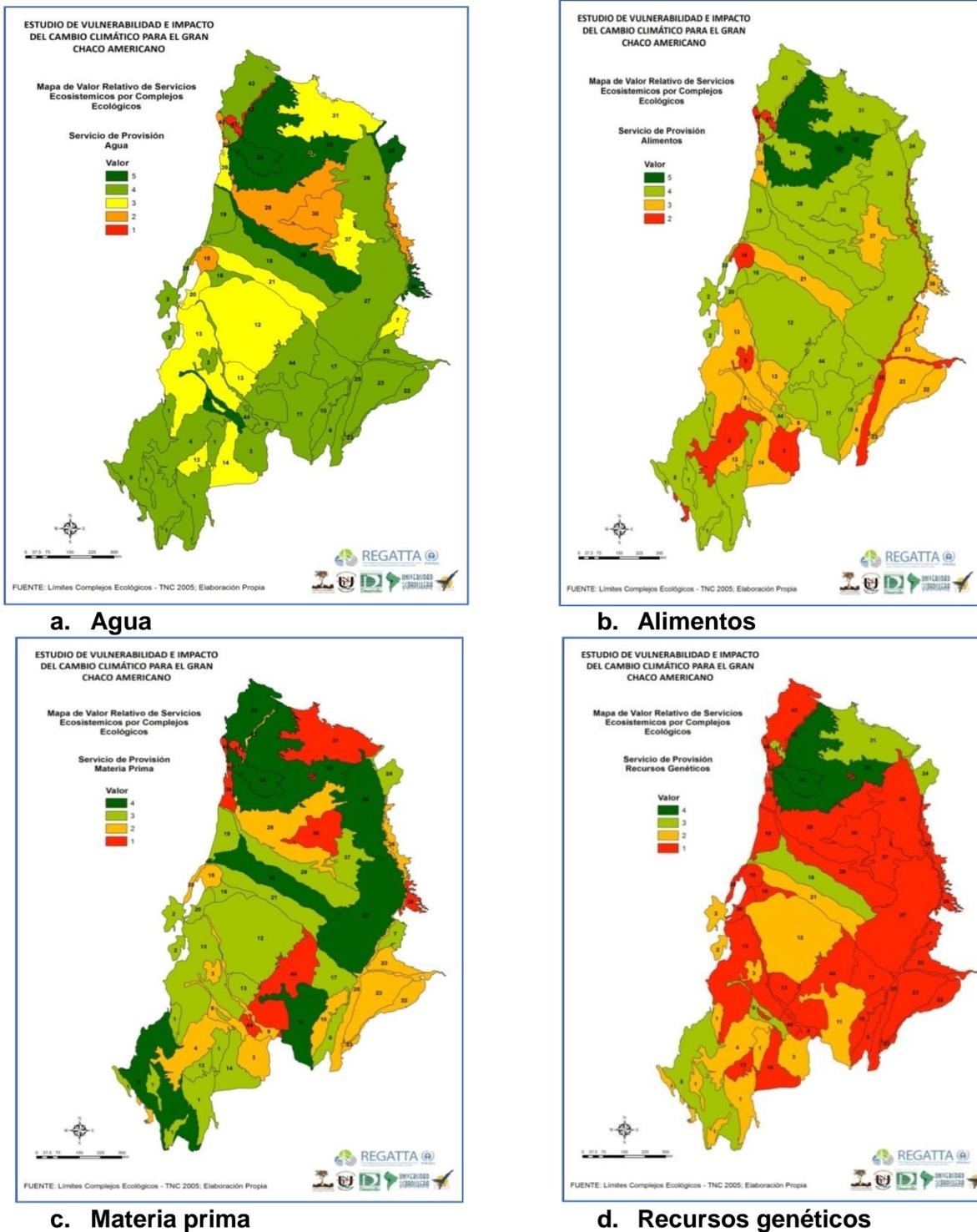
**Figura 28: Valor Total Relativo de Soporte**



En los Servicios de soporte para Especies Silvestres, se puede mencionar que los localizados en Paraguay y Bolivia y adyacentes entre sí, mantienen un puntaje alto por encima de la media. Sin embargo, para los Complejo Ecológicos localizados en Argentina, están por debajo de la media, y con puntajes muy bajos.

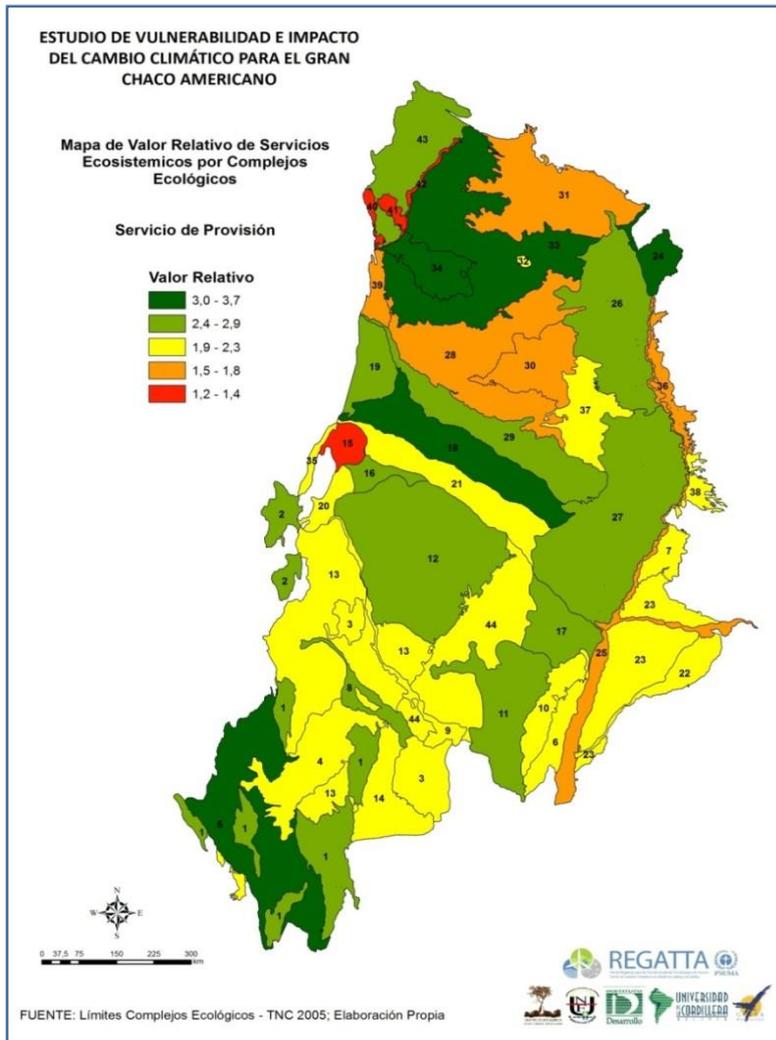
Los valores relativos de los servicios ecosistémicos de Soporte, nos indican que todavía los complejos ecológicos del Alto Chaco permiten la supervivencia de pueblos originarios que viven de la caza y la recolección. Así mismo, y de acuerdo a testimonios y huellas detectadas, permite la existencia de pueblos “aislados”, que se movilizan entre los complejos transfronterizos de Paraguay y Bolivia (Nº 31, 32 y 33, 34). Las funciones de regulación de los 44 complejos ecológicos contribuyen con el 63,7% de los servicios ecosistémicos de provisión y que corresponden a los servicios de provisión de agua y alimentos (Figura 25).

**Figura 29: Servicio de Provisión por complejos ecológicos**



Sin embargo, los complejos N° 6 del Dorsal Oriental (Argentina), N° 18 Interfluvio del Bermejo – Pilcomayo (Argentina), N° 24 Transición Chaco-Pantanal, N° 33 del abanico aluvial antigua del río Parapeti, y el N° 34 de los Médanos, vuelven a mantener altos puntajes, en la provisión de casi todos los servicios ecosistémicos evaluados como provisión, incluyendo recursos genéticos, con puntaje muy bajo en muchos complejos

**Figura 30: Valor relativo del servicio de provisión**



Los valores relativos de casi todos los complejos ecológicos se encuentran concentrados alrededor de la media, lo que indica una interacción entre todos, indicando esto que la salud de los ecosistemas permiten servicios ecosistémicos que deben ser resguardados para las generaciones actuales y futuras. Los grandes proyectos de desarrollo sin atender las potencialidades existentes, podrían perjudicar las funciones actuales. Las medidas de adaptación que se propongan en el futuro deberán respetar estas potencialidades.

### 1.7.2 Contribución relativa de los Servicios Ecosistémicos

El resultado obtenido es simplemente un ranking de la contribución relativa de cada uno de los complejos ecológicos a la provisión de cada servicio ecosistémicos. No refleja la contribución absoluta de cada complejo en una escala lineal ni regular.

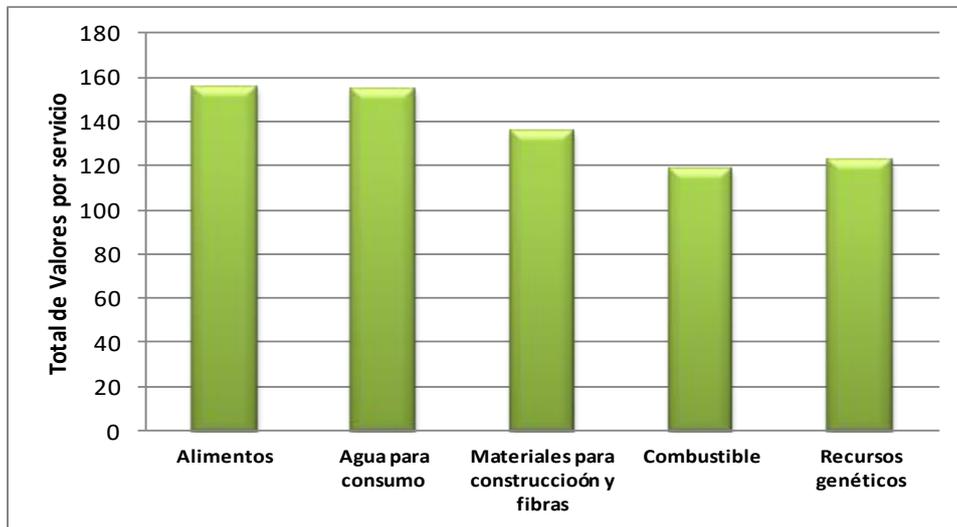
La contribución a la provisión de los servicios identificados para este estudio se medirá de acuerdo a que cuanto más necesario es el proceso para la provisión del servicio, más elevado el puntaje asignado.

### 1.7.2.1 Servicios de provisión

**Servicios de Provisión:**  
 Productos obtenidos de los Complejo (bienes)

- **Alimentos:** procesos para generar las condiciones necesarias para la producción de alimentos
- **Agua para consumo:** procesos necesarios para asegurar el acceso permanente al agua que puede ser utilizada para el consumo humano
- **Materiales para construcciones y fibras:** procesos necesarios para generar las condiciones necesarias para la producción de fibras y materiales para construcciones
- **Combustible:** procesos necesarios la producción de biomasa (madera y otros materiales combustibles no fósiles) que puede ser usada como fuente de energía
- **Recursos genéticos:** procesos necesarios para generar las condiciones necesarias para el mantenimiento de una alta diversidad de organismos nativos

**Figura 31: Contribución relativa de 44 complejos a la provisión de diez servicios del Gran Chaco. Servicios de Provisión.**

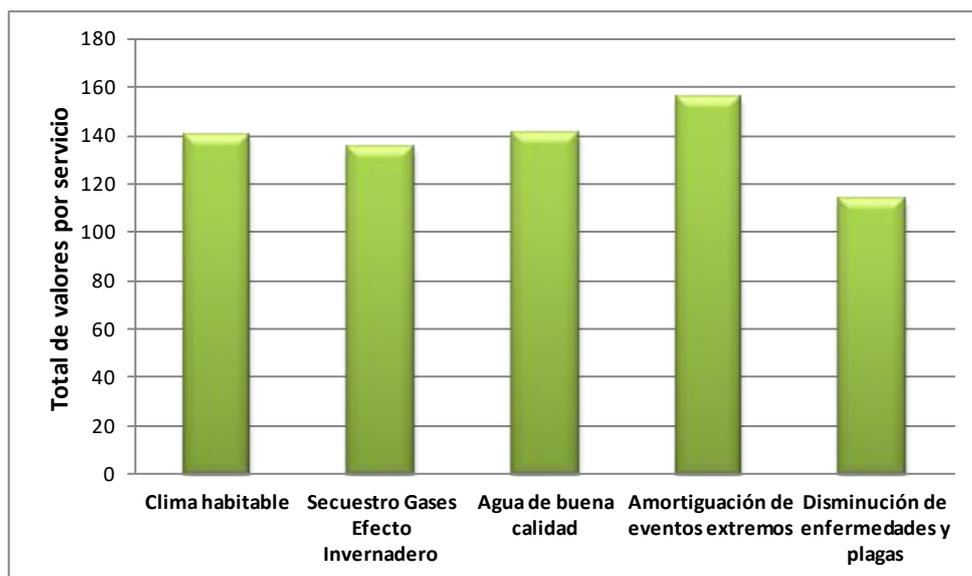


### 1.7.2.2 Servicios de regulación

**Servicios de Regulación:**  
 Beneficios obtenidos de la regulación de procesos ecosistémicos (servicios)

- **Clima habitable:** procesos necesarios para mantener condiciones climáticas favorables para el desarrollo de las sociedades humanas
- **Agua de buena calidad:** procesos necesarios para mantener la calidad del agua accesible para el consumo humano
- **Amortiguación de eventos extremos:** procesos necesarios para evitar condiciones climáticas o hidrológicas (por exceso o deficiencia) que afectan negativamente la salud, las actividades productivas, y en general el desarrollo de las sociedades humanas
- **Disminución de enfermedades y plagas:** procesos necesarios para evitar la proliferación de enfermedades u organismos nocivos para la salud humana o perjudicial para la sanidad agropecuaria y fitosanidad.

**Figura 32: Contribución relativa de 44 complejos a la provisión de diez servicios del Gran Chaco. Servicios de Regulación.**



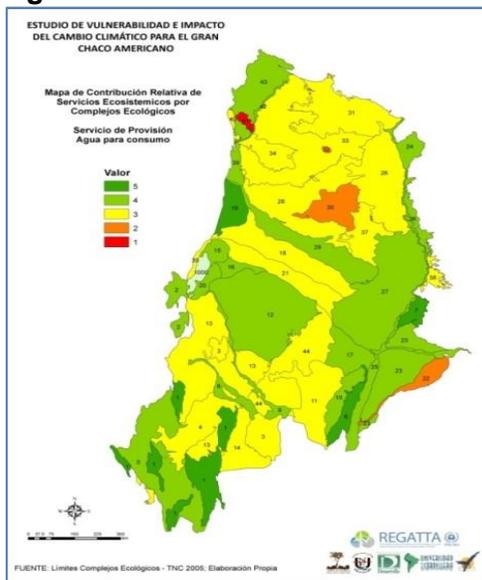
Comparando los resultados y relaciones de los valores relativos estimados a la contribución de cada uno de los procesos en los 44 complejos ecológicos (*Ver Anexo V: Contribución relativa de las funciones de los 44 complejos ecológicos*) a la provisión de once servicios podemos mencionar que:

- La importancia relativa de los complejos a la provisión de un servicio refleja la contribución de ese Complejo a la provisión de los demás servicios considerados.
- Un tercio de los complejos ecológicos presentan valores menores a la media en los servicios de provisión, con niveles de focalización en su contribución.
- Solo el 18% de los complejos ecológicos están por debajo de la media de los servicios de regulación.
- No existe complejo ecológico que participe de manera significativa con respecto al resto. Todos contribuyen medianamente a los servicios ecosistémicos, de forma integral.
- Aparentemente el servicio ecosistémico más importantes con el que contribuyen los Complejos Ecológicos a las comunidades locales es el de proveer el Servicio de Regulación.
- El 23,9% de los complejos ecológicos contribuye al servicio de provisión de alimentos, y casi similar porcentaje ( 23,8%) contribuye al servicio de provisión de agua para consumo.
- En los Servicios de Provisión el complejo ecológico N° 24 *Transición Chaco Pantanal*, participa más intensamente. Este complejo forma parte del Sistema de la Cuenca del Río Paraguay, siendo el Pantanal una llanura alimentada por sistemas de cabeceras en los altiplanos y llanuras adyacentes, consideradas a nivel global áreas de alta contribución hídrica.
- En los Servicios de Regulación el complejo ecológico N° 33 del Abanico aluvial antiguo del Parapeti, participa más activamente en los servicios de regulación. Esta función del Complejo incluye la regulación de los procesos de desertificación, degradación de la tierra y efectos de la sequía.
- Dentro de los Servicios de Regulación, el referido a la provisión de Amortiguamiento de Eventos Extremos, es el que contribuye de manera más resaltante, siendo el norte del Gran Chaco con los Complejos Transfronterizos N° 24 *Transición Chaco Pantanal*, N° 33 del

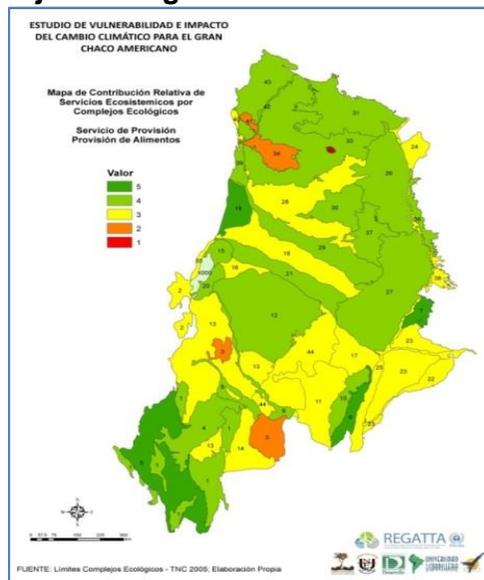
Abanico Aluvial antiguo del Parapetí, y N° 34 de los Médanos, los más importantes. El resto de los complejos mantienen un puntaje por encima de la media, siendo los complejos N° 30 de los paleocauces colmatados del Pilcomayo, el N° 1 Chaco Serrano Puntano-Cordobés, el N° 14 Bosque Austral de Dos Quebrachos y el N° 20 Transición Chaco Yungas los que mantiene un puntaje muy por debajo de la media.

- La provisión de servicios de energía muestra el porcentaje de más bajo índice de contribución. Este bajo índice de este servicio (provisión de leña y materiales de combustión entre otros), nos muestra la necesidad de implementar el uso de energía limpia, como una medida inmediata de adaptación en todos los programas y proyectos a nivel comunitario. En muchos casos las poblaciones tienen que desplazarse distancias largas para buscar leña.
- Los Servicios ecosistémicos del conjunto de los complejos ecológicos muestran una gran dispersión de datos, pero los mismos guardan una relación relativa.

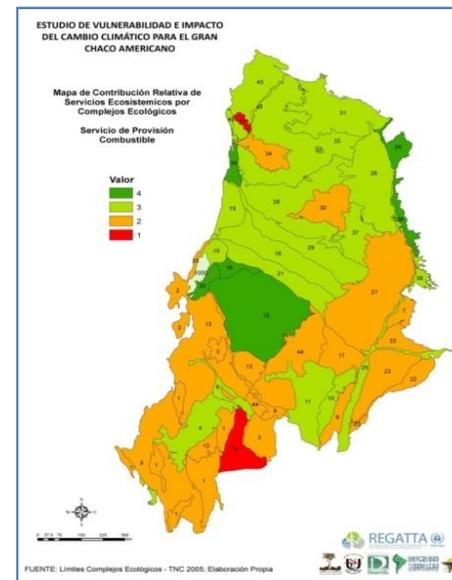
**Figura 33: Servicio de Contribución por complejos ecológicos**



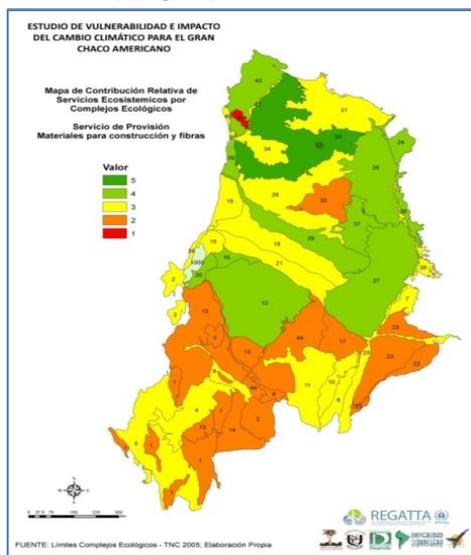
**(a) Agua para consumo**



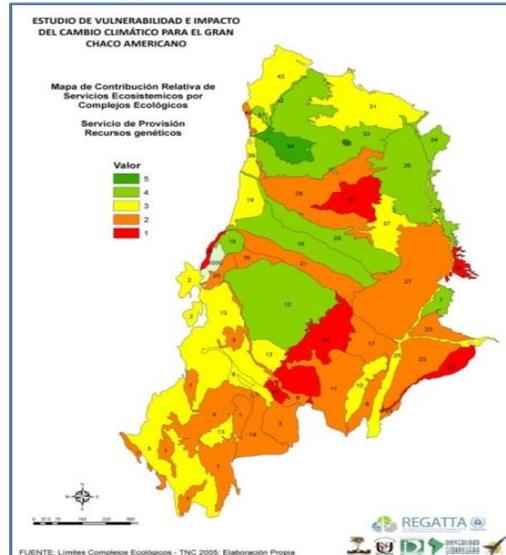
**(b) Provisión de alimentos**



**(c) Provisión de combustible**



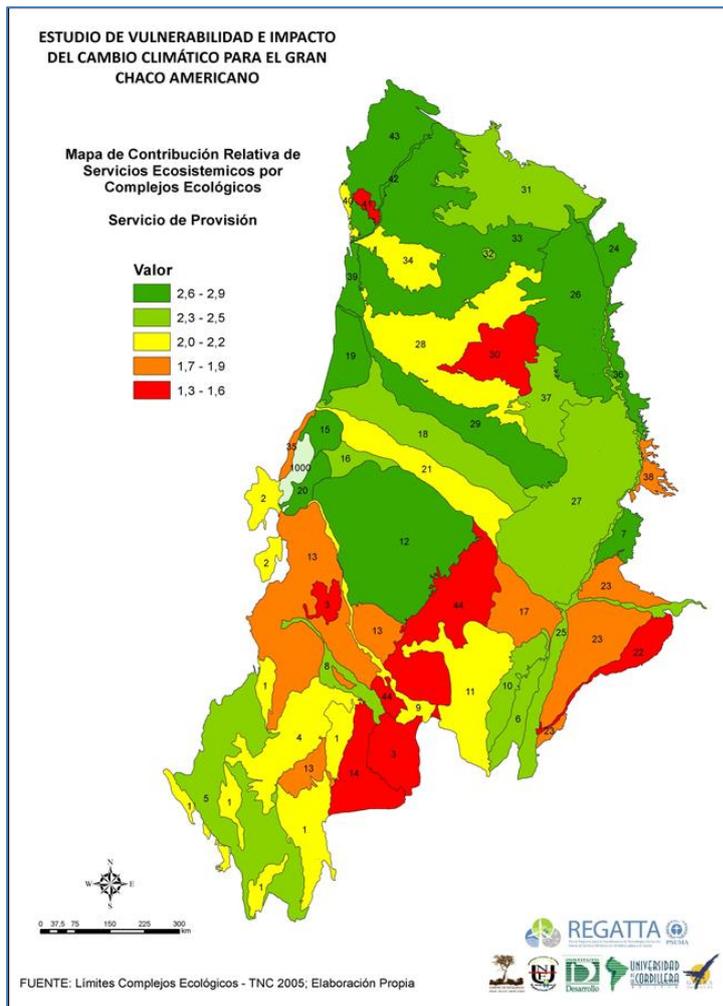
**(d) Materiales de construcción**



**(e) Recursos genéticos**

Los servicios ecosistémicos de provisión (agua para consumo, alimentos, combustible, materiales de construcción y recursos genéticos) de los complejos ecológicos con mayor contribución (por encima de la media) están dados entre Paraguay y Bolivia, lo que demuestra el buen estado de los ecosistemas. Figura 33.

**Figura 34: Contribución relativa de los servicios ecosistémicos**



El Chaco Argentino presenta más complejos ecológicos por debajo de la media, mostrando una disminución de aquellos servicios de los bosques, pero mostrando además zonas de sistemas agropecuarios extensivos, con servicios de abastecimiento de agua por sistemas de canales y otras tecnologías.

Los Complejos N° 22 de los Esteros del Yberá y el N° 41 de Arenales de Guanacos, son los que menor contribución tienen en la provisión de servicios ecosistémicos de provisión. Para el caso de los servicios de regulación, los Complejos N° 14 Bosque Austral de Dos Quebrachos, el N° 30 de los paleocauces colmatados del Río Pilcomayo, y N° 41 Arenales de Guanacos, mantienen los puntajes más bajos en lo que hacen a estos servicios. Figura 33

## Exposición Climática

Para evaluar los impactos del cambio climático se recurre a los escenarios de cambio climático global teniendo en cuenta los escenarios futuros recomendados por el IPCC (Panel Intergubernamental para el Cambio Climático, por sus siglas en inglés) en el Cuarto Reporte de Evaluación (AS4).

Mediante la utilización de los Modelos de Circulación General (MCG) se puede determinar los escenarios de cambio climático global que permiten evaluar los impactos a nivel global del cambio en los gases de efecto de invernadero (GEI). El problema de los MCG es que no tienen suficiente resolución espacial como para realizar evaluaciones regionales del impacto del cambio climático. Para poder resolver este problema y poder realizar estudios de cambio climático a nivel regional e incluso local; se usan los Modelos Climáticos Regionales (MCR). Los MCR son modelos físicos generalmente de atmósfera y superficie terrestre, que además contiene procesos importantes en el sistema climático como por ejemplo nubes, radiación, precipitación, humedad en suelo, etc.

En la actualidad los MCR son la mejor herramienta conocida para reducir desde la escala global a regional (downscaling) las características del clima, ya que permiten obtener información más detallada de una región en particular. Entre las principales ventajas de usar los MCR, se puede encontrar; una simulación más realista del clima actual, debido a su alta resolución que permite interactuar con el terreno, predicciones a más detalle del cambio de clima a futuro, representación de pequeñas áreas, mejor simulación y predicción en eventos extremos climáticos, generación de datos a detalle para el análisis y estudios de impactos a nivel local (Zhang et al 2006).

Para este estudio se determinaron los escenarios climáticos futuros para el Gran Chaco Americano (Gran Chaco), dichos escenarios son la base científica para la caracterización de la vulnerabilidad, constituyéndose en información importante para la toma de decisiones y la planificación futura en los sectores productivos e hidrológicos del área de estudio.

Para la verificación del modelo se utilizaron los datos CRU (Unidad de Investigación del Clima, por sus siglas en Inglés) de la universidad de East Anglia del Reino Unido (CRU TS 1.0: New et al., 2000). Estos son datos climatológicos grillados basados en las estaciones meteorológicas e interpoladas a una resolución de 0,5° (aproximadamente 50 km), a partir de estos datos se realizaron las caracterizaciones climáticas y la validación del modelo que posee la misma resolución y pueden compararse punto a punto.

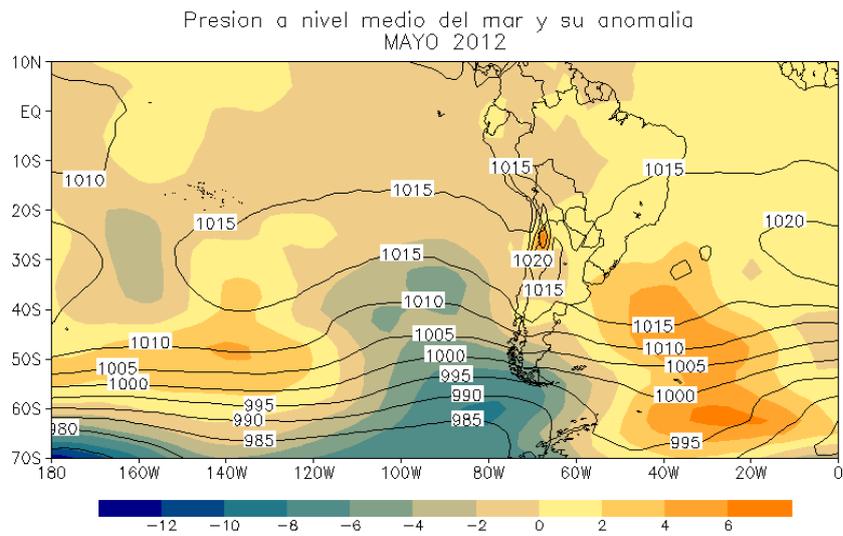
## **2.1 Sistemas atmosféricos predominantes en la época lluviosa**

Los principales sistemas de gran escala responsables de la variabilidad de la precipitación en la zona del Gran Chaco Americano son: La Zona de Convergencia del Atlántico Sur (ZCAS). La Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), el Anticiclón del Pacífico Sur (APS), el Anticiclón del Atlántico Sur (AAS) y la Alta de Bolivia (AB). Las precipitaciones en verano están ligadas al funcionamiento del ZCAS, y del ZCIT (Nobre y otros, 2005).

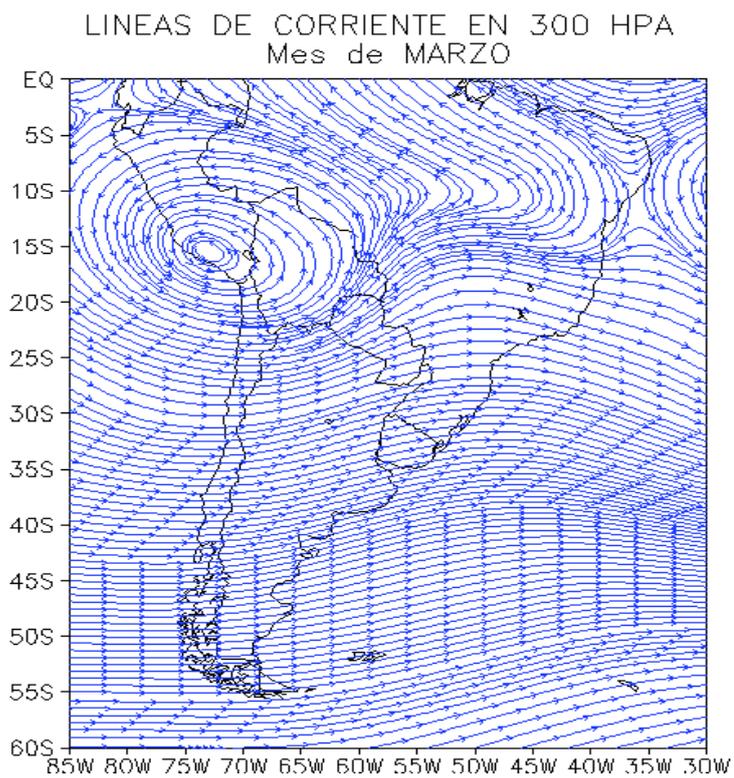
Gran parte de la variabilidad de la precipitación en el Gran Chaco Americano está ligada a la variabilidad de la Corriente en Chorro de Capas Bajas de Sudamérica (SALLJ), que consiste en una corriente estrecha de aire, que fluye en capas bajas desde el norte, al este de la Cordillera de los Andes a lo largo de todo el año (Nogues-Paegle y Mo, 1997; Saulo y otros, 2000). El SALLJ es la fuente de aire tropical húmedo y cálido que activa la convección y la precipitación en gran parte del Chaco.

La ZCIT, APS y AAS son sistemas cuasi estacionarios con desplazamientos meridionales estacionales en cambio la AB y ZCAS, son sistemas típicos de verano.

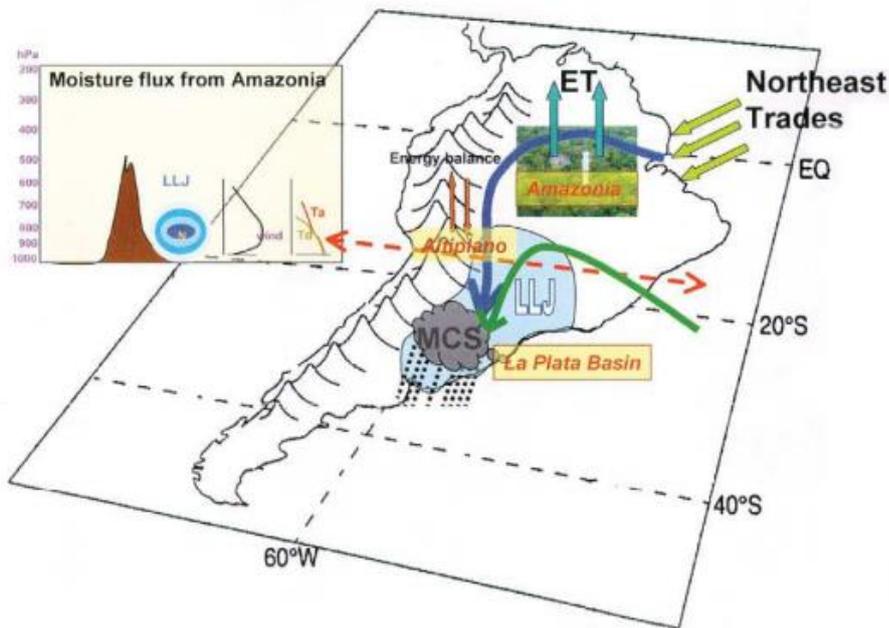
**Figura 35: Campo de presión a nivel del mar y su anomalía**



**Figura 36: Campo de viento medio en 300 hPa en m/s**



**Figura 37: Representación esquemática de los elementos relevantes para el transporte de humedad sobre el Gran Chaco.**



Fuente: Vera et al. 2006

En la figura 37, las flechas azules y verdes representan el transporte de humedad sobre el continente desde el trópico y el Océano Atlántico Sur, respectivamente.

## 2.2 Mecanismos físicos de la precipitación en el Gran Chaco Americano

Los mecanismos físicos de la precipitación anual en Sudamérica ocurre durante el verano austral (Diciembre a Febrero-DEF) y durante los meses de otoño (Marzo a Mayo-MAM). Los grandes sistemas meteorológicos y sinópticos que modulan las precipitaciones de verano están ligados al funcionamiento de la Zona de Convergencia del Atlántico Sur-SACZ (Casarin y Kousky, 1986; Figueroa y otros, 1995; NoguésPaegle y Mo, 1997), la Alta Boliviana y los vórtices ciclónicos de la alta troposfera (Virji, 1981; Kousky y Gan, 1981).

La variabilidad de la precipitación en las llanuras subtropicales de Sudamérica están ligadas a la variabilidad de la Corriente en Chorro de Capas Bajas de Sudamérica (SALLJ), que es una corriente estrecha de aire que fluye en capas bajas desde el norte, al este de la Cordillera de los Andes a lo largo de todo el año (por ej., Nogués-Paegle y Mo, 1997; Saulo y otros, 2000). La SALLJ provee el aire tropical húmedo y cálido para activar la convección y precipitación en las llanuras de Sudamérica, está modulada por la oscilación del sur de "El Niño" en la escala anual (Zhou y Lau, 2001), por pasajes frontales y la SACZ en la escala sub-mensual y por la dinámica de la capa límite en las escalas diurnas. En el período MAM, la estación lluviosa está localizada en el centro-este del Amazonas y el noreste de Brasil, y está modulada por la migración hacia el sur del Ecuador de la Zona Intertropical de Convergencia (Hastenrath y Heller, 1977; Moura y Shukla, 1981; Nobre y Shukla, 1996, Souza y otros, 1998a).

El llamado fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) es considerada una de las fuentes predominantes en las variabilidad del tiempo y el clima alrededor del mundo (Trenberth y Caron, 2000). El ENSO, un fenómeno de escala planetaria relacionado a la importante y

compleja interacción océano-atmósfera sobre el Pacífico tropical (Cane, 1992), tiene un ciclo de “El Niño” (fase cálida) que se manifiesta en un extremo de la fase y “La Niña” (fase fría) en la opuesta. Las características principales en la atmósfera y el océano asociadas a los episodios “El Niño” son: predominancia de anomalías positivas en la temperatura de la superficie del mar (SST, siglas en inglés), debilitamiento de los vientos del este en superficie, baja presión con convección profunda en el Pacífico oriental y alta presión con movimientos de subsidencia en el Pacífico oeste, Indonesia y Australia. En los eventos “La Niña” generalmente se revierten los patrones en la atmósfera y el océano (Kousky y Ropelewski, 1989). Estos patrones anómalos ocurren sobre la cuenca del Pacífico tropical, incluyendo una extensa área sobre los trópicos (más de un tercio del cinturón tropical alrededor del globo).

### 2.3 Comportamiento de la precipitación en la región

En la Tabla 11 se muestran los datos calculados de la precipitación total mensual (1961-1990) para cada departamento y provincia de cada país dentro del Gran Chaco.

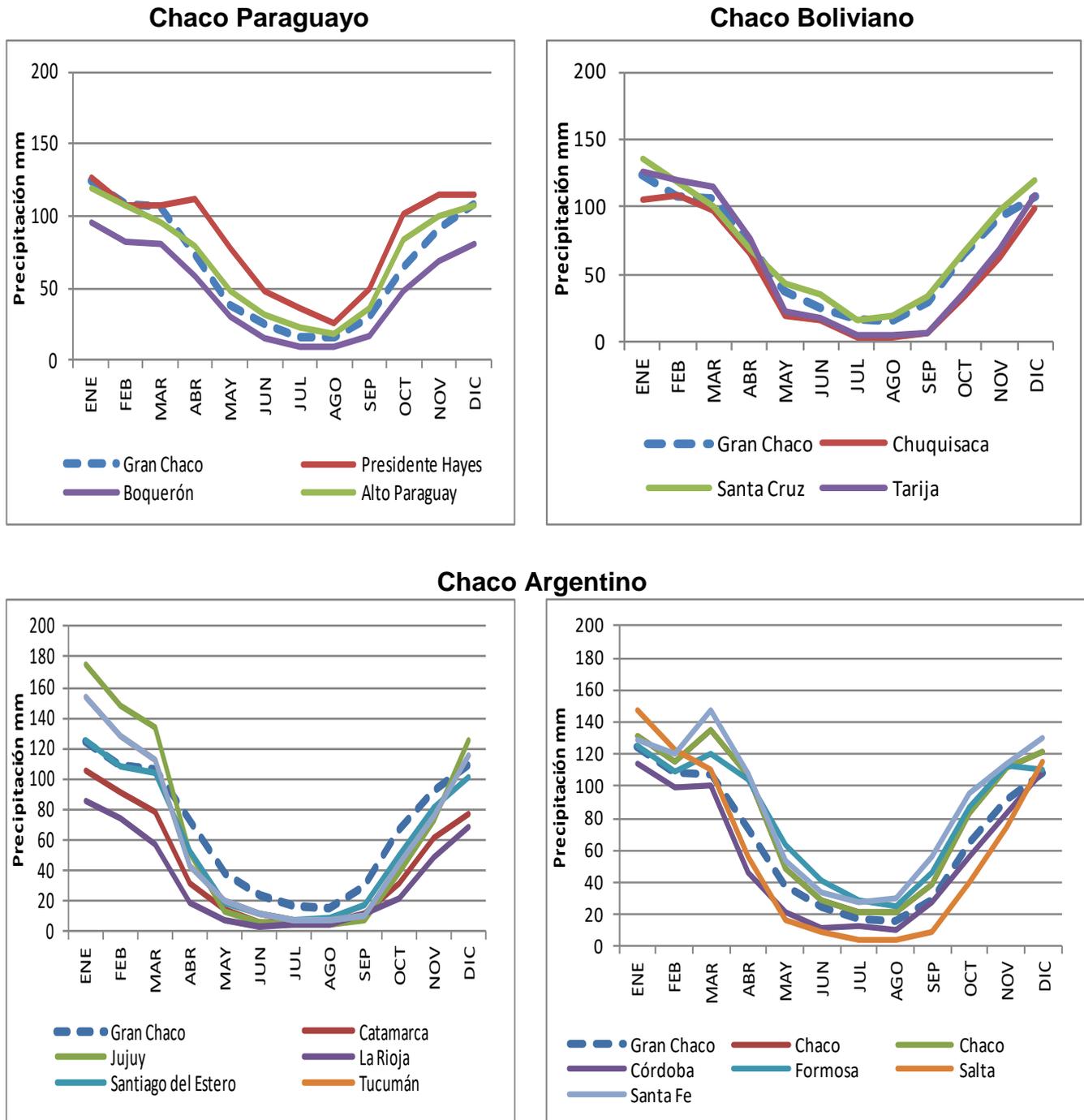
**Tabla 11. Normales climatológicas de precipitación (1961-1990) a nivel del Gran Chaco, CRU.**

PAIS	REGION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
Paraguay	Gran Chaco	124.2	108.3	106.7	72.6	37.7	24.3	16.6	15.7	29.8	65.6	91.3	108.6	801.5
	Presidente Hayes	127.3	108.1	107.0	111.4	77.4	48.5	36.2	25.7	49.7	101.2	115.4	114.6	1022.5
Paraguay	Alto Paraguay	118.7	107.7	94.9	79.5	47.7	31.6	22.3	18.5	36.2	84.1	100.2	108.0	849.3
	Boquerón	96.0	82.1	80.5	58.7	30.1	15.9	9.6	8.7	16.5	48.3	69.0	80.9	596.3
	Catamarca	105.4	91.5	78.2	31.1	14.5	6.5	6.3	5.8	11.6	32.1	61.8	76.5	521.2
Argentina	Chaco	131.2	115.5	135.0	107.0	48.8	28.7	21.6	21.7	39.2	83.1	111.5	121.8	965.1
	Córdoba	114.3	99.8	100.1	45.7	21.7	11.6	12.4	10.6	27.0	55.9	83.3	108.8	691.4
	Formosa	125.7	109.5	120.2	104.0	63.9	41.4	28.3	24.5	46.0	86.6	112.6	110.6	973.2
	Jujuy	174.8	148.6	133.5	51.3	13.1	5.7	4.2	4.2	7.6	37.9	72.9	125.0	778.9
	La Rioja	86.0	74.1	57.3	18.4	7.5	3.5	5.0	4.6	11.5	22.0	48.2	68.0	405.9
	Salta	147.7	122.7	110.6	56.0	16.2	8.6	4.5	4.1	9.1	40.4	74.6	115.0	709.5
	Santa Fe	128.5	120.8	147.0	107.8	53.2	33.6	27.4	30.4	56.3	95.2	114.5	129.8	1044.6
	Santiago del Estero	124.7	108.6	103.3	52.7	18.9	12.3	7.8	9.2	17.9	50.4	80.8	101.2	687.7
	Tucumán	154.1	127.8	112.4	42.3	20.7	10.9	7.9	7.4	9.9	43.8	75.2	115.3	727.6
	Bolivia	Chuquisaca	105.6	109.1	97.9	65.6	19.3	15.7	4.0	3.6	6.8	34.4	62.1	99.1
Santa Cruz		135.1	118.7	100.4	68.2	42.7	36.1	15.9	19.8	33.0	67.9	97.8	120.3	855.9
Tarija		126.2	119.9	115.5	76.2	22.6	17.8	5.0	4.3	6.7	36.9	68.9	108.3	708.4

Fuente: Elaboración propia con datos CRU de resolución 50x50 Km.

En la Figura 38, se observa que la precipitación mínima anual se registra en la provincia de La Rioja con 405.9 mm/año y el valor más alto se da en la provincia de Santa Fe con 1.044,6 mm/año. Los meses de menos precipitación son los meses de julio y agosto y la época de precipitación se inicia en el mes de octubre y va hasta marzo, quedando los meses de abril a septiembre como los meses de menor precipitación o más secos.

**Figura 38: Normales climatológicas de precipitación (1961-1990) a nivel del Gran Chaco.**



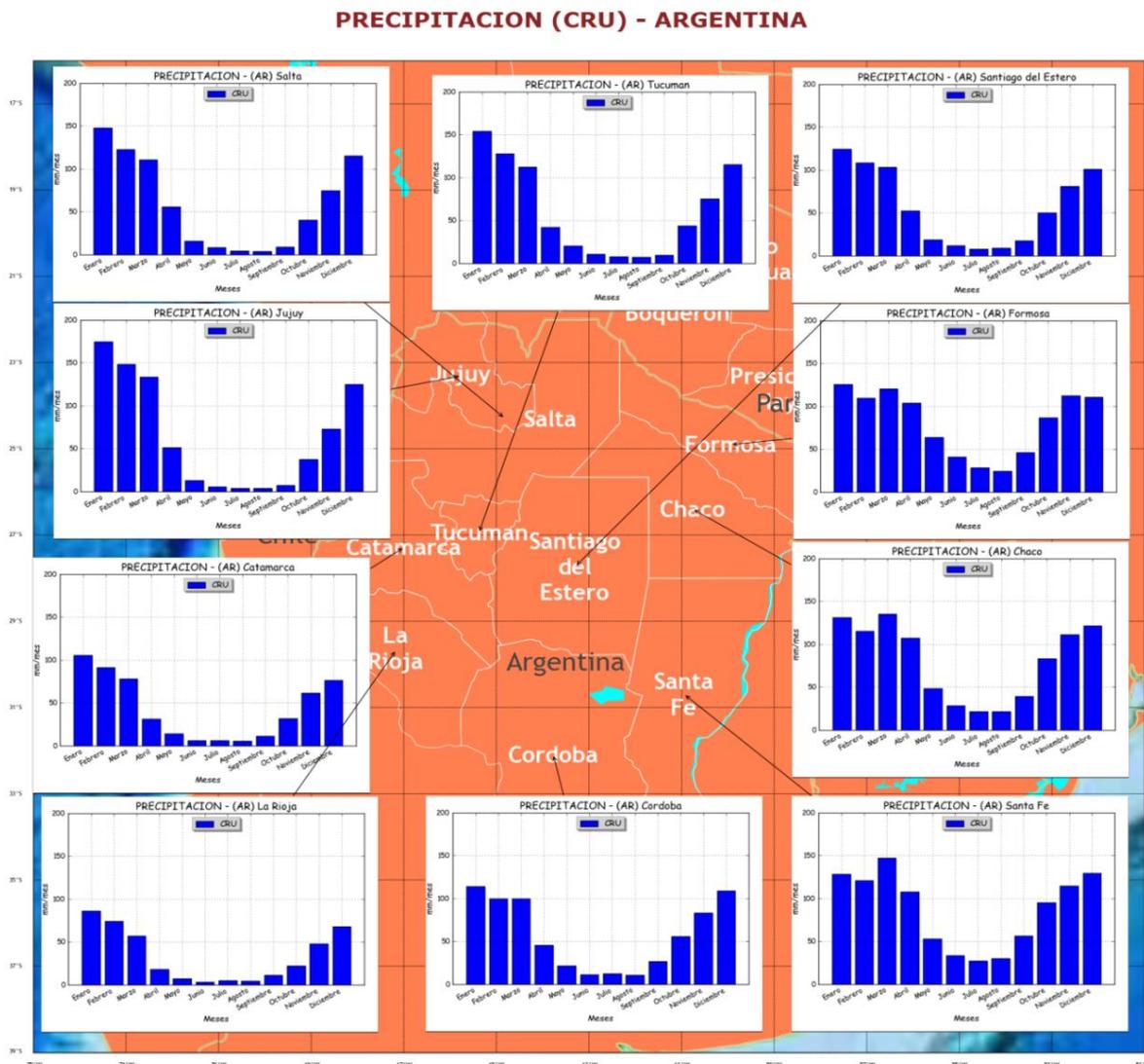
Fuente: Elaboración propia con datos CRU de resolución 50x50 Km.

### 2.3.1 Distribución temporal de la precipitación

El periodo de referencia se refiere al periodo de control (1961-1990) que se utilizó para comparar el modelo con los datos observados y a partir de allí se realizó la caracterización del clima en base a la distribución temporal y en base a la distribución espacial de las variables en la región.

La distribución temporal de las precipitaciones en el Gran Chaco Americano (Gran Chaco) denota dos periodos bien definidos en el año, el periodo húmedo o lluvioso que se inicia en octubre y termina en marzo del siguiente año y un periodo de bajas precipitaciones o seco, que comprende desde abril a setiembre.

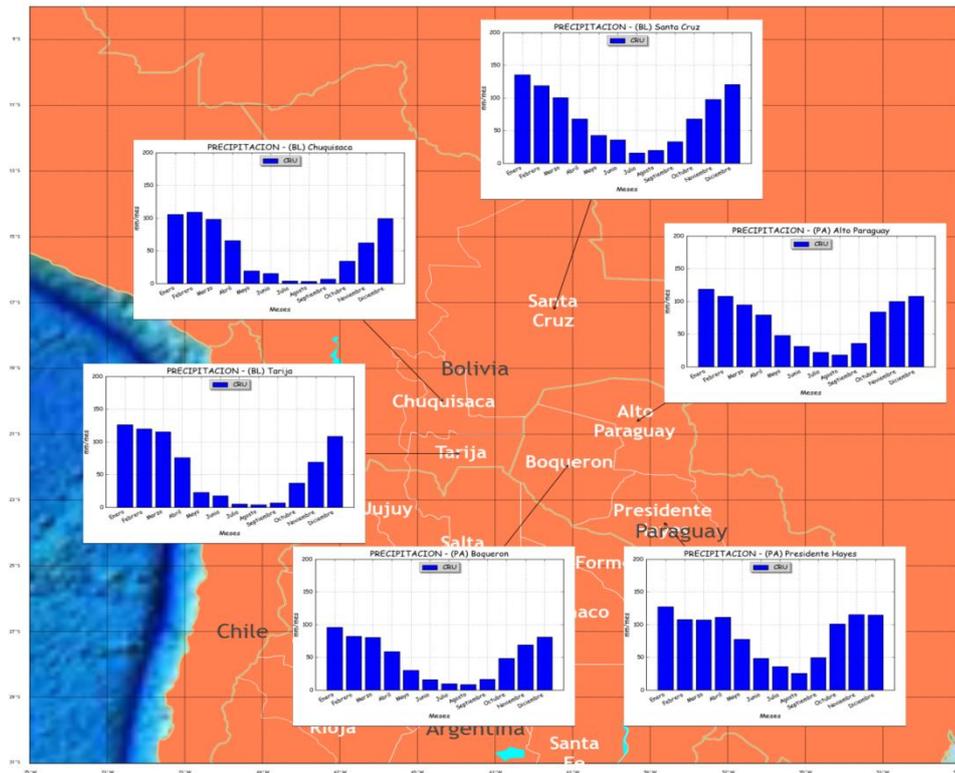
**Figura 39: Distribución temporal de la precipitación mensual (1961-1990). Argentina.**



Analizando la precipitación mensual en el Gran Chaco (Figura 39), se observa en las provincias de Argentina que se encuentran dentro del Gran Chaco, Salta, Jujuy, Tucumán, Catamarca, La Rioja y Santiago del Estero, un periodo seco (época de bajas precipitaciones) bien definido de mayo a setiembre. En cambio, en las provincias de Formosa, Chaco, Santa Fe y Córdoba se observa el mismo periodo seco, pero con valores más altos

**Figura40: Distribución temporal de la precipitación mensual (1961-1990). Paraguay y Bolivia**

### PRECIPITACION (CRU) - PARAGUAY Y BOLIVIA

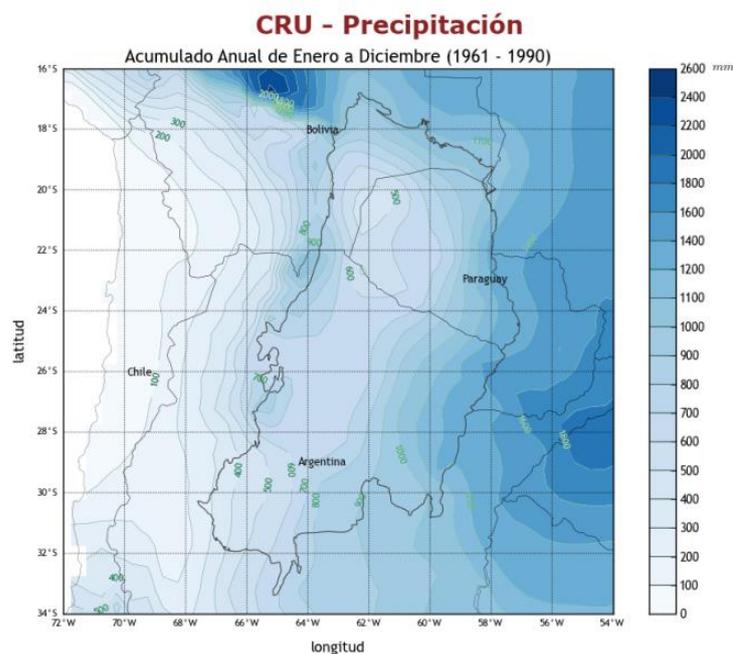


Analizando la distribución temporal de la precipitación en los departamentos de Paraguay y Bolivia dentro del Gran Chaco, también resalta un periodo seco bien definido en los departamentos de Chuquisaca, Tarija y Boquerón en los meses de julio a setiembre, en los departamentos de Alto Paraguay y Presidente Hayes, también se observa un periodo seco en el mismo periodo, pero con valores más altos (Figura 40).

#### 2.3.2 Distribución espacial de la precipitación

En cuanto a la distribución espacial, la precipitación total anual en el Gran Chaco (Figura 41), muestra dos centros de mínimos: uno ubicado en la frontera entre Bolivia y Paraguay con un mínimo anual de 500 mm, y otro de 400 mm sobre la provincia de La Rioja, Argentina. La precipitación se incrementa en dirección oeste con valores máximos de 1.200 mm anuales.

**Figura 41: Precipitación total anual (1961-1990)**

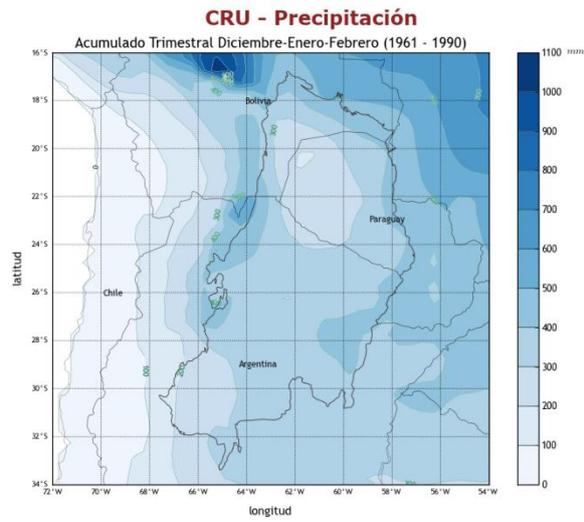


La estacionalidad de las precipitaciones es también muy variable, destacándose nítidamente diferencias sustanciales entre el Chaco Húmedo y el Semiárido. La precipitación estacional muestra una época lluviosa bien definida, siendo el verano la estación de mayor precipitación con valores acumulados mínimos de 200 mm en el departamento de Boquerón en Paraguay y en La Rioja, Argentina.

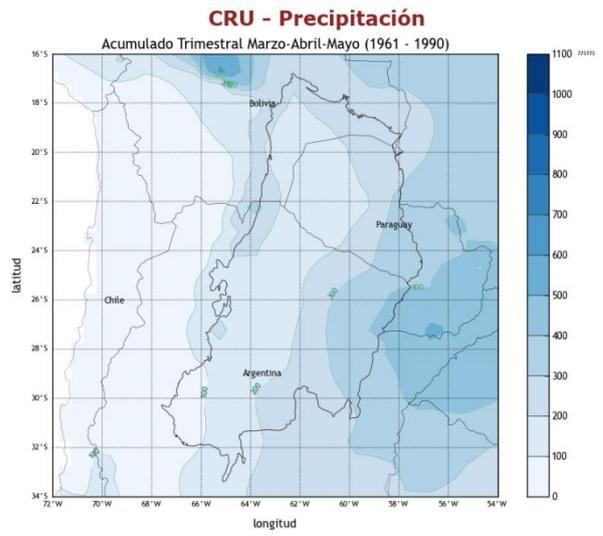
Los valores más altos se dan en los límites este y oeste del Gran Chaco con valores alrededor de 400 mm (Figura 42 a). La época más seca se da en invierno donde el valor más alto se registra en el límite este con un valor alrededor de 100 mm y en gran parte del Gran Chaco. La precipitación acumulada es inferior a 100 mm (Figura 42 c).

En las estaciones de otoño (Figura 42 b) y primavera (Figura 42 d) la precipitación presenta una transición de la época de alta precipitación a baja precipitación y tienen valores muy similares con rangos que van desde 300 mm en el este y 100 mm en el límite oeste.

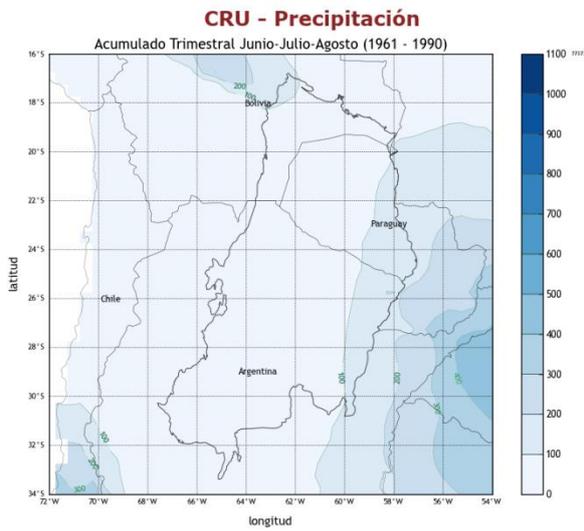
**Figura 42: Precipitación total estacional. Periodo 1961-1999**



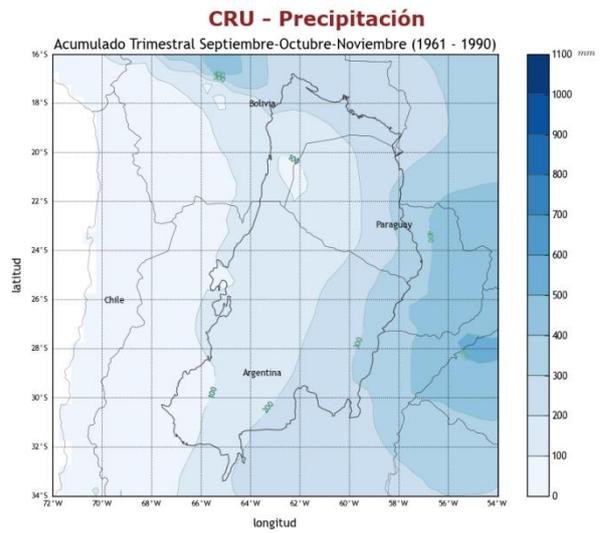
a) verano



b) otoño



c) invierno



d) primavera

## 2.4 Comportamiento de la temperatura en la región

En la Tabla 12 se muestran los valores normales de la temperatura media para el periodo 1961-1990.

**Tabla 12. Normales climatológicas de temperatura media (1961-1990) a nivel del Gran Chaco**

PAIS	REGION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
	Gran Chaco	27.1	26.3	24.5	21.6	18.8	16.1	16.1	18.2	20.7	23.4	25.2	26.7	22.0
Paraguay	Presidente Hayes	28.3	27.8	26.2	23.4	20.6	18.6	18.7	20.4	22.4	24.7	26.3	27.7	23.8
	Alto Paraguay	28.5	27.8	26.8	24.6	22.2	20.5	20.6	22.7	24.9	26.9	27.7	28.5	25.1
	Boquerón	28.2	27.4	26.0	23.3	20.8	18.5	18.6	21.1	23.6	26.2	27.2	28.2	24.1
Argentina	Catamarca	26.3	25.1	22.8	19.4	15.8	11.8	11.7	14.4	17.7	21.4	24.0	26.0	19.7
	Chaco	27.5	26.6	24.6	21.3	18.6	15.7	15.8	17.8	19.9	22.8	24.8	26.7	21.8
	Córdoba	24.6	23.5	21.1	18.1	14.9	11.4	11.1	13.0	15.6	19.0	21.6	24.0	18.2
	Formosa	27.9	27.3	25.4	22.4	19.7	17.2	17.2	19.2	21.2	23.9	25.6	27.4	22.9
	Jujuy	24.2	23.2	21.6	18.9	16.0	13.0	12.9	15.3	18.3	21.3	23.0	24.2	19.3
	La Rioja	26.7	25.4	22.9	19.2	15.4	11.4	11.3	13.7	17.0	21.3	24.1	26.1	19.5
	Salta	26.4	25.5	23.6	20.8	18.0	14.8	14.9	17.3	20.4	23.3	25.0	26.3	21.4
	Santa Fe	26.5	25.6	23.3	19.9	17.1	14.1	13.9	15.5	17.6	20.4	23.1	25.3	20.2
	Santiago del Estero	27.1	26.0	23.7	20.4	17.3	13.9	13.8	16.0	18.9	22.1	24.5	26.6	20.9
Tucumán	23.8	22.7	20.7	17.7	14.5	11.2	11.3	13.3	16.6	19.2	21.8	23.6	18.0	
Bolivia	Chuquisaca	26.8	26.1	24.6	22.5	20.3	17.5	18.0	20.6	23.5	25.8	26.3	27.0	23.2
	Santa Cruz	27.3	27.0	26.1	24.3	22.3	20.6	20.9	22.8	25.3	26.8	27.3	27.5	24.9
	Tarija	27.0	26.2	24.6	22.3	19.9	16.9	17.4	20.0	23.0	25.5	26.4	27.2	23.0

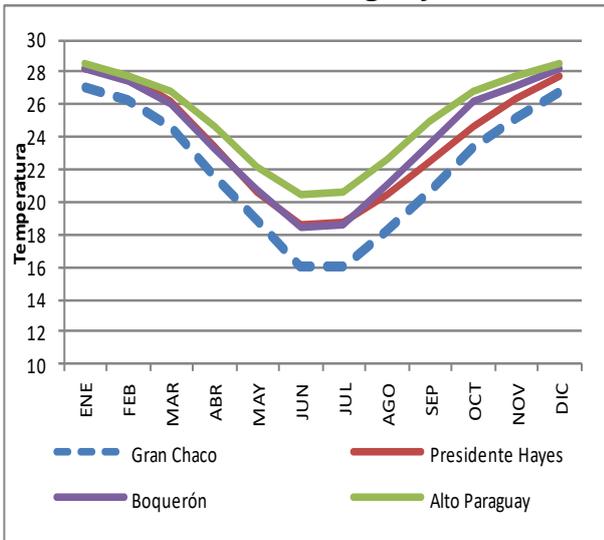
Fuente: Elaboración propia con datos CRU de resolución de 50x50 K

En la Figura 43 se puede notar que la temperatura media anual del Gran Chaco es de 22°C y se encuentra comprendida entre 16,1°C en los meses de invierno y 27,1 en el mes de enero.

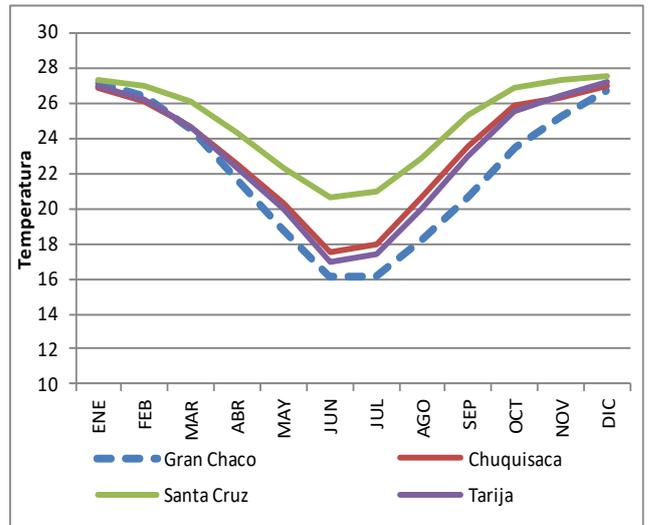
La parte del Gran Chaco correspondiente a Paraguay es la que muestra la temperatura media anual más alta 25,1°C en el departamento de Alto Paraguay y el valor más bajo se observa en la provincia de Córdoba, Argentina, con un valor de 18,2°C.

**Figura 43: Normales climatológicas de temperatura media (1961-1990) a nivel del Gran Chaco**

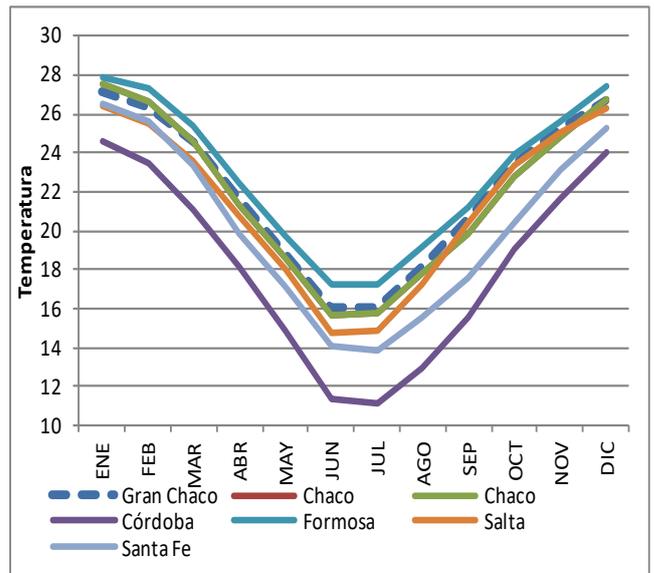
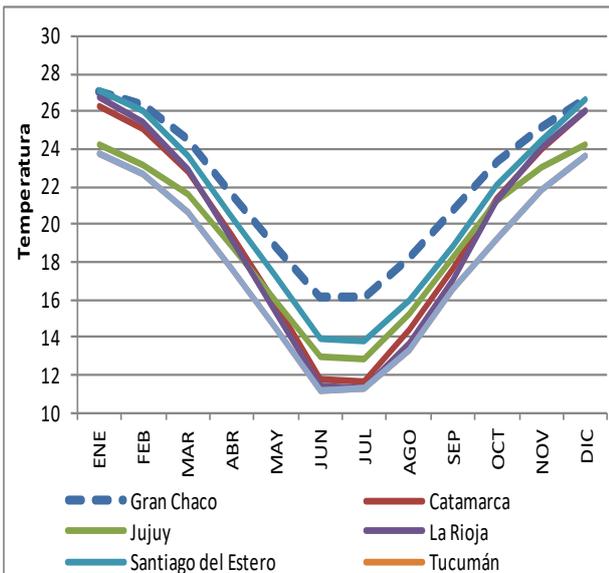
**Chaco Paraguayo**



**Chaco Boliviano**



**Chaco Argentino**

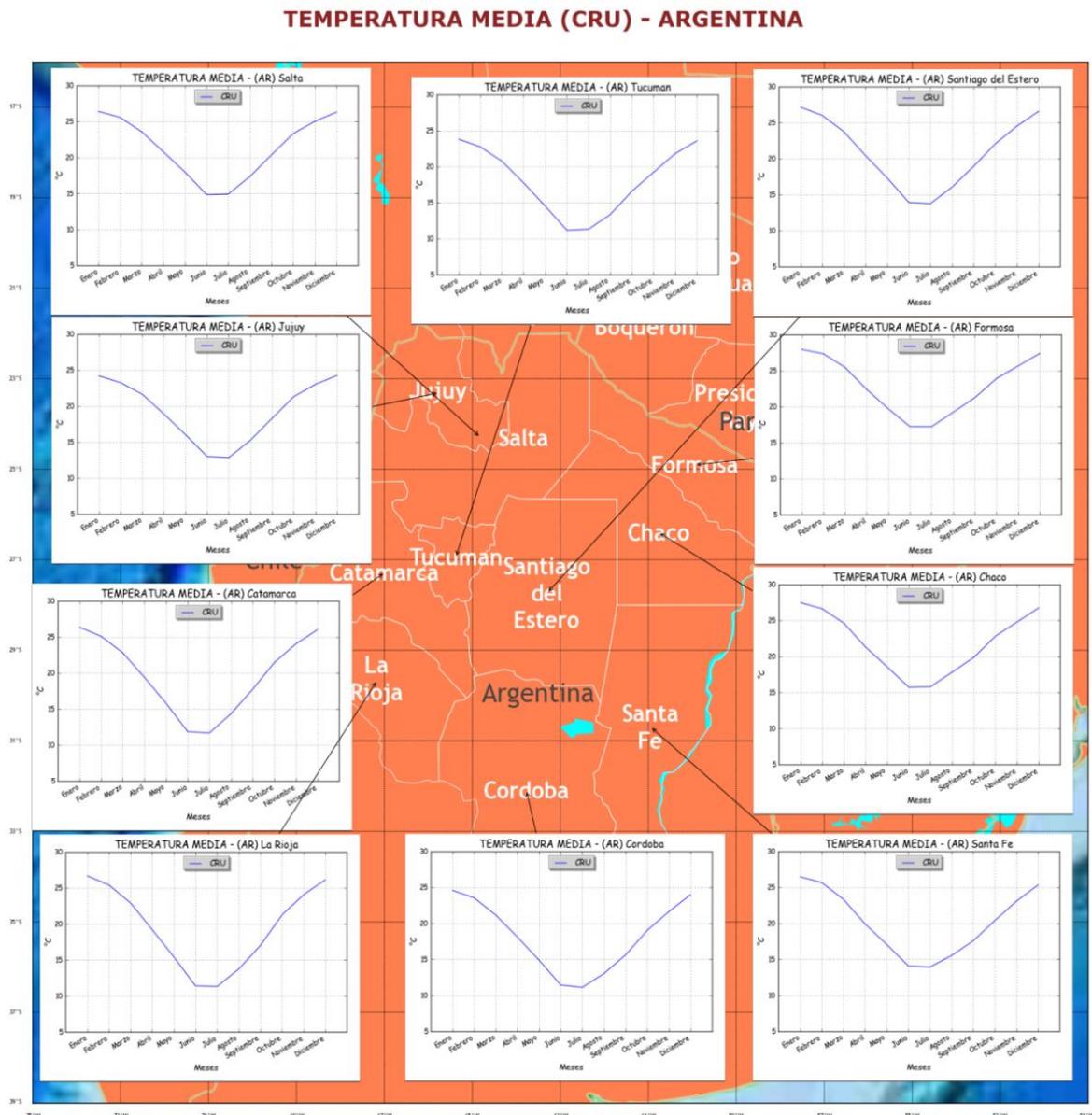


Fuente: Elaboración propia con datos CRU de resolución de 50x50 K

## 2.4.1 Distribución temporal de la temperatura

La Figura 44 muestra el comportamiento temporal de la temperatura media en las provincias de Argentina que se encuentran dentro del Gran Chaco. Los valores en invierno se encuentran ligeramente por encima de los 10°C en las provincias de Córdoba, Tucumán, La Rioja y Catamarca, mientras que en las demás provincias se encuentran más próximas a los 15°C. Los valores más altos se observan en las provincias de Formosa, Santiago del Estero y Chaco, con valores próximos en el mes de enero de 28°C.

Figura 44: Distribución temporal de la temperatura media mensual (1961-1990). Argentina



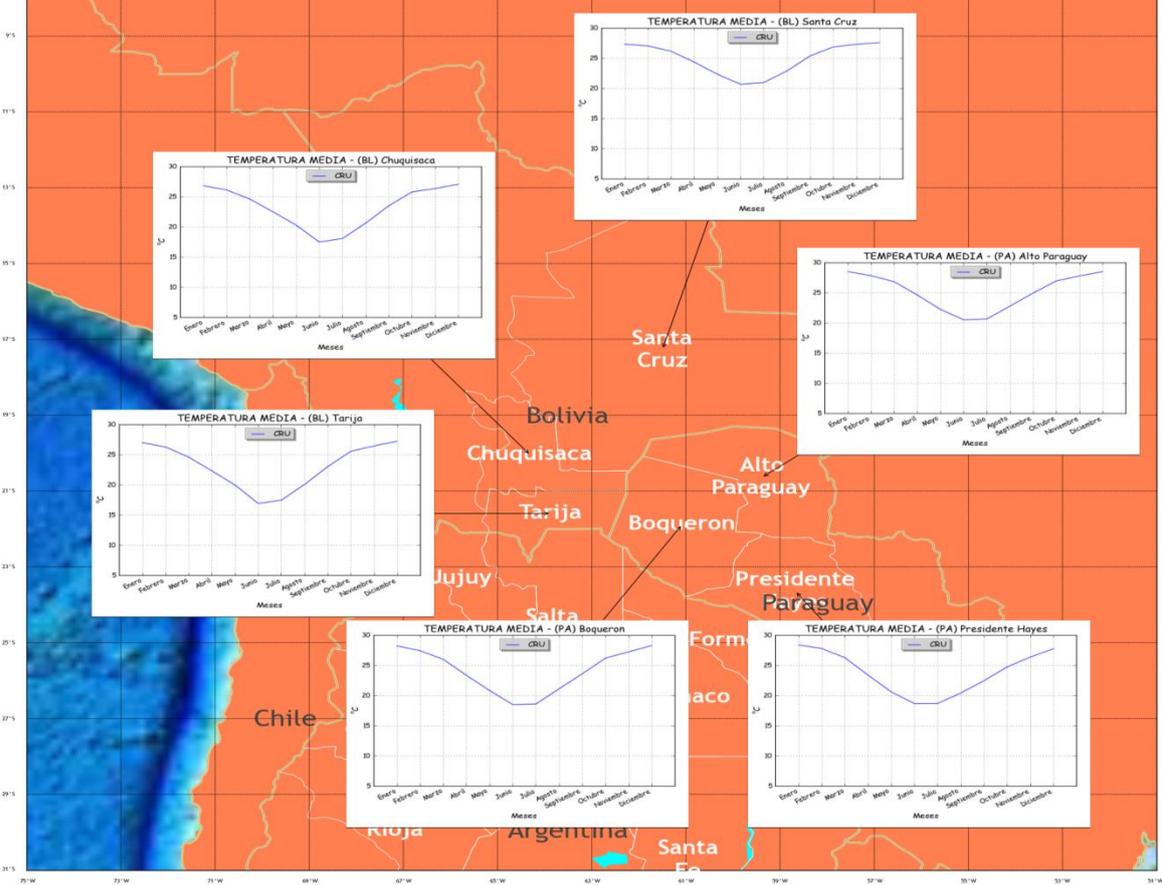
Fuente: Elaboración propia con datos CRU de resolución de 50x50 Km

La Figura 45 muestra el comportamiento temporal de la temperatura media en los departamentos de Bolivia y Paraguay que se encuentran dentro del Gran Chaco. En este caso se puede notar que el comportamiento es más homogéneo de lo que se observó en las

provincias argentinas en cuanto a los valores medios más altos, no así en los valores más bajos, donde resaltan Tarija y Chuquisaca, cuyos valores se encuentran alrededor de los 17°C. Los valores más altos ocurren en los meses de diciembre y enero, entre los 27 y 28 °C.

**Figura 45: Distribución temporal de la temperatura media mensual (1961-1990). Paraguay y Bolivia.**

**TEMPERATURA MEDIA (CRU) - PARAGUAY Y BOLIVIA**

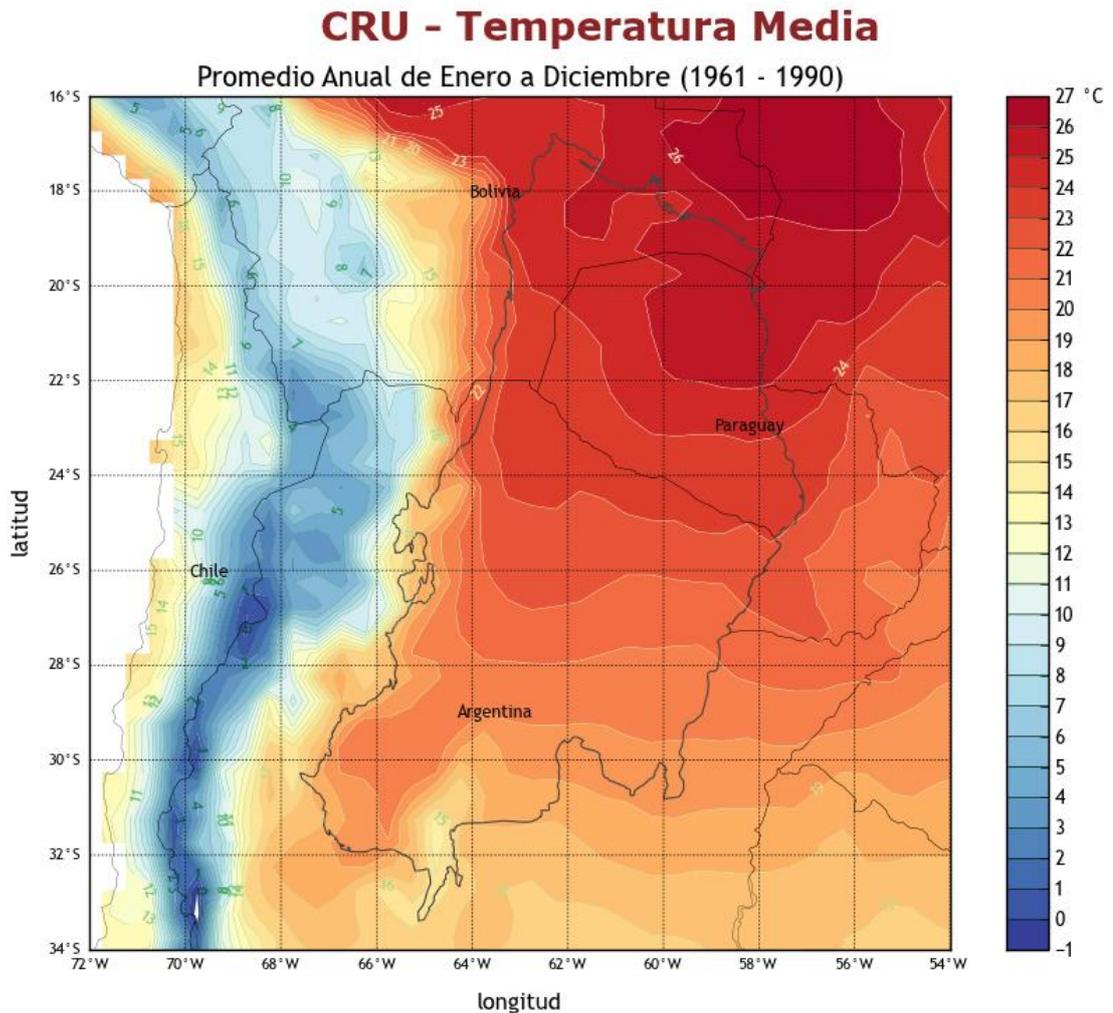


Fuente: Elaboración propia con datos CRU de resolución de 50x50 Km

## 2.4.2 Distribución espacial de la temperatura

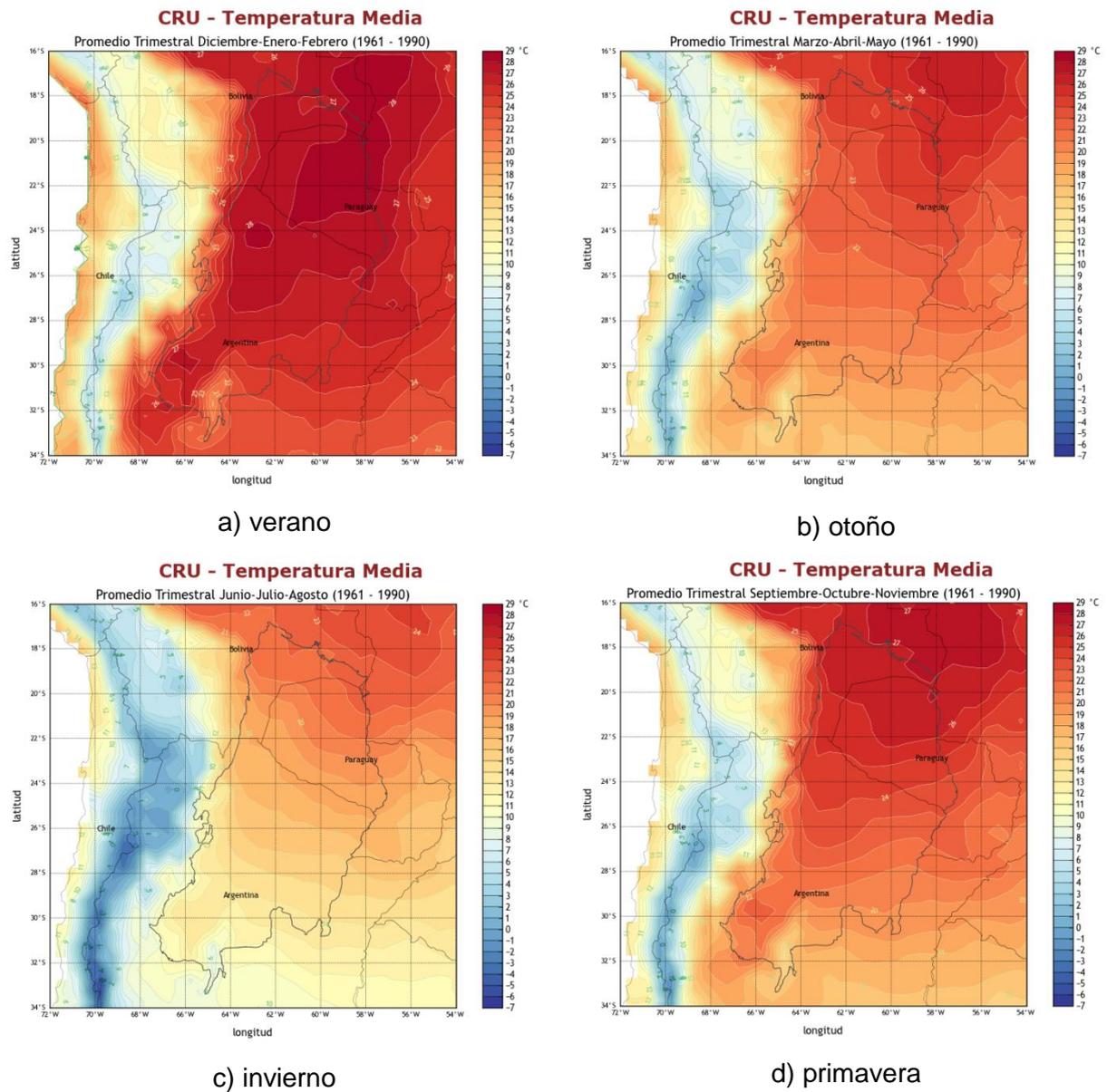
La temperatura media en verano alcanza valores superiores a 28°C en Salta, Argentina, así como en los departamentos de Alto Paraguay y Boquerón en Paraguay. La temperatura decrece drásticamente en dirección a la Cordillera y hacia el sur del Gran Chaco, donde las temperaturas alcanzan valores medios de 21°C con un núcleo caliente de 27°C en La Rioja (Figura 46). En el invierno la temperatura media supera ligeramente los 22°C en el noreste del Gran Chaco, disminuyendo latitudinalmente hasta 13°C en el sur del área de estudio.

**Figura 46: Temperatura media anual (1961-1990)**



Fuente: Elaboración propia con datos CRU de resolución de 50x50 Km

**Figura 47: Temperatura media estacional.**



Fuente: Elaboración propia con datos CRU de resolución de 50x50 Km

La Figura 47 presenta la distribución espacial de la temperatura media para las diferentes estaciones del año (a. verano, b. otoño, c. invierno y d. primavera). La región más caliente en las diferentes estaciones del año se encuentra en los territorios de Bolivia y Paraguay, donde supera los 28°C. La zona más fría del Gran Chaco corresponde a la provincia de Córdoba.

## 2.5 Escenarios Futuros del Clima

Los escenarios climáticos son imágenes alternativas de lo que podría acontecer en el futuro, consistentes con suposiciones sobre emisiones futuras de gases de efecto invernadero (GEI) y constituyen un instrumento apropiado para analizar de qué manera influirán las fuerzas determinantes en las emisiones futuras, y para evaluar el margen de incertidumbre de dicho análisis. Los escenarios son de utilidad para el análisis del cambio climático, y en particular para la utilización de modelos del clima, para la evaluación de los impactos y para las iniciativas de adaptación y de mitigación. De esta forma los escenarios climáticos describen cómo dadas ciertas actividades humanas, se modificarán la composición de la atmósfera y en consecuencia el clima global (Camilloni y otros, 2006).

### 2.5.1 Construcción de escenarios climáticos

La herramienta fundamental para la construcción de los escenarios climáticos ha sido los Modelos Climáticos Globales (MCG) recomendados por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC).

Se debe destacar la incorporación de los escenarios climáticos de alta resolución espacial, que con ayuda de un proceso de downscaling climático dinámico fue elaborado para toda Sudamérica y de la que se ha extraído la región centrada sobre el Gran Chaco. Este proceso de downscaling fue realizado en el INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales), con la ayuda del modelo climático regional PRECIS (Providing Regional Climate for Impacts Studies) desarrollado por la UK Met Office Hadley Centre. Este sistema está basado en las corridas del modelo atmosférico numérico de mesoescala (HadRM3P), y se utilizó como condición de contorno el MCG HADCM3, del centro de investigación y predicción climática del Reino Unido (Hadley Centre) (Alves y Marengo, 2009), que ya ha sido verificado como el que mejor simula el clima actual en precipitación en el sudeste de Sudamérica (Bidegain y otros, 2011).

Dado que los escenarios generados deben tener una simulación de control, para este caso se tomó el intervalo 1961-1990 y los del futuro 2011-2040, los periodos intermedios, comprenden el intervalo de 2011-2020, 2021-2030 y 2031-2040, la base 1961-1990 se ha tomado como la climatología del modelo que ha servido como el periodo que corresponde a la normal climatológica del modelo.

Basados en esto, se han elaborado los mapas normales climatológicos para la precipitación y la temperatura en el periodo de control 1961-1990, posteriormente se compararon con los mapas climáticos de los datos observados del CRU, que son datos de la climatología mensual de temperatura del aire y precipitación sobre los continentes.

Hay que considerar que los escenarios de emisiones, basados en las suposiciones de cómo las posibles evoluciones socioeconómicas del mundo, dan lugar a proyecciones de concentraciones de GEI. Considerando esto, la elección de escenarios puede ser controversial a menos que las incertidumbres inherentes a las proyecciones futuras sean adecuadamente especificadas en los análisis de impactos (Camilloni y otros, 2006).

En este trabajo sólo se ha considerado un solo modelo, lo que impide tener una estimación de las incertidumbres, pero se ha utilizado el MCG HADCM3.

La metodología para estimar los escenarios climáticos se resume en los siguientes puntos:

- División del Gran Chaco Americano por áreas de estudio; Se ha dividido en zonas para su estudio, teniendo en cuenta el sector agrícola, la unidad menor de estudio es el departamento en Paraguay y Bolivia, Provincia en Argentina. Para el análisis de los servicios ecosistémicos, se tomaron los complejos ecosistémicos y para los recursos hídricos se ha tomado como unidad los abanicos aluviales y unidades hídricas.
- Se obtuvo la climatología regional base (1961-1990) del modelo para compararlo con los datos observados, se calcularon los valores medios de las siguientes variables para la línea base (1961-1990), así como para el escenario A2 para el periodo 2011-2040.

- Precipitación: Se calcularon las precipitaciones mensuales, estacionales y anuales.
- Temperatura: Se calcularon las temperaturas mensuales, estacionales y anuales.
- Escenarios climáticos futuros para la precipitación
- Escenarios climáticos futuros para la temperatura mínima media
- Escenarios climáticos futuros para la temperatura máxima media
- Escenarios climáticos futuros para la temperatura media

## **2.5.2 Escenarios Socioeconómicos**

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) fue creado conjuntamente por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), con la finalidad de evaluar la información científica, técnica y socioeconómica pertinente para la comprensión del riesgo de cambio climático inducido por los seres humanos. Desde su creación, el IPCC ha producido una serie de completos informes de evaluación sobre los conocimientos acerca de las causas del cambio climático, sus efectos potenciales, y las opciones en cuanto a estrategias de respuesta.

Sin lugar a dudas, la principal causa en los cambios observados en la composición atmosférica es la actividad económica. Ésta es la responsable por las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI) y las modificaciones en la cobertura y uso del suelo. Los escenarios desarrollados por el IPCC en el cuarto informe se denominan SRES e incluyen proyecciones hasta el 2100, éstos son conocidos como “escenarios de emisiones” y contienen una amplia variedad de suposiciones socio-económicas.

## **2.6 Climatología de base**

El periodo de referencia se refiere al periodo de control (1961-1990) que se utilizó para comparar los datos del modelo con los datos observados y a partir de allí se realizó la caracterización del clima en base a la distribución temporal y en base a la distribución espacial de las variables en la región.

Los periodos intermedios, comprenden el intervalo de 2011-2020, 2021-2030 y 2031-2040, la base 1961-1990 corresponde a la normal climatológica del modelo.

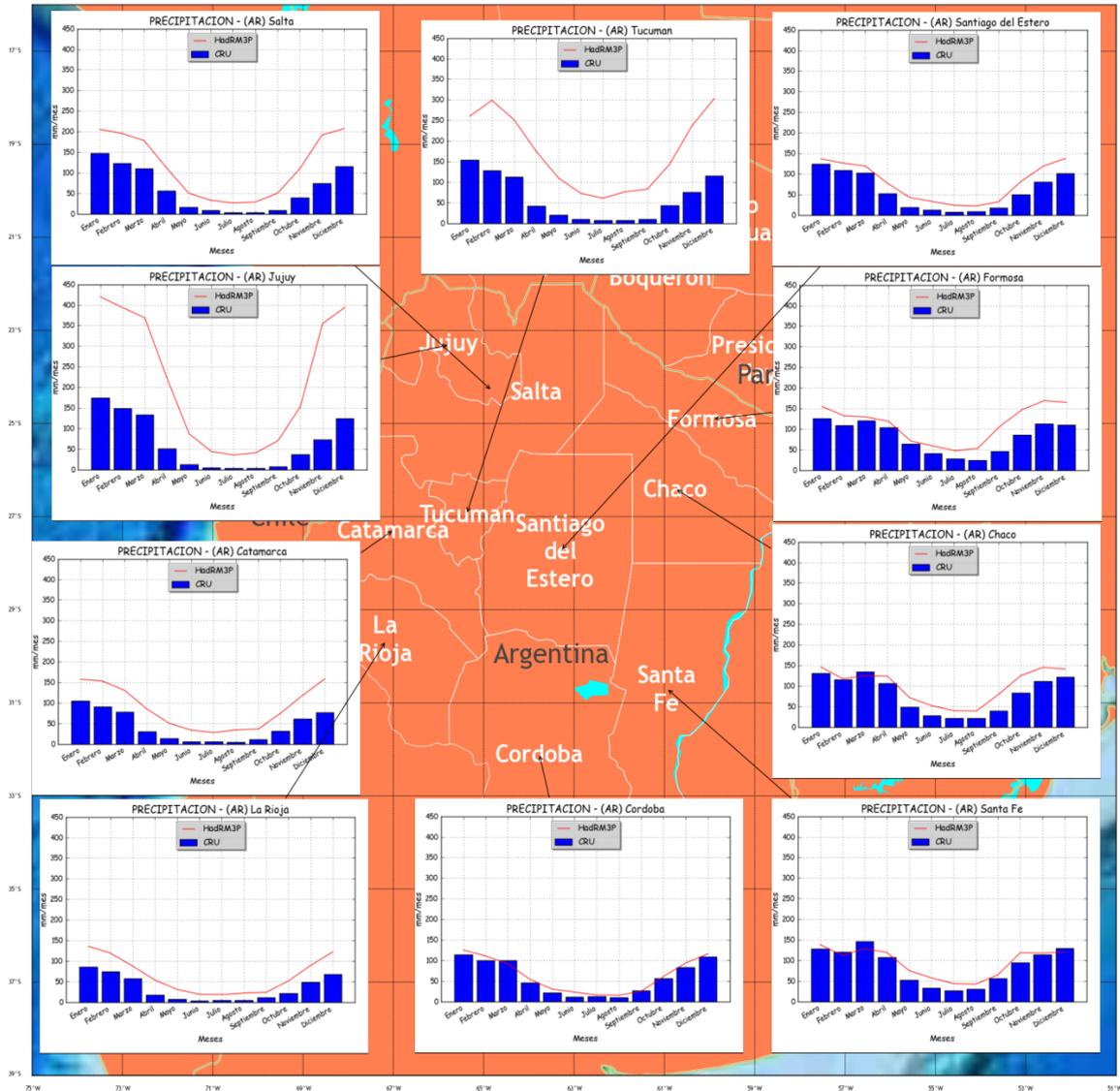
Basados en esto, se han elaborado los mapas normales climatológicos para la precipitación y la temperatura en el periodo 1961-1990, posteriormente se compararon con los mapas climáticos de los datos observados del CRU.

### **2.6.1 Precipitación**

Se ha calculado la precipitación media anual y elaborado el mapa de precipitación sobre el Gran Chaco para el periodo normal base (1961-1990) y comparado con los datos observados del CRU (1961-1990). En la Figura 48 se observa la comparación entre la climatología del modelo y la observada, se puede resaltar que el modelo reproduce muy bien la precipitación en gran parte del Gran Chaco con excepción de las provincias de Salta, Jujuy y Tucumán, donde se observa que reproduce el comportamiento temporal pero sobrestima la precipitación considerablemente.

Figura 48: Distribución temporal de la precipitación mensual (1961-1990). Argentina

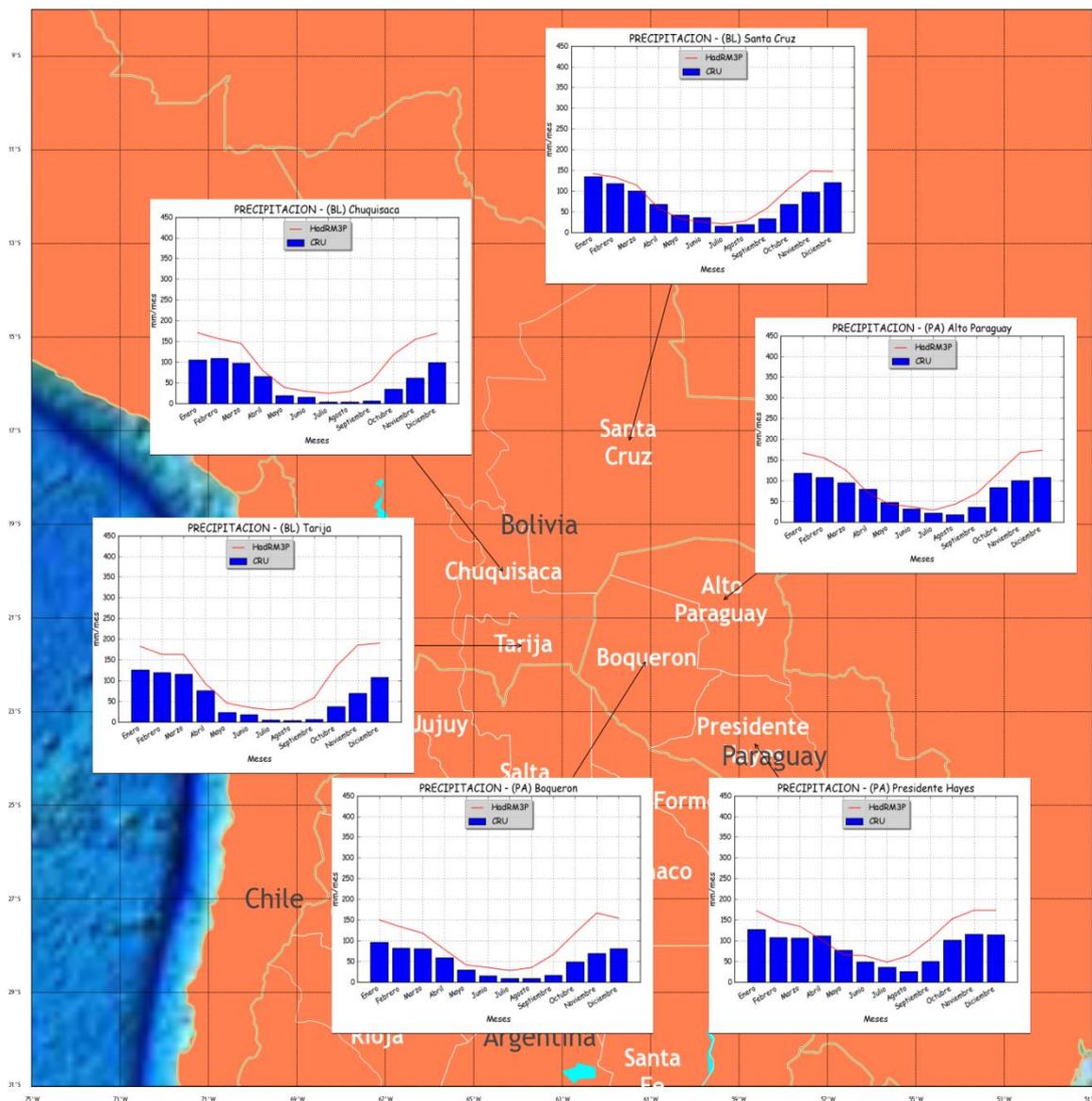
PRECIPITACION - ARGENTINA



Fuente: Elaboración propia con datos CRU de resolución de 50x50 Km

**Figura 49: Distribución temporal de la precipitación mensual (1961-1990). Bolivia y Paraguay**

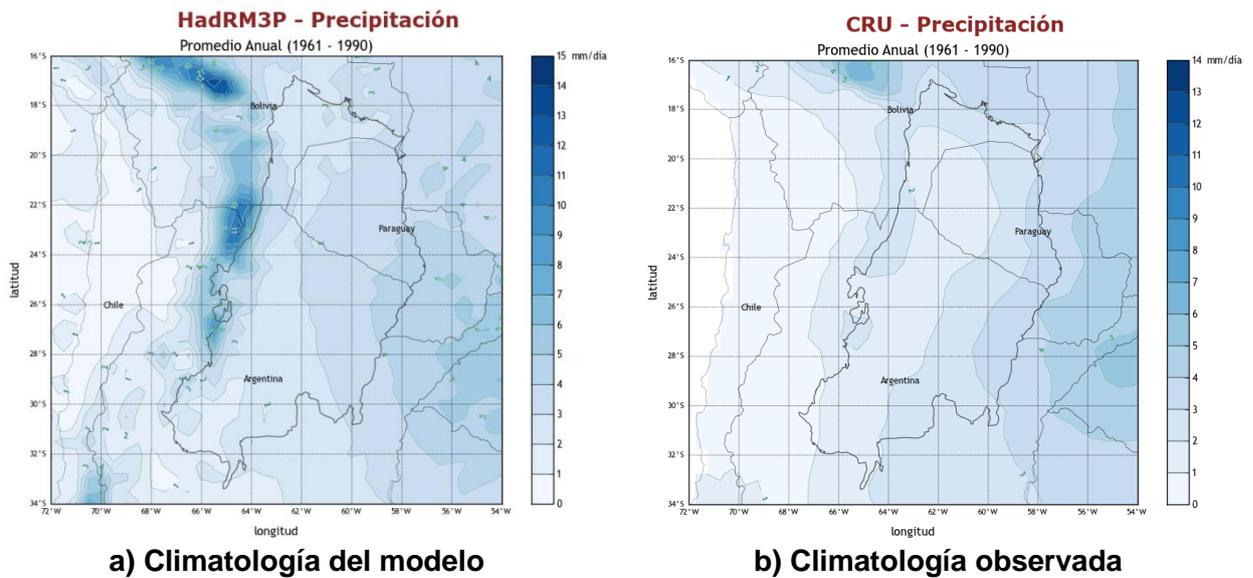
**PRECIPITACION - PARAGUAY Y BOLIVIA**



Fuente: Elaboración propia con datos CRU de resolución de 50x50 Km

En la Figura 49 se compara la climatología del modelo y la observada. Se puede resaltar que el modelo reproduce muy bien la precipitación en los departamentos de Paraguay y Bolivia que están dentro del Gran Chaco, representando muy bien la estacionalidad de la precipitación. En las localidades de Chuquisaca, Tarija y Boquerón sobre estima levemente la precipitación en el verano.

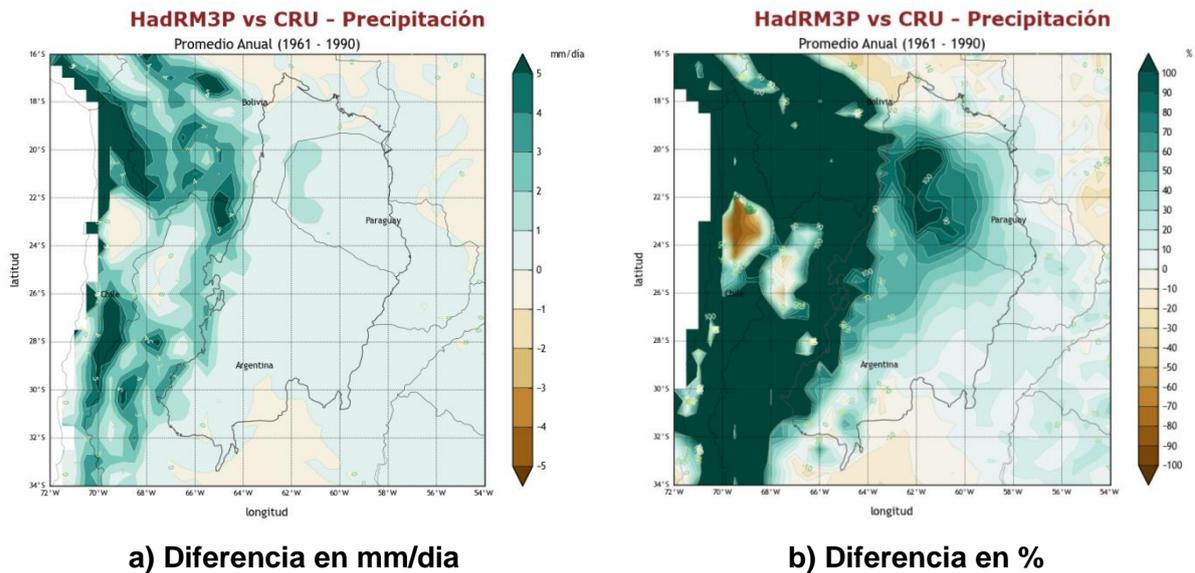
**Figura 50: Mapa comparativo de precipitación media anual**



Fuente: Elaboración propia con datos CRU de resolución de 50x50 Km

En la Figura 50 se compara: a) la climatología del modelo (1961-1990) y b) la climatología de la precipitación observada. Lo que resalta es la sobrestimación de la precipitación en el oeste del Gran Chaco, específicamente en la frontera entre Argentina y Bolivia, mientras que en el resto los valores son próximos a lo observado.

**Figura 51: Diferencia entre el modelo y lo observado de la precipitación media anual (1961-1990); izquierda (mm/día), derecha (%).**



Fuente: Elaboración propia con datos CRU de resolución de 50x50 Km

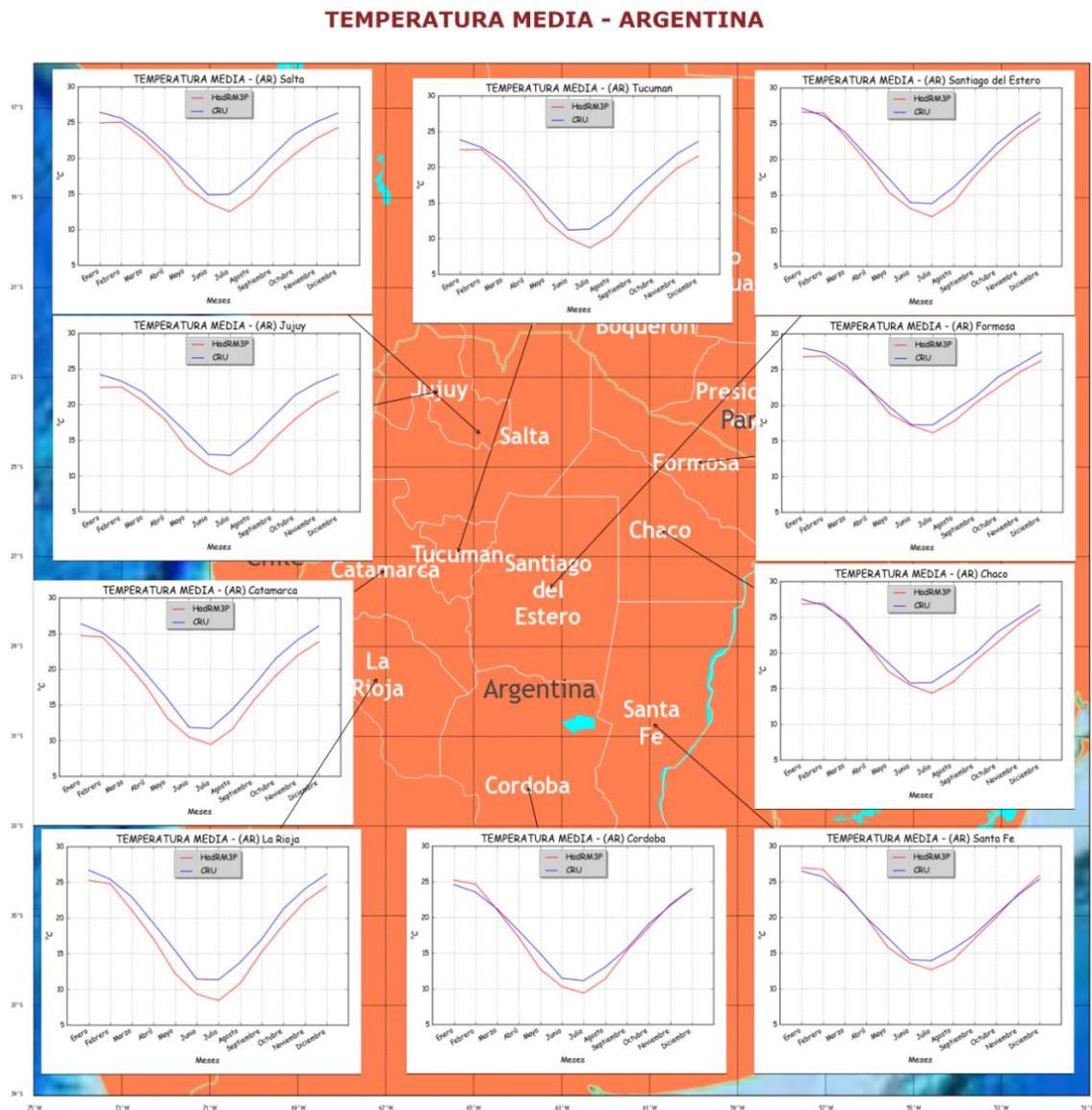
En la Figura 51 se observa la diferencia entre la climatología del modelo y la precipitación observada, se puede apreciar que el modelo reproduce muy coherentemente la precipitación en el Gran Chaco, con excepción en el límite oeste, donde se observa una sobreestimación de la precipitación. En el mapa de la derecha se observa la diferencia en porcentaje. Resalta claramente que en el límite oeste del Gran Chaco, la precipitación está ampliamente sobrestimada. Lo mismo ocurre en el límite entre Paraguay y Bolivia, donde el modelo también

sobrestima la precipitación. Las áreas donde la precipitación es sobrestimada es donde el modelo tiene baja confiabilidad.

### 2.6.2 Temperatura media

En la Figura 52 se puede observar la temperatura media mensual en las provincias incluidas en el Gran Chaco comparada con la temperatura media mensual del modelo para el periodo 1961-1990. Se puede notar que el modelo reproduce bastante bien el comportamiento temporal pero en la mayoría de los casos subestima la temperatura media en los meses más fríos y esto se mantiene hasta los meses finales del año.

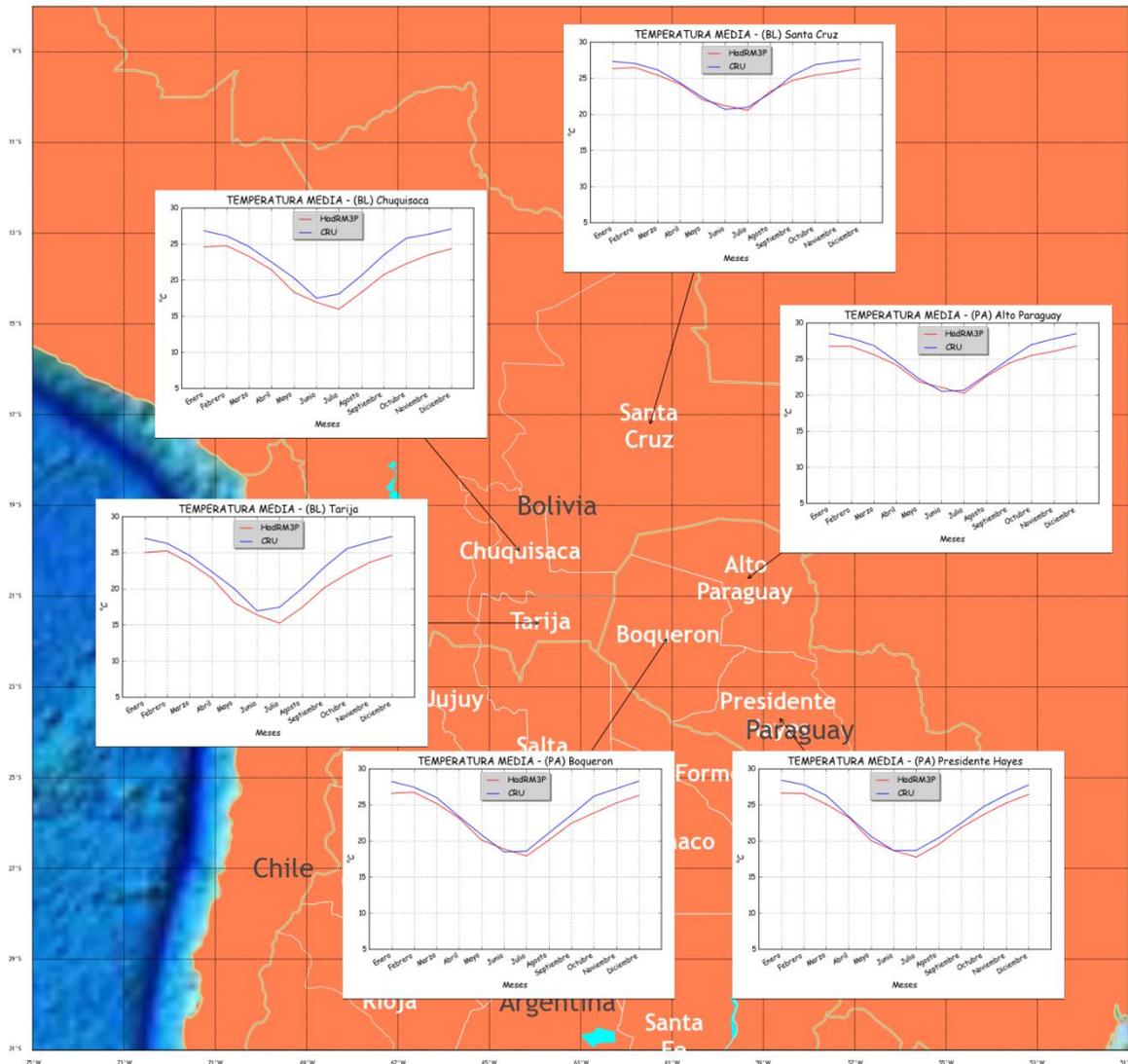
**Figura 52: Comparativo de la distribución temporal de la temperatura media mensual. Argentina**



Fuente: Elaboración propia con datos CRU de resolución de 50x50 Km

**Figura 53: Comparativo de la distribución temporal de la temperatura media mensual. Bolivia y Paraguay**

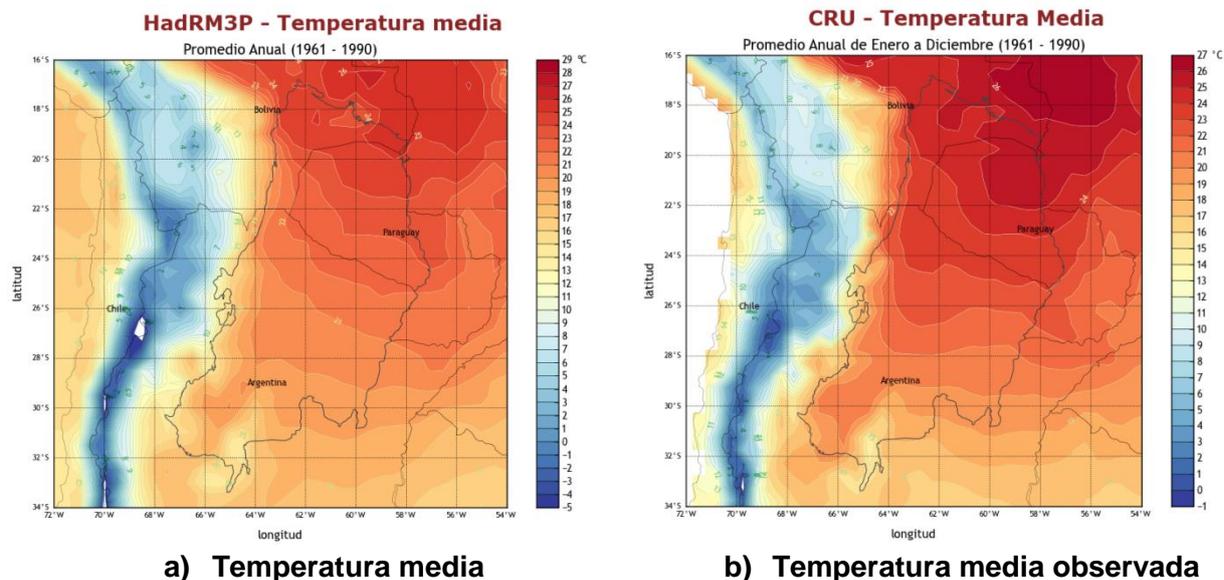
**TEMPERATURA MEDIA - PARAGUAY Y BOLIVIA**



Fuente: Elaboración propia con datos CRU de resolución de 50x50 Km

En la Figura 53 se compara la temperatura media mensual en los departamentos de Paraguay y Bolivia incluidos en el Gran Chaco con la temperatura media mensual del modelo para el periodo 1961-1990. Se puede notar que el modelo reproduce bastante bien el comportamiento temporal, pero en la mayoría de los casos, subestima la temperatura media en los meses más fríos y esto se mantiene hasta los últimos meses del año.

**Figura 54: Mapa de temperatura media anual (1961-1990): del modelo HadRM3P (izquierda), observado CRU (derecha)**

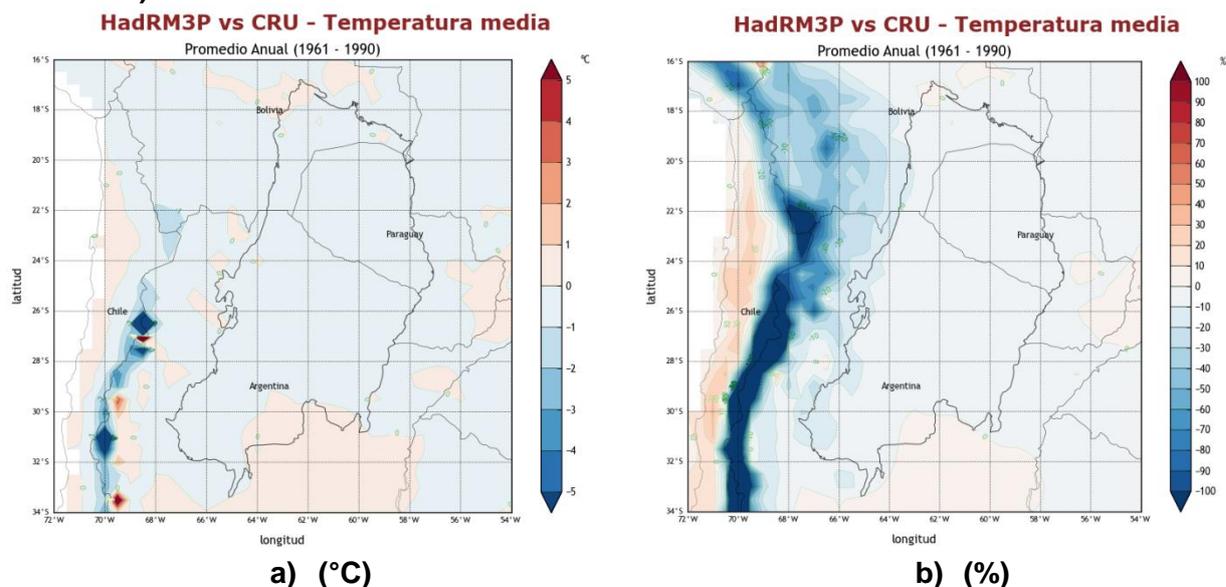


Fuente: Elaboración propia con datos CRU de resolución de 50x50 Km

En la Figura 54 se comparan: a) la temperatura media generada por el modelo (1961-1990), y b) la temperatura media observada. Lo que resalta es que el modelo representa bastante bien la temperatura media, coincidiendo la zona de máximos y mínimos valores.

En la Figura 55 se observa la diferencia entre el modelo y lo observado. Resalta que en gran parte del Gran Chaco la diferencia es constante en casi toda la región y los valores resultantes muy próximos a lo observado, subestimando ligeramente el valor medio en todo el Gran Chaco (izquierda). En el mapa de la derecha se observa la diferencia en porcentaje donde se observa que la diferencia está entre 0 y -10 %.

**Figura 55: Mapa de diferencia entre el modelo y lo observado temperatura media anual (1961-1990).**



Fuente: Elaboración propia con datos CRU de resolución de 50x50 Km

## 2.7 Escenarios Climáticos

Para este trabajo se ha utilizado el escenario A2<sup>11</sup> para las proyecciones de la temperatura media y precipitación hasta el 2040. En la Tabla 14 se muestra la variación en porcentaje de la precipitación y la temperatura con respecto a la normal 1961-1990, allí se puede observar que para todas las provincias y departamentos analizados en cada década hay un predominio de disminución de la precipitación en el verano (DEF), y un marcado aumento en el invierno en muchos casos duplicando la precipitación, las provincias de Argentina son las que tienen una mayor disminución en verano y un mayor incremento en invierno.

En cuanto a la temperatura media se observa que en el verano hay un ligero incremento; pero también se observa una disminución en las provincias de Jujuy, Salta y los departamentos de Chuquisaca y Tarija. En la segunda y tercera década el incremento es positivo. En cambio para el invierno el incremento es positivo durante todo el periodo.

En el escenario de la temperatura media, se observa que ésta se va incrementando década a década. Esto puede notarse en la Tabla 13, en donde la temperatura se incrementa en casi todo el Gran Chaco. A partir de la década de 2021-2030 se observa que el incremento de la temperatura en varias provincias/departamentos que abarcan el oeste y sur del Gran Chaco supera 1°C. En la década 2031-2040 el incremento de la temperatura supera más de 1°C, y abarca ya casi todo el Gran Chaco. Para el periodo completo se observa que todas las tendencias son significativas a un nivel de confianza del 95%, lo que indica que la tendencia es significativamente positiva y que el mayor incremento se observa en la zona oeste del Gran Chaco.

En cuanto a la precipitación con un nivel de confianza del 95%, en la provincia de Salta, Argentina, muestra tendencia negativa. Por otra parte, en los departamentos de Alto Paraguay y Boquerón, Paraguay, muestra tendencia positiva, así como en Santa Cruz, Bolivia. Las demás provincias/departamentos presentan una ligera tendencia positiva, pero no significativa.

Al analizar la tendencia de la precipitación para todo el periodo 2011-2040 (Tabla 14), se observa que las provincias de Jujuy, Salta y Santa Fe presentan tendencias negativas, siendo solo significativa la de Jujuy. Con un nivel de confianza del 95%, este resultado puede estar influenciado por el sobreestimación de la precipitación que se observa en el límite oeste del Gran Chaco donde comienza la elevación de la cordillera. Por lo tanto los resultados en esta región deben considerarse con precaución. En las demás provincias/departamentos las tendencias son positivas pero solo significativas en Alto Paraguay, Boquerón y Santa Cruz, lo que denota que la señal de cambio de la precipitación no es tan evidente.

En cuanto a la temperatura, las tendencias son todas positivas y significativas al 95 % de nivel de confianza, lo que denota que el calentamiento es altamente probable en todo el Gran Chaco (Tabla 15).

---

<sup>11</sup>Escenario A2. La familia de líneas evolutivas y escenarios A2 describe un mundo muy heterogéneo. Sus características más distintivas son la autosuficiencia y la conservación de las entidades locales.

Las pautas de fertilidad en el conjunto de las regiones convergen muy lentamente, con lo que se obtiene una población mundial en continuo crecimiento. El desarrollo económico está orientado básicamente a las regiones, y el crecimiento económico por habitante así como el cambio tecnológico están más fragmentados y son más lentos que en otras líneas evolutivas.

**Tabla 13: Variación porcentual de la temperatura y la precipitación por década con respecto a la normal 1961-1990**

PAÍS	REGIÓN	Variable	2011-2020					2021-2030					2031-2040					2011-2040				
			DEF	MAM	JJA	SON	Anual	DEF	MAM	JJA	SON	Anual	DEF	MAM	JJA	SON	Anual	DEF	MAM	JJA	SON	Anual
Paraguay	Presidente Hayes	P	-11	10	39	4	4	-9	11	41	-1	4	-11	14	44	2	5	-10	11	41	2	4
		T	3	3	6	3	4	4	4	7	6	5	5	6	7	7	6	4	5	7	5	5
	Alto Paraguay	P	2	21	45	9	12	4	15	42	2	9	0	21	50	5	10	2	19	46	6	10
		T	2	4	5	4	4	3	5	7	6	5	4	6	7	7	6	3	5	6	6	5
	Boquerón	P	-1	14	60	0	8	0	10	58	-3	6	-3	13	66	-1	7	-2	12	62	-1	7
		T	0	2	6	3	2	1	3	8	6	4	2	5	8	7	5	1	3	7	5	4
Argentina	Catamarca	P	-2	5	51	-3	5	-3	5	57	-10	3	-8	-2	49	-5	0	-4	3	52	-6	2
		T	1	3	13	-2	3	3	5	15	4	5	4	7	16	4	6	2	5	15	2	5
	Chaco	P	-11	-4	64	-5	0	-9	-4	70	-7	1	-12	-7	71	-3	1	-11	-5	68	-5	1
		T	1	3	7	1	3	2	4	8	5	5	3	6	8	6	5	2	4	8	4	4
	Córdoba	P	-17	17	114	-6	3	-14	20	122	-16	3	-23	13	108	-8	-2	-18	17	115	-10	1
		T	2	4	14	-1	3	3	6	15	4	6	4	9	17	4	7	3	6	15	2	5
	Formosa	P	-12	2	54	-7	1	-10	4	58	-8	2	-12	3	60	-6	2	-11	3	57	-7	2
		T	2	3	7	2	3	2	4	8	6	5	4	5	7	6	6	3	4	7	5	4
	Jujuy	P	-12	-16	104	1	-5	-10	-18	95	2	-5	-11	-24	105	5	-5	-11	-19	101	3	-5
		T	-3	-2	12	2	1	0	0	14	8	4	0	4	14	10	6	-1	1	14	7	4
	La Rioja	P	-6	9	104	-2	7	-5	13	101	-10	6	-14	9	97	-8	1	-9	11	100	-7	5
		T	2	5	17	-4	3	2	6	18	2	5	4	8	19	2	7	3	6	18	0	5
	Salta	P	-8	-4	81	-3	0	-6	-7	77	-3	0	-8	-12	83	0	-1	-7	-8	81	-2	0
		T	-3	0	10	1	1	0	2	11	6	4	0	4	11	8	5	-1	2	11	5	3
	Santa Fe	P	-13	-8	56	-3	0	-13	-8	63	-7	0	-14	-9	60	-1	0	-13	-8	60	-4	0
		T	2	4	7	3	3	3	5	9	7	6	4	7	8	6	6	3	5	8	5	5
	Santiago del Estero	P	-11	10	61	-4	2	-7	7	71	-8	3	-13	-1	63	-2	-1	-10	5	65	-5	1
		T	1	3	9	-1	2	2	5	11	4	5	3	7	11	5	6	2	5	10	2	4
Tucumán	P	0	0	46	-1	5	-1	-2	48	-4	3	-2	-7	43	0	2	-1	-3	46	-1	3	
	T	0	-1	13	1	2	1	2	15	7	5	2	3	15	9	6	1	1	14	5	4	
Bolivia	Chuquisaca	P	-1	0	68	8	7	0	-3	68	7	6	-3	-3	74	9	6	-2	-2	70	8	6
		T	-2	0	7	4	2	0	2	9	7	4	0	4	9	9	5	0	2	8	7	4
	Santa Cruz	P	12	23	71	-2	14	13	14	67	-4	12	10	17	73	-2	12	12	18	70	-3	13
		T	1	3	5	5	3	2	4	7	7	5	2	6	7	8	6	2	4	6	7	5
	Tarija	P	-3	-2	70	0	3	-2	-5	69	1	3	-5	-7	76	2	3	-3	-5	72	1	3
		T	-3	-1	8	4	1	-1	0	10	7	4	0	3	10	9	5	-1	1	9	7	3

Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales (INPE).

Los valores representan el incremento/disminución (+/-) y se encuentran en porcentaje (%) con respecto a la línea base 1961-1990, los valores de 0 significa que no se observa variación.

**Tabla 14. Variación en valor absoluto de la temperatura y la precipitación para el escenario A2 por década y periodo completo con respecto a la normal 1961-1990.**

PAÍS	REGIÓN	Temperatura (°C/10 años)				Precipitación (mm/día cada 10 años)			
		2011-2020	2021-2030	2031-2040	2011-2040	2011-2020	2021-2030	2031-2040	2011-2040
Paraguay	Presidente Hayes	0.83	1.21	1.37	<u>1.14</u>	0.16	0.16	0.20	0.17
	Alto Paraguay	0.86	1.26	1.41	<u>1.18</u>	0.39	0.30	0.34	<u>0.34</u>
	Boquerón	0.55	0.99	1.17	<u>0.90</u>	0.24	0.20	0.21	<u>0.22</u>
Argentina	Catamarca	0.46	0.92	1.12	<u>0.83</u>	0.14	0.09	-0.01	0.07
	Chaco	0.53	0.96	1.13	<u>0.87</u>	0.02	0.05	0.04	0.03
	Córdoba	0.61	1.00	1.26	<u>0.96</u>	0.06	0.07	-0.04	0.03
	Formosa	0.66	1.03	1.21	<u>0.97</u>	0.02	0.07	0.08	0.06
	Jujuy	0.24	0.74	0.99	<u>0.66</u>	-0.34	-0.33	-0.38	<u>-0.35</u>
	La Rioja	0.52	0.92	1.15	<u>0.86</u>	0.15	0.13	0.02	0.10
	Salta	0.20	0.72	0.97	<u>0.63</u>	-0.01	0.00	-0.04	-0.01
	Santa Fe	0.69	1.13	1.22	<u>1.01</u>	-0.01	-0.01	0.00	0.00
	Santiago del Estero	0.43	0.94	1.12	<u>0.83</u>	0.06	0.07	-0.02	0.04
	Tucumán	0.27	0.81	0.95	<u>0.68</u>	0.27	0.18	0.10	0.18
Bolivia	Chuquisaca	0.42	0.87	1.13	<u>0.81</u>	0.22	0.19	0.19	0.20
	Santa Cruz	0.80	1.18	1.38	<u>1.12</u>	0.40	0.33	0.35	<u>0.36</u>
	Tarija	0.30	0.78	1.05	<u>0.71</u>	0.12	0.12	0.10	0.11

Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales (INPE)

Observación: Los valores subrayados son tendencias estadísticamente significativas a un nivel de confianza del 95%

**Tabla 15. Tendencia de la precipitación y temperatura media anual para el escenario A2 por década y periodo 1991-2040**

PAIS	REGION	Precipitación (mm/día cada 10 años)			Temperatura media (°C/10 años)		
		r	Intervalo confianza	p-valor	r	Intervalo confianza	p-valor
Paraguay	Presidente Hayes	0.16	-0.04450564 0.35898942	0.1222	0.73	0.6132635 0.8117030	<u>4.44E-16</u>
	Alto Paraguay	0.33	0.1273750 0.4992683	<u>0.0017</u>	0.69	0.5679292 0.7865527	<u>2.75E-14</u>
	Boquerón	0.22	0.01370281 0.40862880	<u>0.0371</u>	0.65	0.5085145 0.7524548	<u>4.36E-12</u>
Argentina	Catamarca	0.10	-0.1103536 0.2999417	0.3532	0.64	0.4992163 0.7469976	<u>8.99E-12</u>
	Chaco	0.06	-0.1535265 0.2594423	0.6045	0.66	0.527731 0.763628	<u>9.24E-13</u>
	Córdoba	0.05	-0.1596158 0.2536107	0.6458	0.64	0.4967009 0.7455155	<u>1.09E-11</u>
	Formosa	0.07	-0.1378890 0.2742812	0.5046	0.70	0.5751001 0.7905798	<u>1.42E-14</u>
	Jujuy	-0.24	-0.42593017 -0.03464004	<u>0.0227</u>	0.66	0.5232874 0.7610568	<u>1.33E-12</u>
	La Rioja	0.13	-0.07895049 0.32849944	0.2210	0.67	0.5354671 0.7680865	<u>4.84E-13</u>
	Salta	-0.04	-0.2484844 0.1649429	0.6830	0.64	0.4949936 0.7445082	<u>1.24E-11</u>
	Santa Fe	-0.01	-0.2120635 0.2021080	0.9612	0.68	0.5451611 0.7736418	<u>2.11E-13</u>
	Santiago del Estero	0.07	-0.1429463 0.2695035	0.5359	0.60	0.4510581 0.7181885	<u>2.96E-10</u>
	Tucumán	0.17	-0.03490209 0.36733951	0.1021	0.63	0.4848271 0.7384861	<u>2.67E-11</u>
Bolivia	Chuquisaca	0.19	-0.01362429 0.38561198	0.0669	0.69	0.5603834 0.7822948	<u>5.51E-14</u>
	Santa Cruz	0.43	0.2462785 0.5861020	<u>0.0000</u>	0.72	0.6101373 0.8099920	<u>4.44E-16</u>
	Tarija	0.08	-0.1303471 0.2813684	0.4599	0.66	0.5225023 0.7606018	<u>1.42E-12</u>

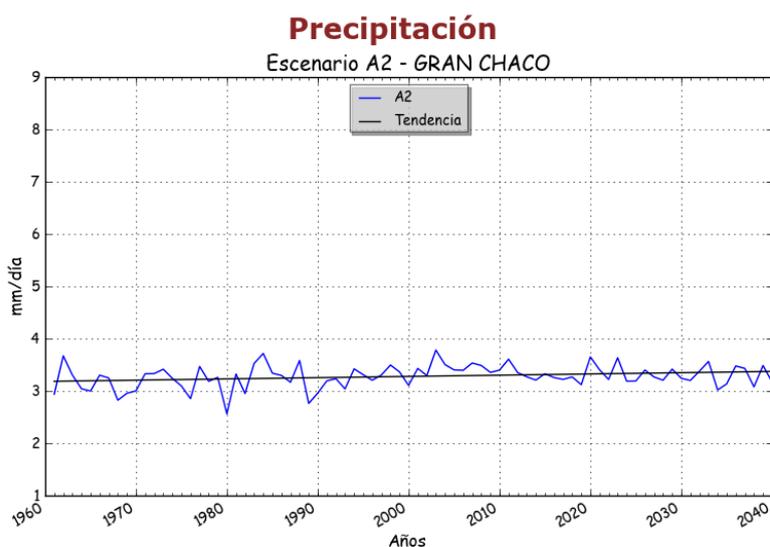
Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales (INPE)

Observación: Los valores subrayados son significativos a un nivel de confianza del 95%, representa la correlación lineal, el intervalo de confianza de r y el p-valor es el estadístico de r.

## 2.8 Tendencias de la precipitación

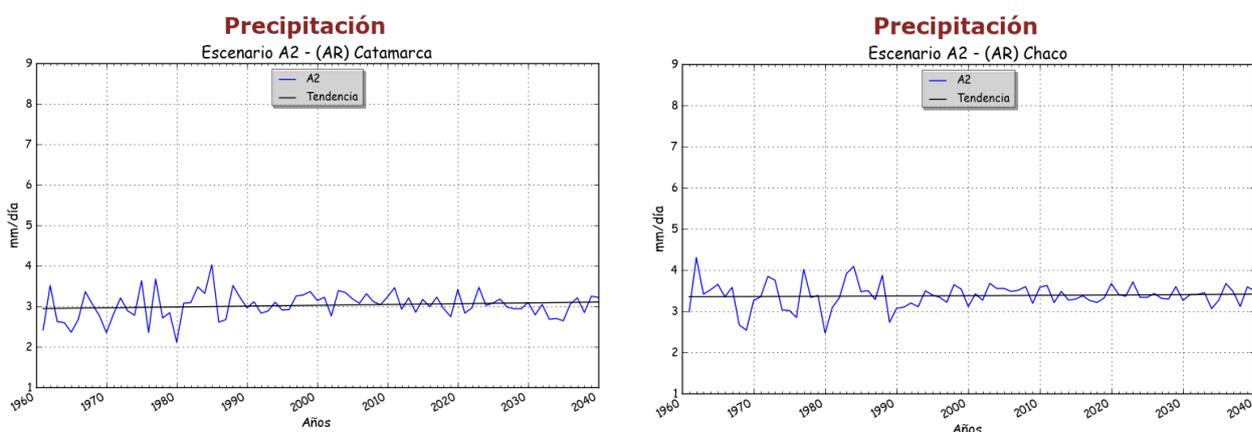
Investigaciones sobre modelación del clima sugieren que, en un clima cada vez más cálido debido al aumento de gases de efecto invernadero, se esperaría un incremento de las precipitaciones extremas respecto de su valor medio. Por esto, la influencia antropogénica es más fácilmente detectable en las precipitaciones extremas que en los valores medios. Esto se debe principalmente a que las precipitaciones extremas están controladas por la disponibilidad de vapor de agua, mientras que el valor medio de precipitación está controlado por la capacidad de la atmósfera para radiar hacia el espacio energía de onda larga (liberada en forma de calor latente, mediante condensación), y esta capacidad está limitada por el aumento de gases de efectos invernadero (IPCC).

**Figura 56: Tendencias de la precipitación media anual para el escenario A2**



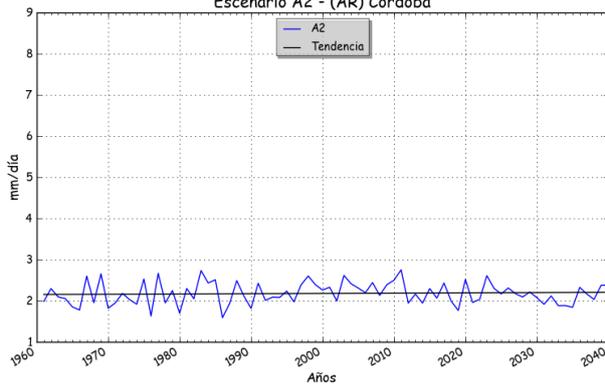
En la Figura 56 se muestra la tendencia de la precipitación en el Gran Chaco, donde se observa una tendencia ascendente pero no muy marcada

**Figura 57: Tendencia de la precipitación total anual (1961-2040): Escenario A2, Argentina**



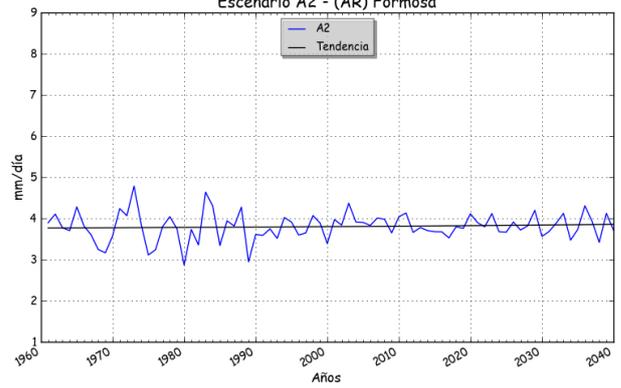
### Precipitación

Escenario A2 - (AR) Córdoba



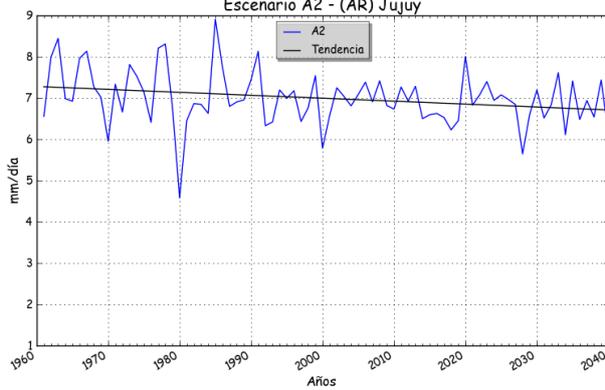
### Precipitación

Escenario A2 - (AR) Formosa



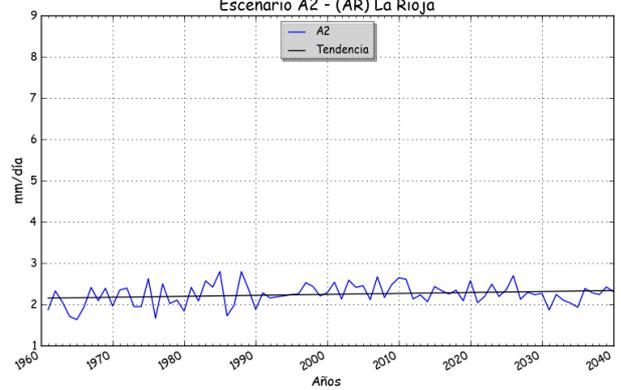
### Precipitación

Escenario A2 - (AR) Jujuy



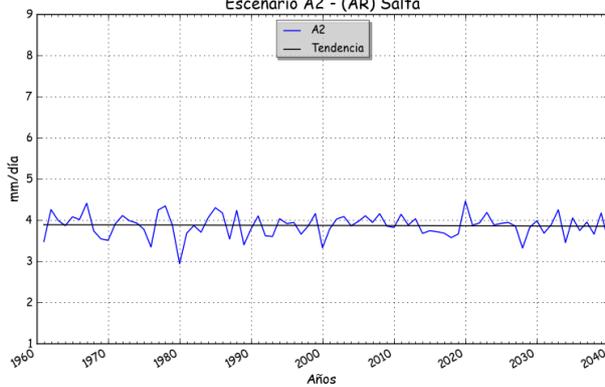
### Precipitación

Escenario A2 - (AR) La Rioja



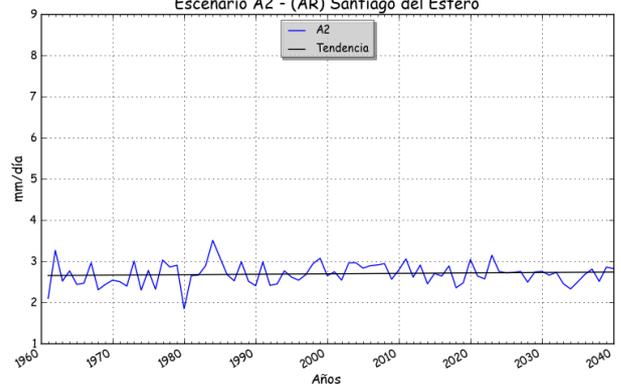
### Precipitación

Escenario A2 - (AR) Salta



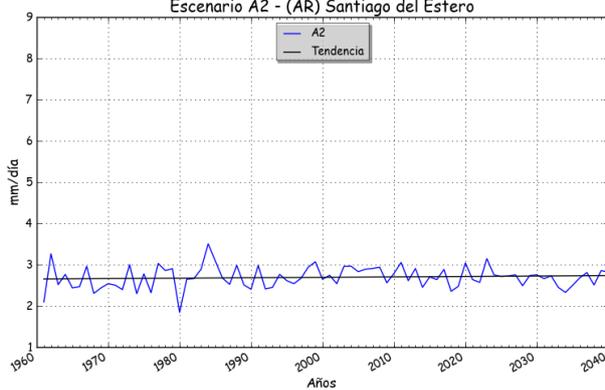
### Precipitación

Escenario A2 - (AR) Santiago del Estero



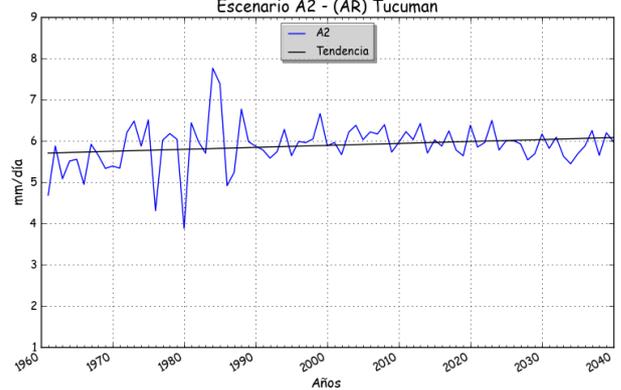
### Precipitación

Escenario A2 - (AR) Santiago del Estero



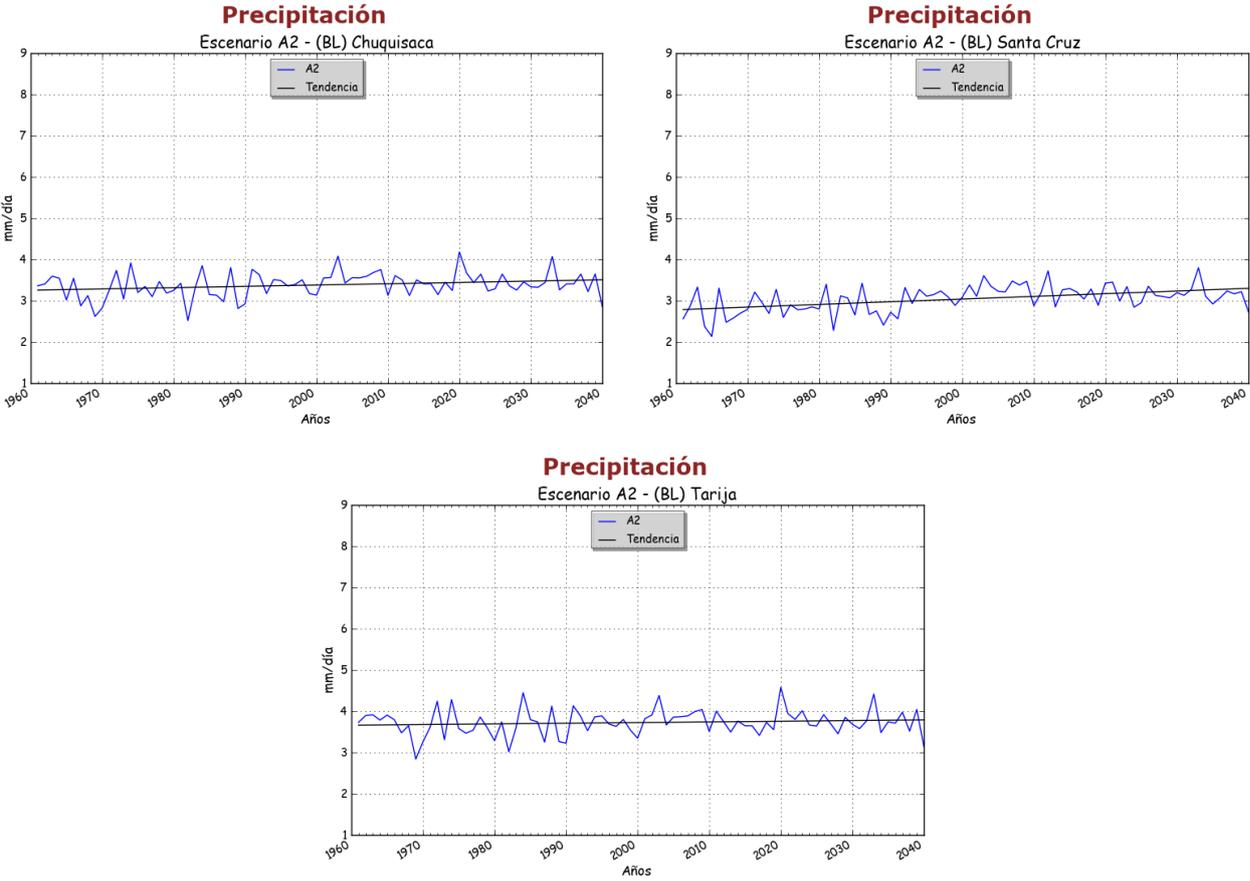
### Precipitación

Escenario A2 - (AR) Tucuman



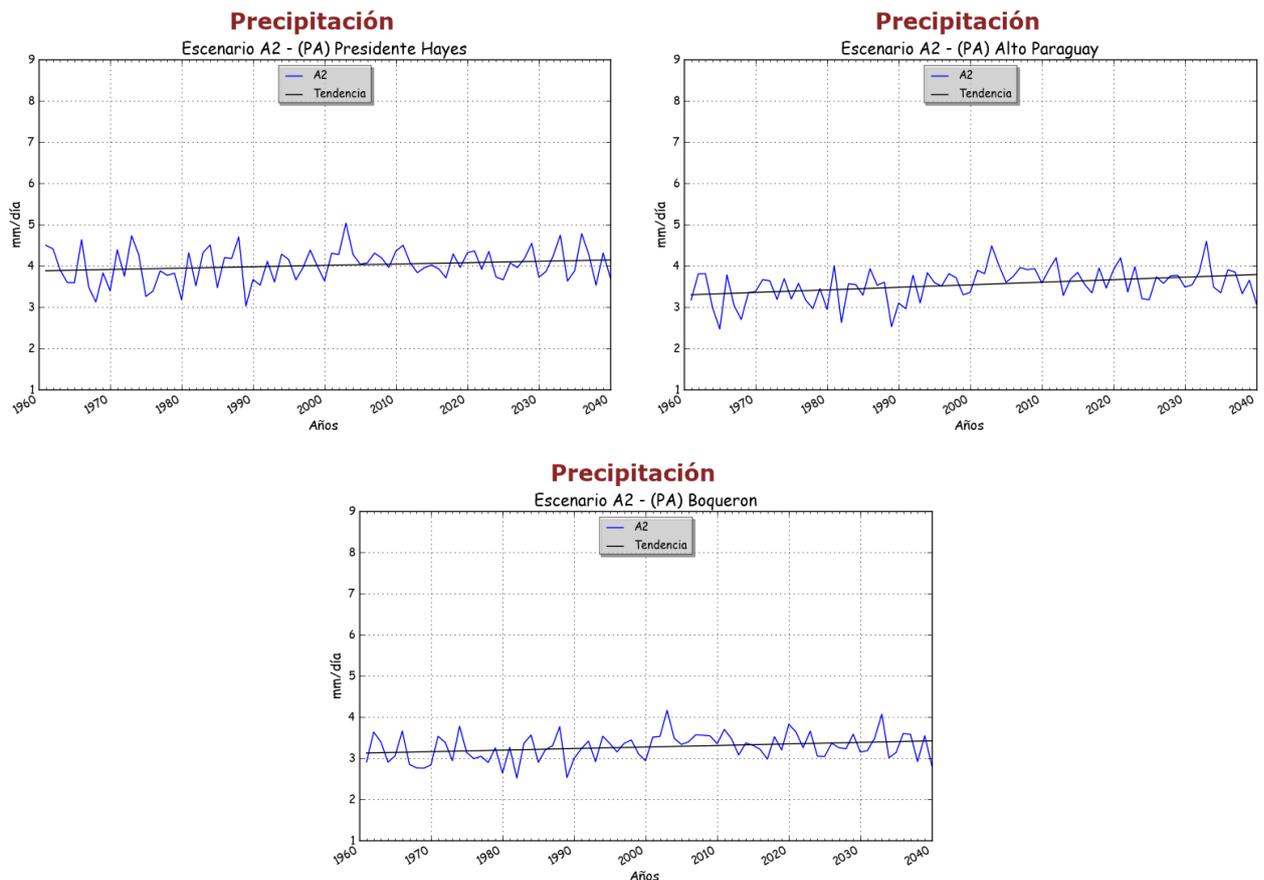
En casi todas las provincias de Argentina que se encuentran dentro de los límites del Gran Chaco, se observa una tendencia positiva. La única provincia con tendencia negativa es Jujuy, coincidente con la región de baja confiabilidad en el modelo (Figura 57).

**Figura 58: Tendencia de la precipitación total anual (1961-2040): Escenario A2, Bolivia**



Todos los departamentos de Bolivia que se encuentran dentro del Gran Chaco presentan una ligera tendencia positiva (Figura 58).

**Figura 59: Tendencia de la precipitación total anual (1961-2040): Escenario A2, Paraguay**



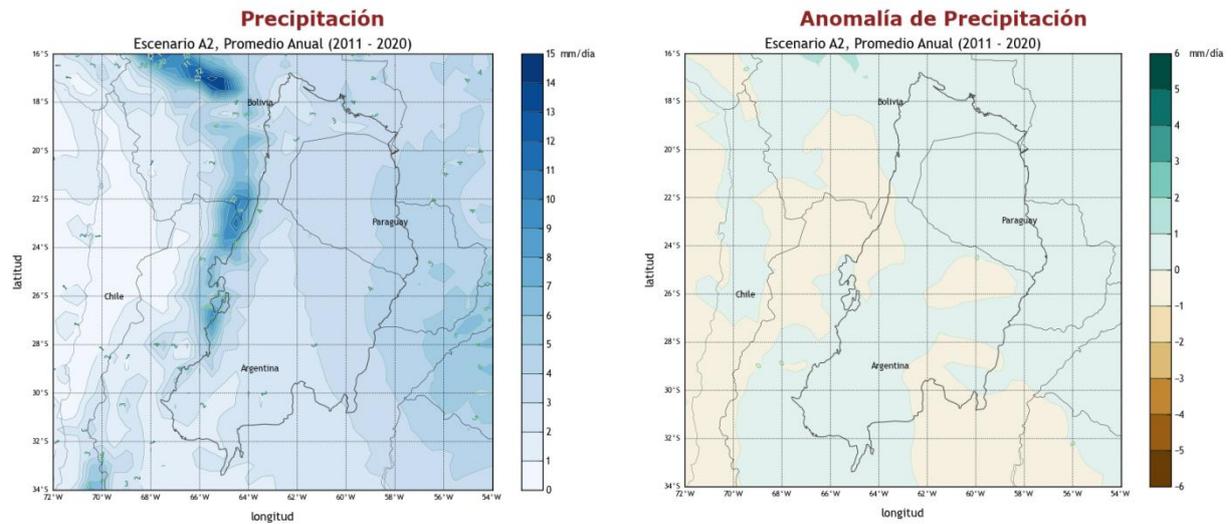
Los tres departamentos de Paraguay que se encuentran dentro del Gran Chaco también registran una tendencia positiva (Figura 59).

## 2.9 Escenarios de la precipitación

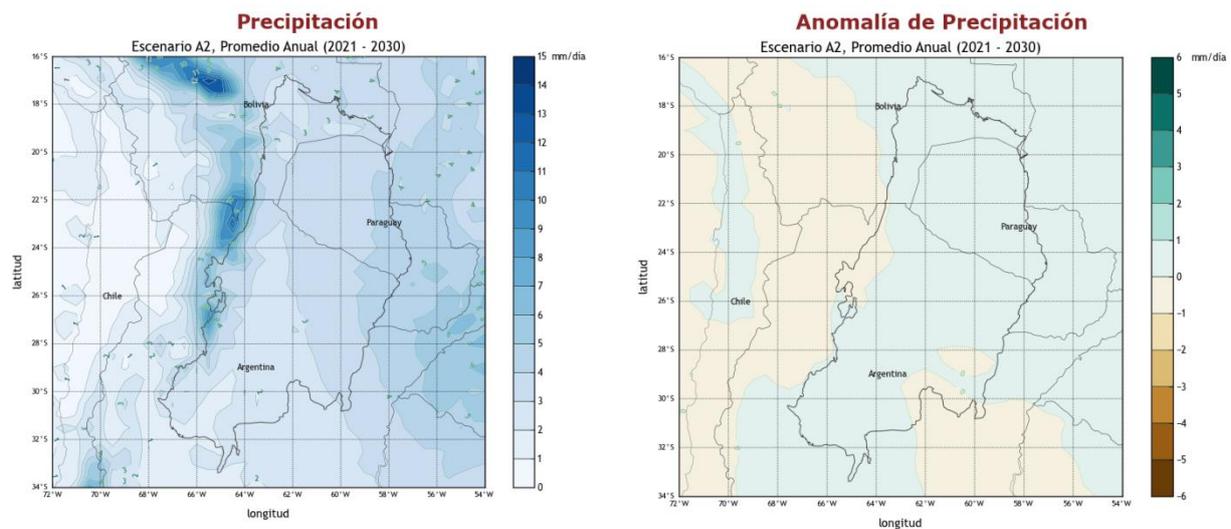
El escenario de la precipitación muestra que en las diferentes décadas; 2011-2020, 2021-2030, 2031-2040 el incremento es constante en gran parte del Gran Chaco.

En la Figura 60 se observa que la precipitación tiene un incremento en la década 2011-2020 para gran parte del Gran Chaco, solo unas pequeñas zonas tienen una disminución de la precipitación anual.

**Figura 60: Precipitación media anual (2011-2020) y su anomalía con respecto al promedio (1961-1990): Escenario A2**

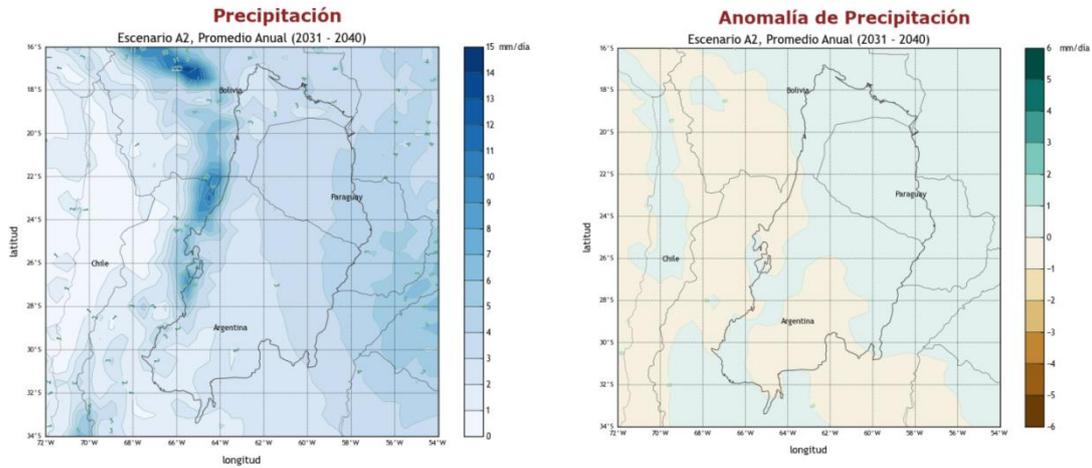


**Figura 61: Precipitación media anual (2021-2030) y su anomalía con respecto al promedio (1961-1990): Escenario A2**



Para la década de 2021-2030, el incremento de la precipitación anual cubre una mayor superficie del Gran Chaco que para el periodo 2011-2020, pero se mantiene una pequeña zona en el oeste y el sur del mismo en donde la precipitación es ligeramente inferior a la línea base. La zona oeste es la que presenta una mayor discrepancia con el modelo, por lo que en dicha región los resultados deben ser considerados con precaución (Figura 61).

**Figura 62: Precipitación media anual (2031-2040) y su anomalía con respecto al promedio (1961-1990): Escenario A2**



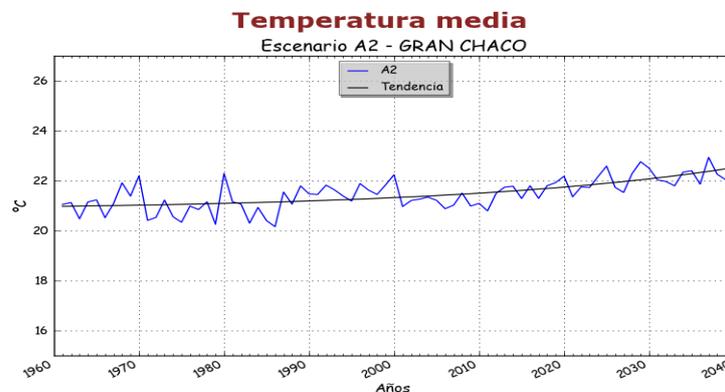
Para la década 2031-2040, el incremento de la precipitación anual ya no es generalizado, mostrándose unas zonas con disminución, específicamente en el sur del Gran Chaco y el oeste del mismo. Esta disminución es consistente con la variabilidad propia de la precipitación, considerando que puede haber otros factores que influyan en su comportamiento, no solo el aumento de los GEI.(Figura 62)

## 2.10 Tendencias de la temperatura

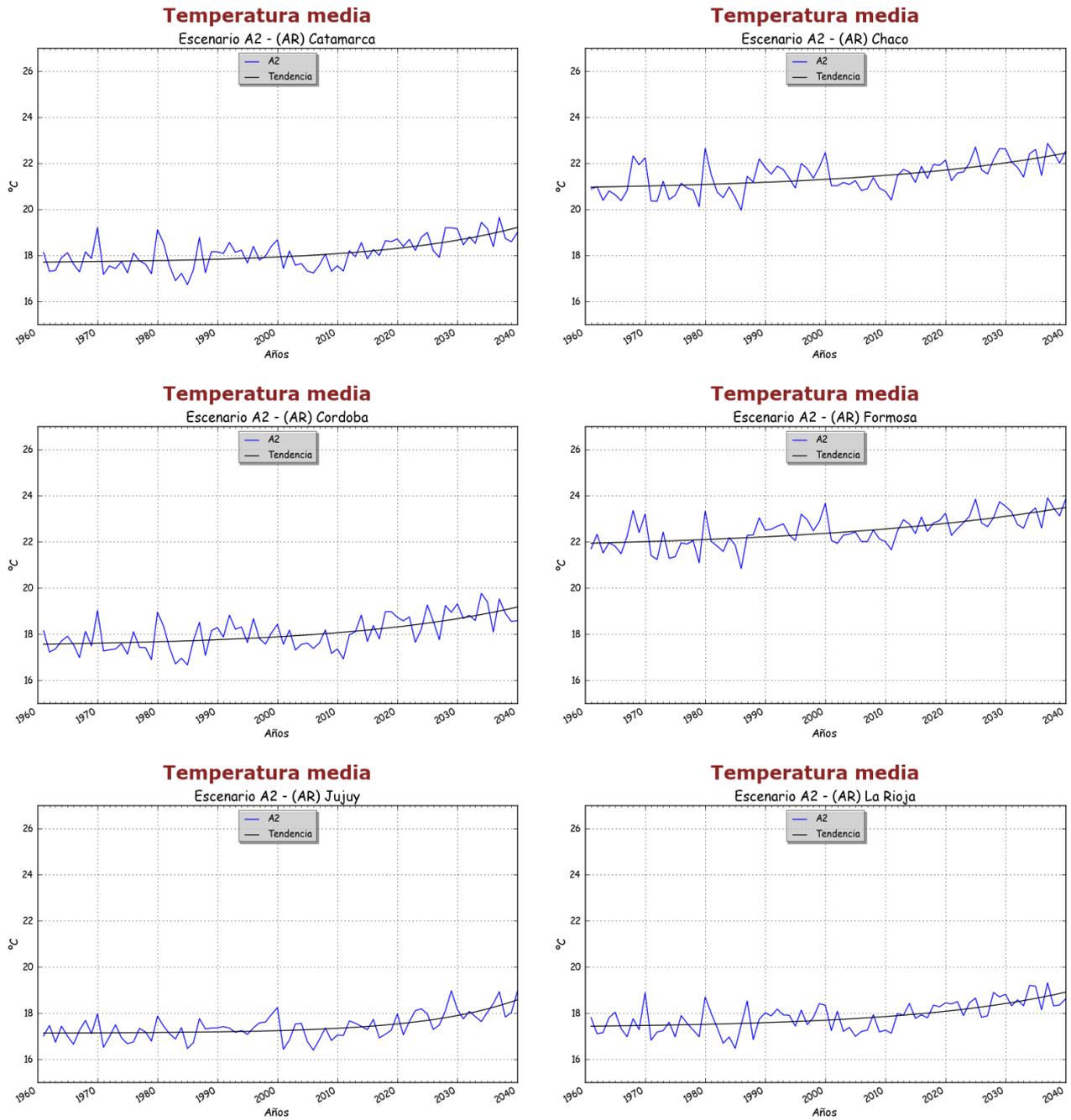
De acuerdo a las proyecciones de la temperatura media hasta el 2040 en todo el Gran Chaco para el escenario A2, se observa una tendencia positiva y con un marcado incremento hacia el 2020. El incremento estimado para la década de 2040 es de 1,2°C, tal como se observa en la Figura 63.

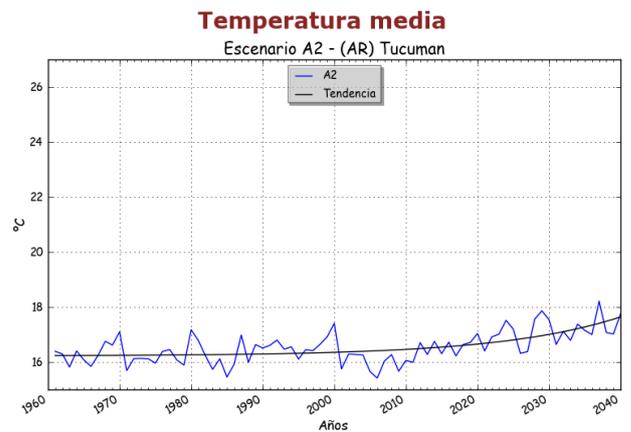
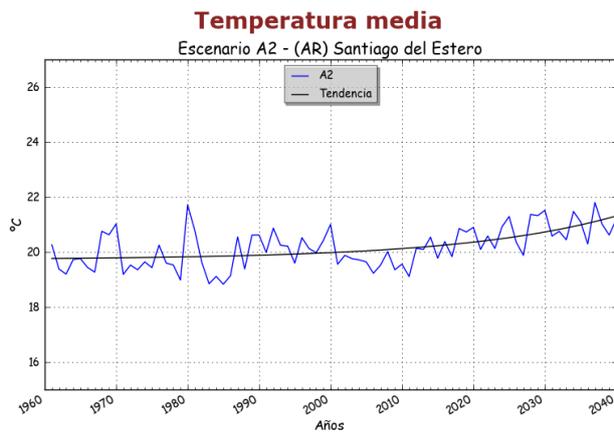
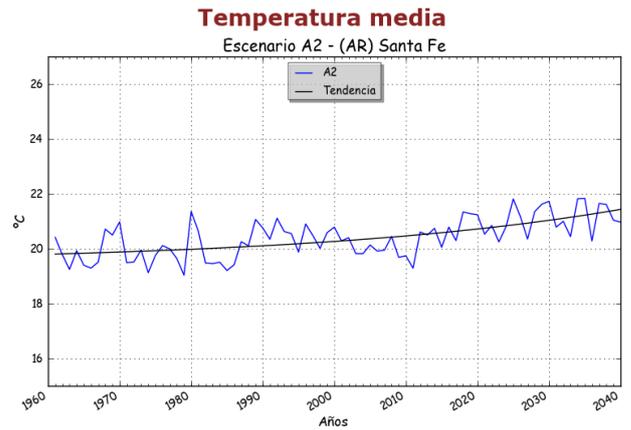
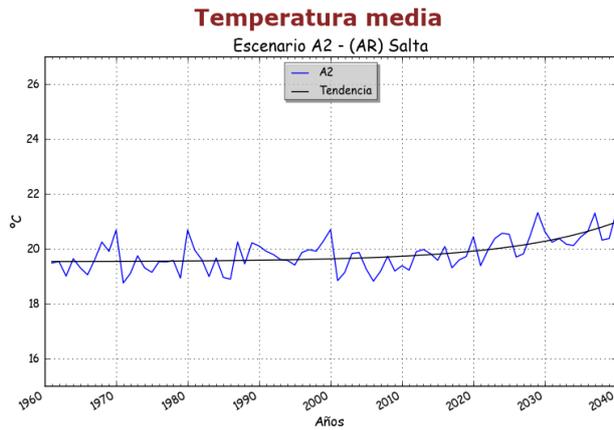
Las tendencias de la temperatura media son todas positivas y significativas con un nivel de confianza del 95%. Esto se puede observar en los gráficos por provincia/departamentos que están dentro del Gran Chaco.

**Figura 63: Tendencia de la de la temperatura media en el Gran Chaco para el escenario A2**



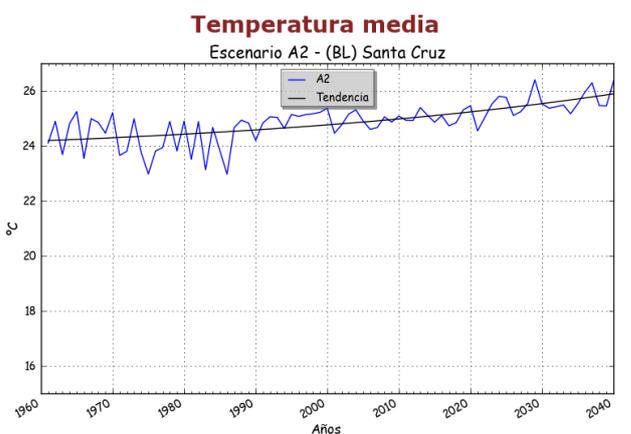
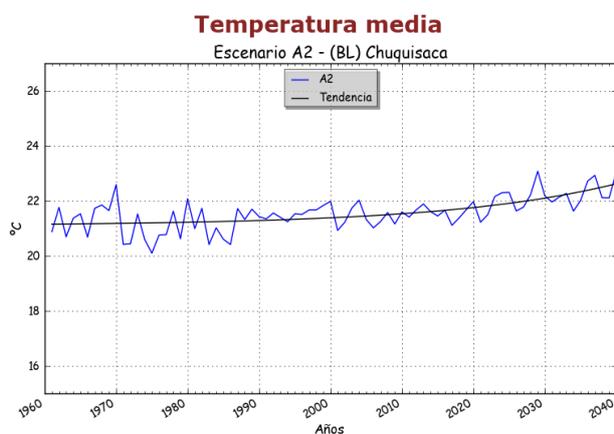
**Figura 64: Tendencia de la temperatura media anual (1961-2040): Escenario A2, Argentina**



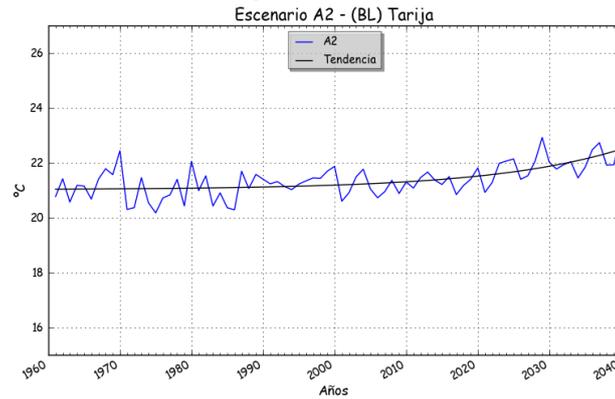


Para todas las provincias de Argentina dentro de los límites del Gran Chaco, muestran una tendencia positiva de la temperatura media muy similar a la tendencia global que se observa en toda la región (Figura 64).

**Figura 65: Tendencia de la temperatura media anual (1961-2040): Escenario A2, Bolivia**

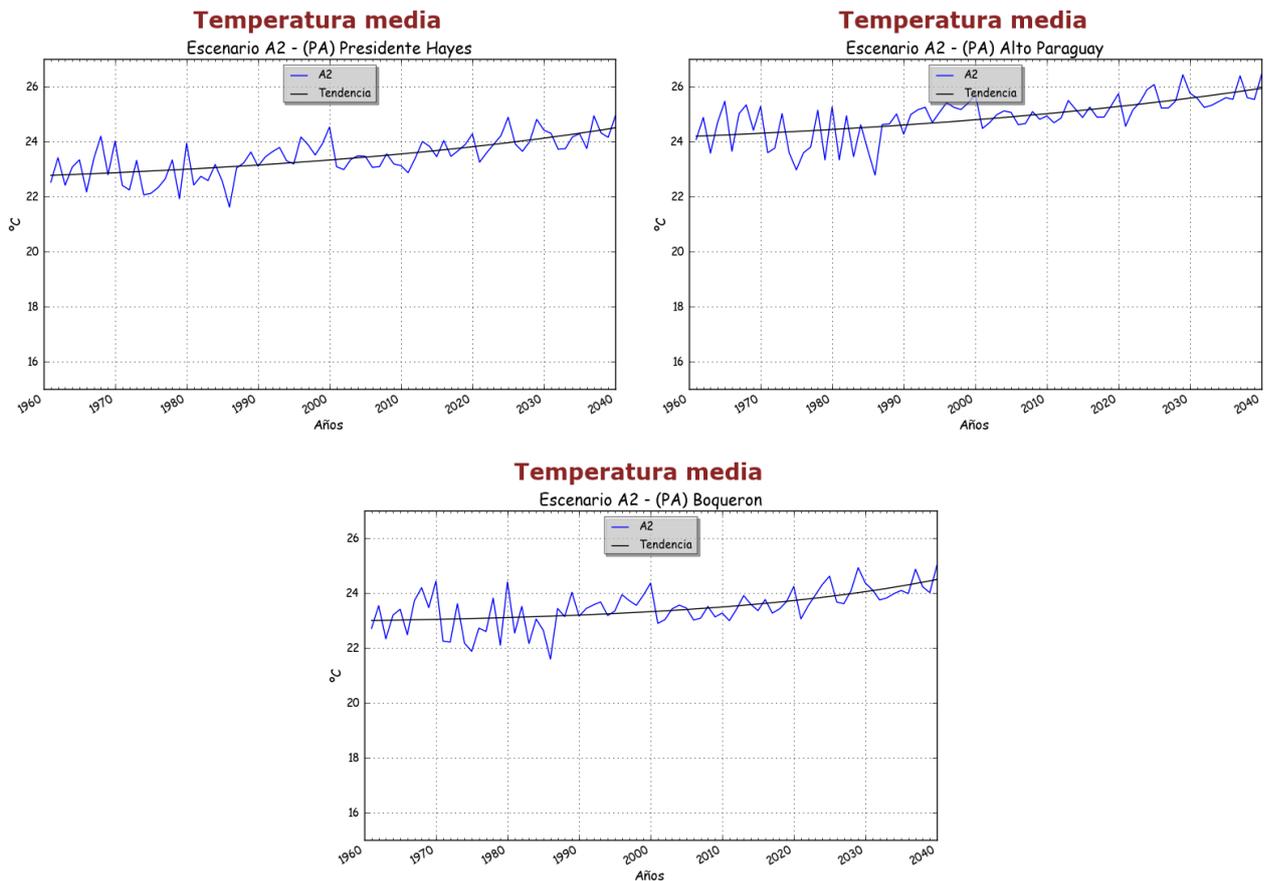


### Temperatura media



En el Chaco Boliviano la situación es similar a lo observado en todo el Gran Chaco. Los tres departamentos muestran una tendencia positiva bien definida (Figura 65).

Figura 66: Tendencia de la temperatura media anual (1961-2040): Escenario A2, Paraguay



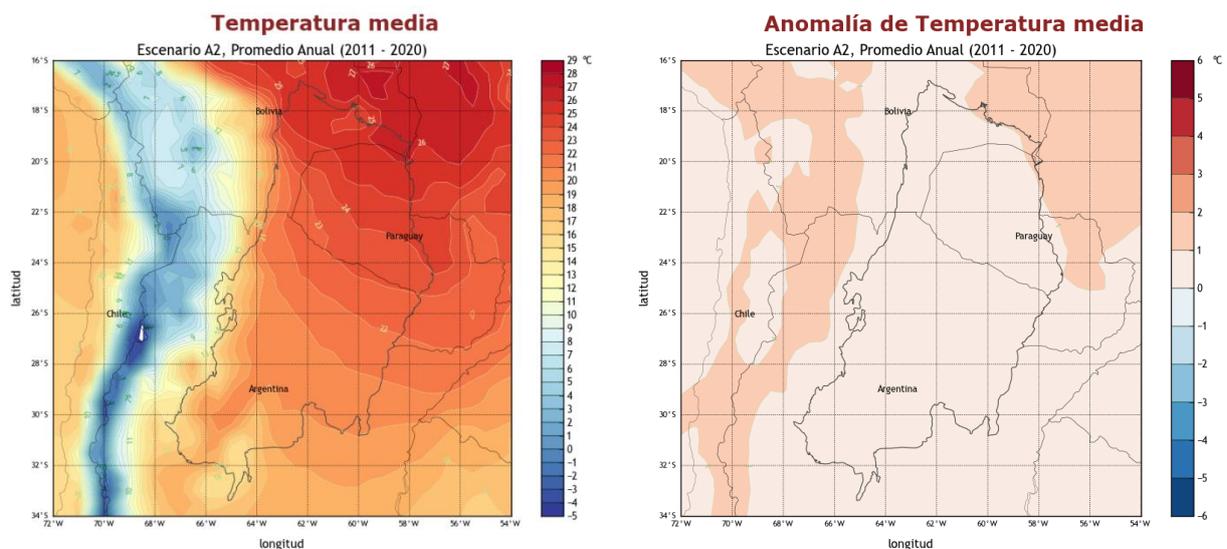
La situación en el Chaco Paraguayo es similar a todo el Chaco, con tendencias positivas de la temperatura en los tres departamentos (Figura 66).

## 2.11 Escenario de la temperatura media

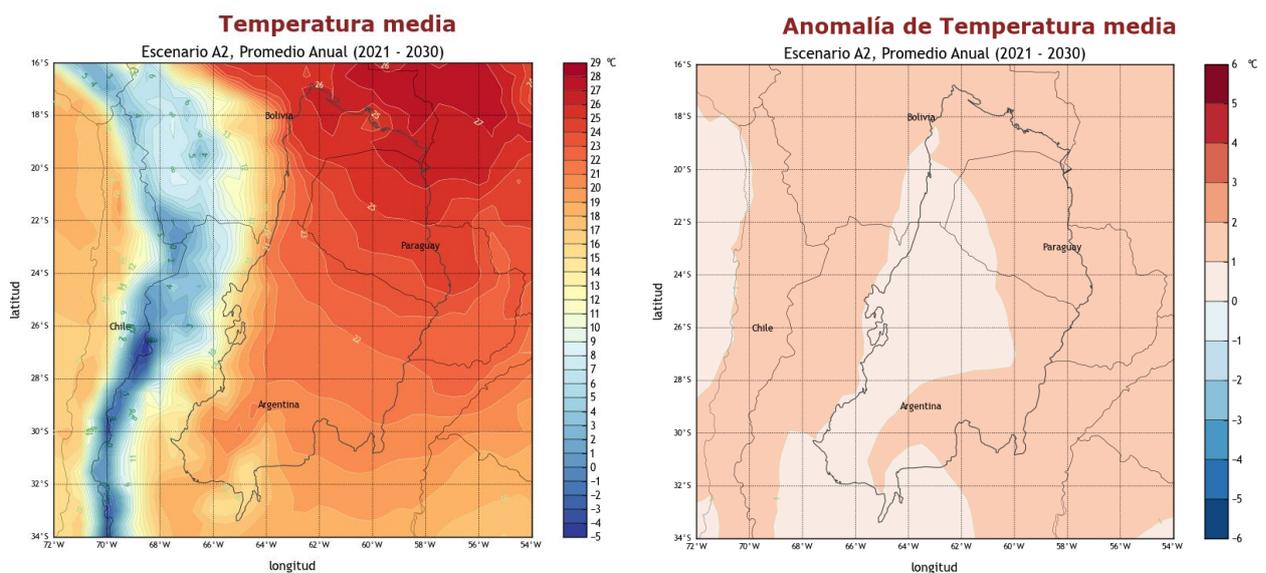
En el escenario de la temperatura media, se observa que la temperatura se va incrementando, esto se puede observar en la década del 2011-2020, en donde la temperatura se incrementa en casi todo el Gran Chaco alrededor de 1°C.

En la figura 67 se observa el mapa medio para la década 2011-2020 y su anomalía con respecto a la normal 1961-1990, donde claramente se observa que el incremento es en todo el Gran Chaco y alcanza casi 1°C.

**Figura 67: Temperatura media anual (2011-2020) y su anomalía con respecto al promedio (1961-1990): Escenario A2**

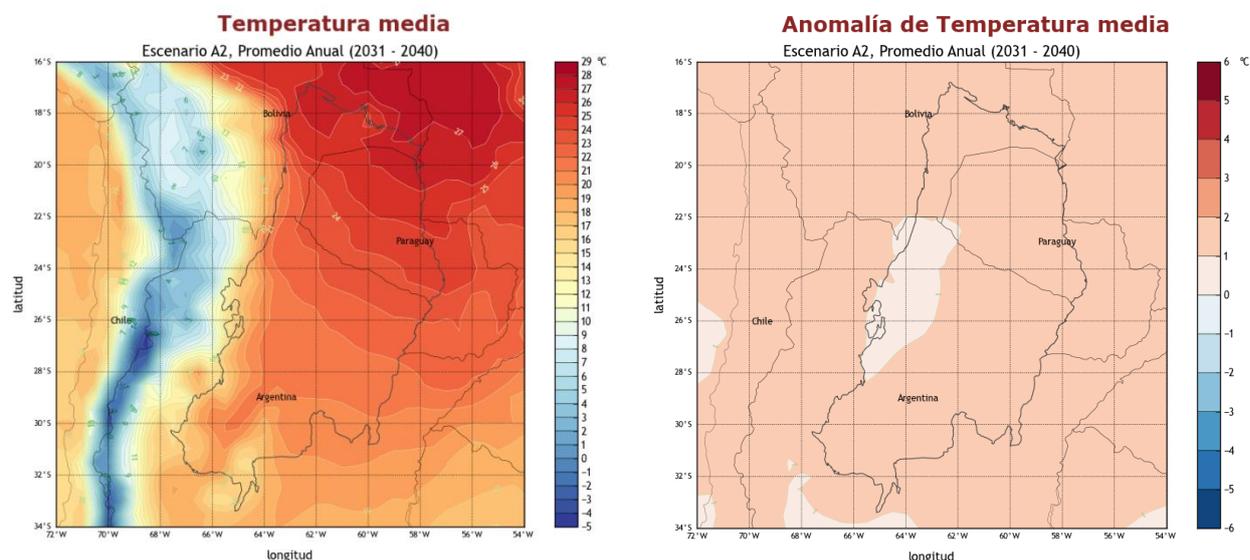


**Figura 68: Temperatura media anual (2021-2030) y su anomalía con respecto al promedio (1961-1990): Escenario A2**



Para la década 2021-2030 se observa que el incremento de la temperatura media es un poco más pronunciado, superando más de 1°C en la zona que abarca el oeste y sur del Gran Chaco (Figura 68), que corresponde a los departamentos de Presidente Hayes, Alto Paraguay y Santa Cruz, así como en las provincias de Córdoba, Formosa y Santa Fe.

**Figura 69: Temperatura media anual (2031-2040) y su anomalía con respecto al promedio (1961-1990): Escenario A2**



En la década 2031-2040 se observa el mayor incremento de temperatura. El área que supera el umbral de 1°C abarca casi todo el Gran Chaco (Figura 69). Las provincias que no superan ese umbral son Jujuy, Salta y Tucumán, que se encuentran ligeramente por debajo del promedio.

## 2.12 Eventos Extremos

La ocurrencia de desastres relacionados al clima se viene incrementando desde la década del noventa. Entre 1970-1999 y 2000-2005 los eventos extremos han aumentado en toda la región.

En la mayoría de las situaciones, ni la población, ni las autoridades han estado preparadas ni organizadas para actuar adecuadamente en el momento de las tragedias, ni después de ellas. Se describen algunos de esos eventos:

Las inundaciones es el fenómeno más frecuente y se presenta en las riberas de los ríos Paraguay y Paraná todos los años, entre los meses de abril a setiembre. En algunos años ocurren crecientes extraordinariamente graves, tanto por el elevado nivel de las aguas, como por la prolongación del fenómeno que alcanza hasta octubre o noviembre. Las crecientes más graves ocurrieron en los años 1979; 1982-83; 1988, 1992, y 1997-98. Estos años de grandes inundaciones son coincidentes con periodos del fenómeno climático denominado "El Niño".

La sequía es un fenómeno que se presenta también con regular frecuencia, y causa situaciones de grave carencia, especialmente a las familias de agricultores que laboran la tierra al nivel de subsistencia. En el año 1993 una sequía que duró ocho meses causó mucho daño en la Región Occidental de Paraguay. Se perdieron centenares de cabezas de ganado vacuno, cultivos agrícolas y el Comité de Emergencia Nacional (CEN) tuvo que encarar un programa de distribución de alimentos por el riesgo que representaba a las familias indígenas la carencia absoluta de los mismos.

En los años 2002, 2003 y 2004, el gobierno paraguayo tuvo que movilizar ingentes recursos para atender los efectos negativos de la sequía que afectó la Región Occidental del país, brindando asistencia a 11.000 familias, la mayoría indígenas.

Los fuertes vientos son fenómenos no tradicionales en la región, aunque se han producido casos en algunas zonas donde se registraron tornados que afectaron montes y cultivos. Este fenómeno no ocurre con regularidad, presentándose a veces en distintas latitudes a la vez, tanto en verano como en invierno, lo que hace suponer que su ocurrencia responde a factores aleatorios.

Los tornados más recientes y que causaron perjuicios significativos se produjeron entre el 14 y el 19 de noviembre de 1994 en Boquerón (Paraguay), dejando sin viviendas a unas 100 familias, en tantos que muchos otros hogares fueron parcialmente destruidos.

Las granizadas también son fenómenos relativamente frecuentes, aunque no se registran con periodicidad regular, razón que hace suponer que responde a factores climáticos aleatorios. Estos eventos suelen impactar negativamente a familias de recursos escasos, que utilizan en sus viviendas techos de chapas de fibrocemento o de cartón alquitranado. También suele producir pérdidas importantes de cultivos agrícolas.

Desde el último informe del IPCC (AR4, 2007) ocurrieron numerosos eventos extremos inusuales, tales como las lluvias intensas en Venezuela (1999, 2005), las inundaciones de la región pampeana de Argentina (2000 y 2002), la sequía en el Amazonas (2005), las tormentas de granizos muy destructivas y sin precedentes en La Paz (2002) y Buenos Aires (2006), el insólito huracán Catarina en el Atlántico Sur (2004), y la temporada récord de huracanes en el Caribe (2005).

En este trabajo no se pueden determinar los eventos extremos puntuales tales como granizadas, vientos fuertes, tornados, lluvias intensas, etc., pero si se pueden determinar desde un punto de vista más general. Es decir, solo se definirán los eventos extremos tales como el número de años o meses que superaron un umbral de precipitación (esto puede dar lugar a inundaciones en las regiones vulnerables a este fenómeno) o estuvieron por debajo de cierto umbral (esto puede dar lugar a sequías, especialmente en las regiones donde la precipitación es baja). Se realizó el mismo análisis para la temperatura, lo que permite saber con qué frecuencia se superan los umbrales definidos como extremos en el periodo base.

**Tabla 16. Eventos extremos observados en la región del Gran Chaco**

Año	Granizada			Inundaciones			Incendios Forestales			Sequías		
	Argentina	Bolivia	Paraguay	Argentina	Bolivia	Paraguay	Argentina	Bolivia	Paraguay	Argentina	Bolivia	Paraguay
1997	2			46	1	4	10	1		1	1	
1998		1		78						3	1	
1999				7						5		
2000		1		79	1		9			3	3	
2001	1			4	1		3					
2002				8			4	1			1	
2003	2			23			26			1	2	
2004				16			5			10	4	
2005				6			14			19	1	
2006	6			32	1	1	16	3			6	
2007	1			94	5	1	10	1	3		1	
2008						16						5
<b>Totales</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>393</b>	<b>9</b>	<b>22</b>	<b>97</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>42</b>	<b>20</b>	<b>5</b>

Fuente: Documento País, Riesgo de Desastre, Argentina, Cruz Roja 2009. Documento país. Bolivia, 2008. Paraguay, 2008. DIPECHO

En la Tabla 16 se observan los eventos extremos observados dentro del Gran Chaco, tales como granizadas, inundaciones, incendios forestales y sequías. Se observa que desde 1997 hasta 2008 las inundaciones en Argentina han sido el fenómeno más frecuente, seguido de los incendios forestales y las sequías. Esto se debe principalmente que Argentina ocupa el 65% del Gran Chaco. Además hay que considerar que en el Paraguay y Argentina, las inundaciones se dan como consecuencia del desborde del río Pilcomayo, que aumenta su nivel por las precipitaciones en la zona alta de Bolivia.

### 2.12.1 Determinación de Eventos Extremos

El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), define un evento extremo como “aquel evento que es raro en un lugar y en un instante en un año”. Por lo cual, la interpretación de esta definición establece valores máximos dentro de un conjunto de datos.

Para este trabajo solo se determinaron los eventos extremos considerando datos anuales, por lo que representa los eventos climáticos extremos más relacionados con años con déficit o exceso de precipitación, así como años con temperaturas extraordinariamente altas o bajas.

La Tabla 17 ilustra la cantidad de los eventos climáticos extremos determinados para cada uno de los departamentos/provincias correspondientes al Gran Chaco por década para el periodo 2011-2040. Se calcularon los valores inferiores al percentil 10 ( $P < 10$ ) y superiores al percentil ( $P > 90$ ) para la precipitación y temperatura anual con respecto a la línea base 1961-1990. Esto permitió determinar el número de años secos o húmedos, calientes o fríos (figuras 34 y 35).

Analizando la cantidad de eventos extremos obtenidos (Tabla 18), resalta que hay una tendencia marcada a eventos extremos por exceso (superiores al percentil 90). Esto es más evidente en la temperatura, donde para cada década el número se va incrementando, especialmente para la temperatura mínima media, donde los eventos extremos superiores son los más elevados. Los valores de la temperatura media y máxima media son muy similares en relación al incremento de eventos. En cuanto a la precipitación, se observa que no todos los departamentos/provincias tienen un incremento de eventos extremos.

La precipitación inferior al percentil 10 (déficit de precipitación), en combinación con las temperaturas elevadas extremas, genera una situación con consecuencias negativas en el sistema productivo y la disponibilidad y acceso de agua por parte de la población. Para ello se han identificado las zonas con esas condiciones extremas.

En cuanto a temperaturas extremas elevadas y déficit de precipitación, los eventos son más generalizados para toda la región, con números más frecuentes en el área suroeste, contemplando las provincias argentinas de Santiago del Estero, Córdoba, La Rioja, Salta, Tucumán y el departamento boliviano de Tarija y el área noreste de la región, abarcando la totalidad del área de Paraguay, es decir los departamentos Alto Paraguay, Boquerón y Presidente Hayes.

**Tabla 17. Números de eventos climáticos extremos por década, periodo 2011-2040.**

REGION	Periodo	Precipitación		Temperatura					
		Deficit P<p10	Exceso P>p90	AF tm<p10	AC tm>p90	NF tnm<p10	NC tnm>p90	DF txm<p10	DC txm>p90
Presidente Hayes	2011-2020	0	0	0	6	0	6	0	5
	2021-2030	0	1	0	7	0	8	0	6
	2031-2040	0	2	0	10	0	10	0	7
	2011-2040	0	3	0	23	0	24	0	18
Alto Paraguay	2011-2020	0	5	0	3	0	8	0	1
	2021-2030	0	2	0	6	0	9	0	4
	2031-2040	0	4	0	9	0	10	0	6
	2011-2040	0	11	0	18	0	27	0	11
Boquerón	2011-2020	0	2	0	1	0	2	0	0
	2021-2030	0	2	0	5	0	7	0	4
	2031-2040	0	1	0	5	0	8	0	4
	2011-2040	0	5	0	11	0	17	0	8
Catamarca	2011-2020	0	0	0	3	0	4	0	2
	2021-2030	0	0	0	6	0	8	0	5
	2031-2040	0	0	0	7	0	9	0	5
	2011-2040	0	0	0	16	0	21	0	12
Chaco	2011-2020	0	0	0	0	0	4	0	0
	2021-2030	0	0	0	3	0	6	0	2
	2031-2040	0	0	0	5	0	8	0	5
	2011-2040	0	0	0	8	0	18	0	7
Cordoba	2011-2020	1	1	1	5	0	4	1	3
	2021-2030	0	1	0	7	0	8	0	5
	2031-2040	0	0	0	9	0	9	0	7
	2011-2040	1	2	1	21	0	21	1	15
Formosa	2011-2020	0	0	0	2	0	4	0	0
	2021-2030	0	0	0	4	0	7	0	3
	2031-2040	0	1	0	7	0	9	0	6
	2011-2040	0	1	0	13	0	20	0	9
Jujuy	2011-2020	1	0	0	2	0	3	0	1
	2021-2030	1	0	0	6	0	7	0	6
	2031-2040	2	0	0	9	0	7	0	10
	2011-2040	4	0	0	17	0	17	0	17
La Rioja	2011-2020	0	1	0	4	0	5	0	2
	2021-2030	0	1	0	7	0	9	0	5
	2031-2040	0	0	0	10	0	9	0	5
	2011-2040	0	2	0	21	0	23	0	12
Salta	2011-2020	0	1	0	1	0	4	0	0
	2021-2030	1	0	0	6	0	7	0	4
	2031-2040	1	0	0	7	0	7	0	4
	2011-2040	2	1	0	14	0	18	0	8
Santa Fe	2011-2020	0	0	0	4	0	6	0	2
	2021-2030	0	0	0	7	0	8	0	5
	2031-2040	0	0	0	8	0	9	0	4
	2011-2040	0	0	0	19	0	23	0	11
Santiago del Estero	2011-2020	0	2	0	2	0	1	1	1
	2021-2030	0	1	0	5	0	7	0	2
	2031-2040	0	0	0	5	0	7	0	4
	2011-2040	0	3	0	12	0	15	1	7
Tucuman	2011-2020	0	0	0	1	0	4	0	1
	2021-2030	0	0	0	7	0	7	0	5
	2031-2040	0	0	0	8	0	9	0	5
	2011-2040	0	0	0	16	0	20	0	11
Chuquisaca	2011-2020	0	1	0	2	0	3	0	0
	2021-2030	0	0	0	7	0	8	0	4
	2031-2040	0	1	0	9	0	8	0	4
	2011-2040	0	2	0	18	0	19	0	8
Santa Cruz	2011-2020	0	2	0	5	0	9	0	3
	2021-2030	0	3	0	9	0	9	0	7
	2031-2040	0	1	0	10	0	10	0	10
	2011-2040	0	6	0	24	0	28	0	20
Tarija	2011-2020	0	1	0	1	0	2	0	0
	2021-2030	0	0	0	6	0	7	0	4
	2031-2040	1	1	0	9	0	8	0	4
	2011-2040	1	2	0	16	0	17	0	8

Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales (INPE).

AF: Cantidad de Años Fríos; AC: Cantidad de Años Calientes.

NF: Cantidad de Años con incremento de Noches Frías

NC: Cantidad de Años con incremento de Noches Calientes

DF: Cantidad de Años con incremento de Días Fríos

DC: Cantidad de Años con incremento de Días Calientes

**Figura 70: Gráficos de tendencia del número de eventos climáticos extremos por década y el total para el periodo 2011-2040.**

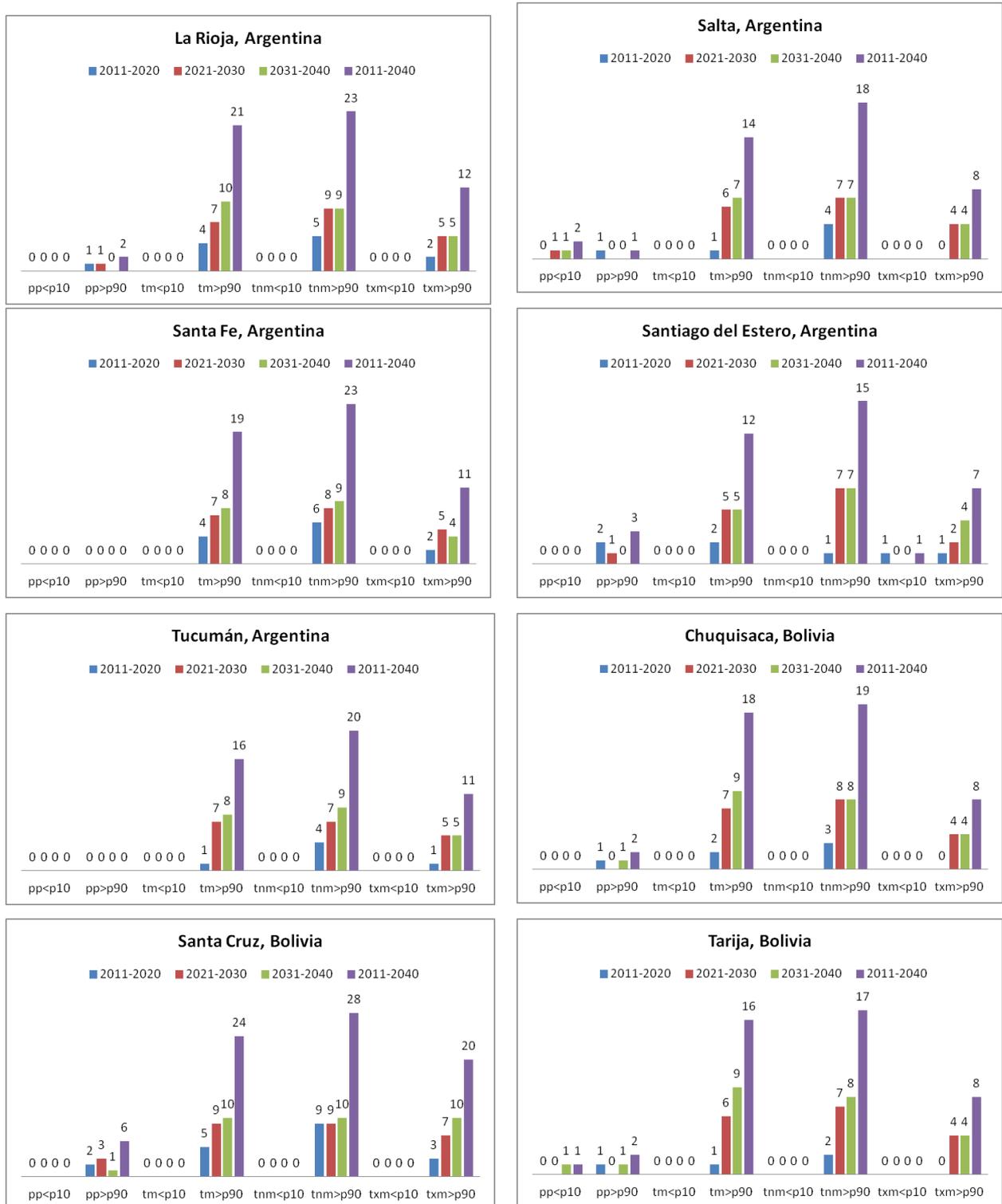


**Referencias;**

- pp<p10: Cantidad de casos en que la precipitación es menor al percentil 10
- pp>p90: Cantidad de casos en que la precipitación es mayor al percentil 90
- tm<p10: Cantidad de casos en que la temperatura media es menor al percentil 10
- tm>p90: Cantidad de casos en que la temperatura media es mayor al percentil 90
- tnm<p10: Cantidad de casos en que la temperatura mínima media es menor al percentil 10
- tnm>p90: Cantidad de casos en que la temperatura mínima media es mayor al percentil 90

txm<p10: Cantidad de casos en que la temperatura máxima media es menor al percentil 10  
 txm>p90: Cantidad de casos en que la temperatura máxima media es mayor al percentil 90

**Figura 71: Gráficos de tendencia del número de eventos climáticos extremos por década y el total para el periodo 2011-2040 (continuación).**



**Referencias;**

pp<p10: Cantidad de casos en que la precipitación es menor al percentil 10  
 pp>p90: Cantidad de casos en que la precipitación es mayor al percentil 90  
 tm<p10: Cantidad de casos en que la temperatura media es menor al percentil 10  
 tm>p90: Cantidad de casos en que la temperatura media es mayor al percentil 90

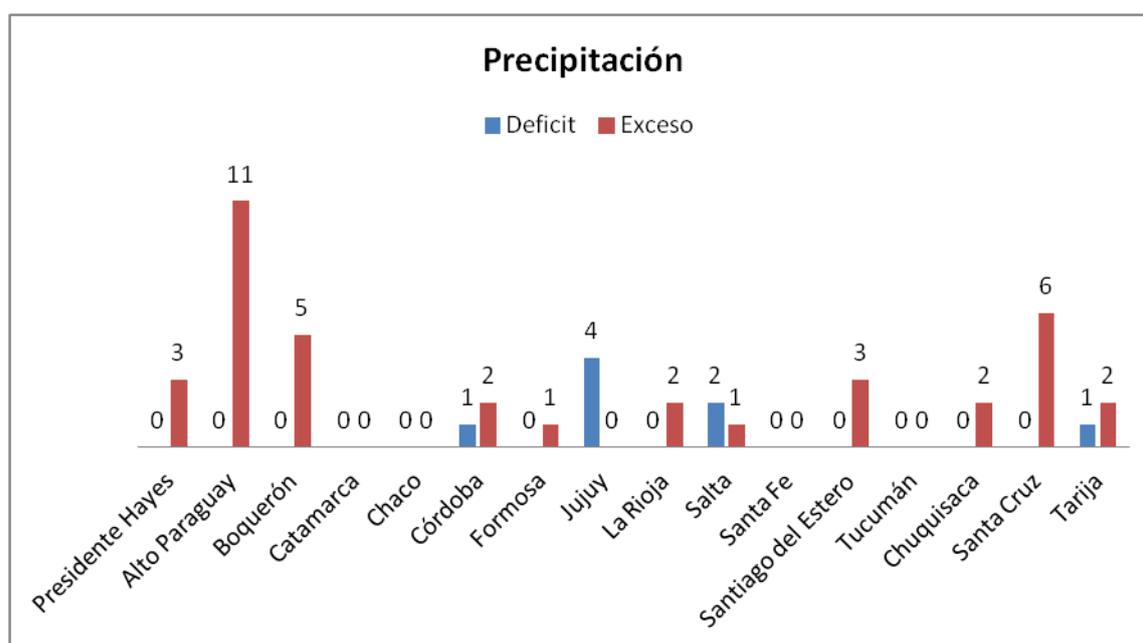
tnm<p10: Cantidad de casos en que la temperatura mínima media es menor al percentil 10  
tnm>p90: Cantidad de casos en que la temperatura mínima media es mayor al percentil 90  
txm<p10: Cantidad de casos en que la temperatura máxima media es menor al percentil 10  
txm>p90: Cantidad de casos en que la temperatura máxima media es mayor al percentil 90

**Tabla 18: Número de eventos extremos acumulados para el periodo 2011-2040.**

Eventos extremos por Departamentos/provincias	Deficit Precip.	Exceso Precip.	Número de años con temperaturas extremas		
			Caliente	Noches calientes	Días calientes
Presidente Hayes	0	3	23	24	18
Alto Paraguay	0	11	18	27	11
Boquerón	0	5	11	17	8
Catamarca	0	0	16	21	12
Chaco	0	0	8	18	7
Córdoba	1	2	21	21	15
Formosa	0	1	13	20	9
Jujuy	4	0	17	17	17
La Rioja	0	2	21	23	12
Salta	2	1	14	18	8
Santa Fe	0	0	19	23	11
Santiago del Estero	0	3	12	15	7
Tucumán	0	0	16	20	11
Chuquisaca	0	2	18	19	8
Santa Cruz	0	6	24	28	20
Tarija	1	2	16	17	8

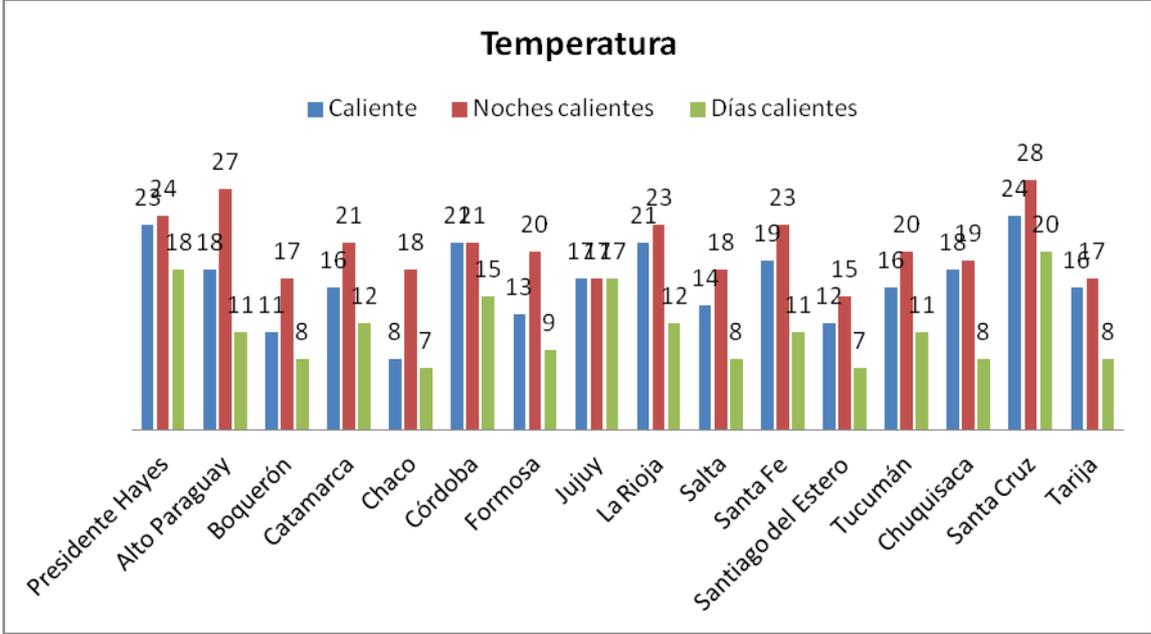
Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales (INPE)

**Figura 72: Número de eventos extremos, déficit (P<p10) y excesos (P>p90) de precipitación por departamento y provincia para el periodo 2011-2040.**



Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales (INPE)

**Figura 73: Número de eventos extremos por departamento y provincia para el periodo 2011-2040.**



Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales (INPE)

Observación: Años calientes (temperatura media >p90), años con noches calientes (temperatura mínima media (P>p90) y años con días calientes (temperatura máxima media > p90).

Lo más resaltante del resumen de los eventos extremos es que existe un marcado incremento de años con noches calientes, lo que indica un marcado aumento de las temperaturas mínimas para el periodo 2011-2040.

Las sequías en combinación con las temperaturas elevadas extremas generan una situación con consecuencias negativas en el sistema productivo y la disponibilidad y acceso de agua por parte de la población. Para ello se han identificado las zonas con esas condiciones extremas visualizadas.

La figura 74 representa los departamentos y provincias del Gran Chaco más expuestas a los años calientes combinados con el déficit de precipitación, donde resalta que los departamentos de Alto Paraguay, Tarija y Córdoba muestran un escenario másdesfavorable.

En la figura 75 ilustran los eventos extremos definidos como exceso de precipitación estimados por departamentos y provincias, donde claramente se observa que Tarija y Boquerón son los que muestran un escenario de mayor exposición a exceso de precipitación.

Como se pudo observar en los mapas de exposición que en ambos casos el departamento de Tarija es impactado por déficit y excesos de precipitación, esto denota la gran variabilidad que se presenta en dicho departamento para los escenarios futuros.

En cuanto a temperaturas extremas elevadas y sequías extremas vemos que los eventos son más generalizados para toda la región, con números más frecuentes en el área suroeste de la región, contemplando las provincias argentinas de Santiago del Estero, Córdoba, La Rioja, Salta, Tucumán y el departamento boliviano de Tarija y el área noreste de la región, abarcando la totalidad del área de Paraguay, Alto Paraguay, Boquerón y Presidente Hayes.

Figura 74: Eventos extremos. Déficit de precipitación y altas temperaturas

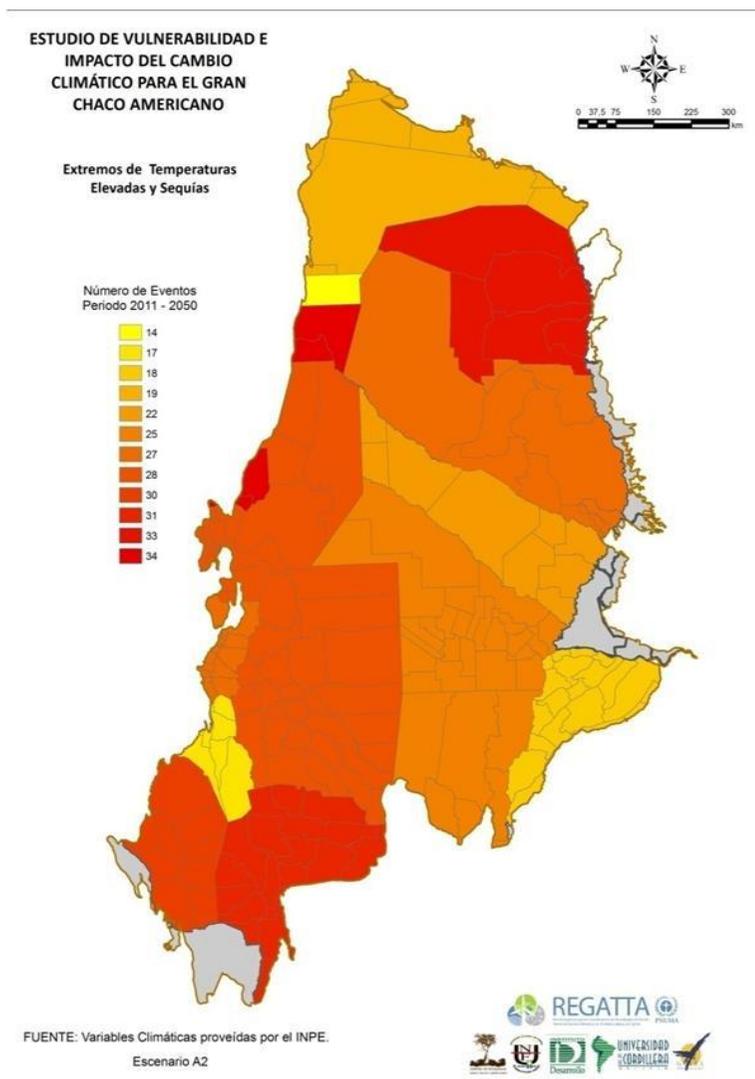
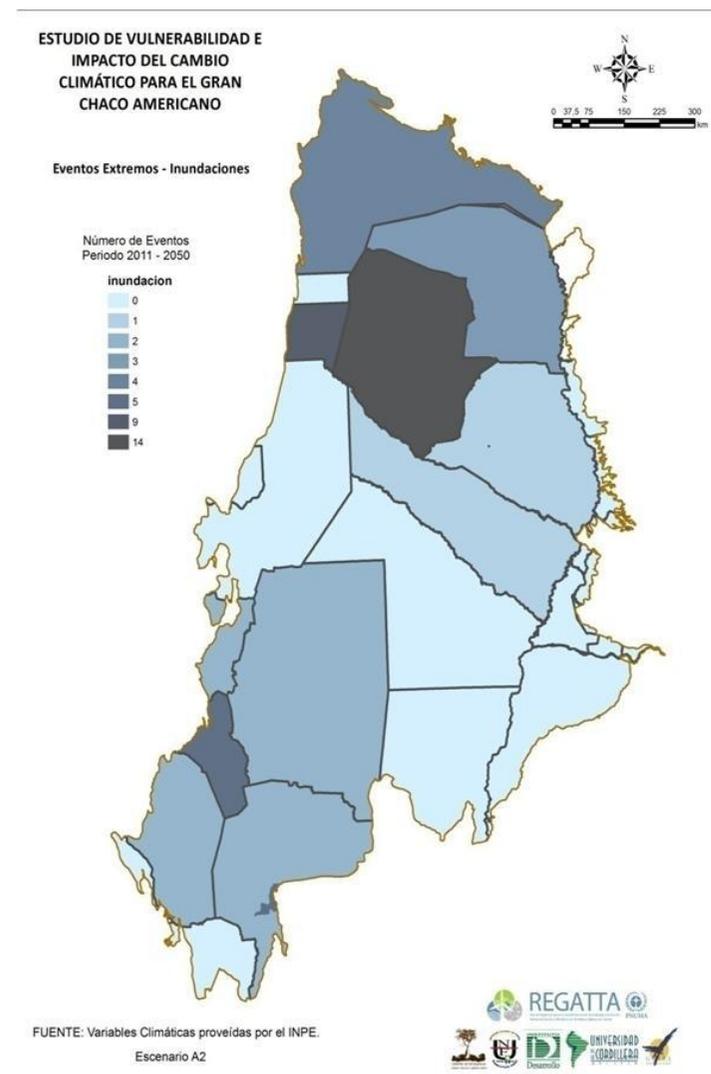


Figura 75: Eventos extremos. Excesos de precipitación



### 2.13 Consideraciones generales

Las proyecciones del clima para el 2040 en el Gran Chaco, considerando el escenario A2, se pueden resumir de la siguiente manera: Un aumento marcado y significativo de la temperatura media anual en todo el Gran Chaco, con incrementos comprendidos entre 0,63°C en Salta, Argentina y 1,18°C en Alto Paraguay, Paraguay, respectivamente, en relación con el periodo 1961-1990. Las precipitaciones muestran que para todas las provincias y departamentos analizados el incremento es predominantemente positivo, pero significativos solo en Alto Paraguay, Boquerón y Santa Cruz. En Jujuy y Salta se observa una disminución de la precipitación anual, aunque solo significativa en la primera.

El análisis estacional permite concluir lo siguiente;

- La temperatura media estacional muestra que en el invierno (JJA) el incremento es positivo con valores bastante homogéneos comprendidos entre 1,08 a 1,68°C en Santa Fe y Jujuy. En primavera (SON) los incrementos se encuentran comprendidos entre 0,03 y 1,75°C, en la Rioja y Santa Cruz, respectivamente, este último, con el máximo incremento observado. En el otoño (MAM) los valores están comprendidos entre 0,14 y 1,20°C, en Jujuy y Alto Paraguay, respectivamente. En el verano (DEF) se observa algunas tendencias negativas comprendidas entre -0,3 y -0,09°C, en Tarija y Chuquisaca, así como también en Jujuy y Salta con -0,23 y -0,26°C, respectivamente. En el resto del Gran Chaco las tendencias son positivas, con valores que van desde 0,19 a 0,98°C, en Tucumán y Presidente Hayes, respectivamente.
- Las precipitaciones estacionales muestran que para todas las provincias y departamentos analizados hay un predominio de disminución de la precipitación en el verano (DEF) y primavera (SON). En el primero las disminuciones están comprendidas entre 1%-18% en Tucumán y Córdoba respectivamente, y el segundo entre 1%-10% en Tucumán y Boquerón, respectivamente. En invierno se observa un marcado aumento con incrementos que van desde 41% a 115% en Presidente Hayes y Córdoba, respectivamente. En el otoño la situación se muestra más variada, con disminución e incrementos del mismo rango (19%).
- En lo referente a los eventos extremos, se observa que hay una tendencia marcada a eventos extremos por exceso (superiores al percentil 90) con respecto a los percentiles del periodo 1961-1990. Esto es más evidente en la temperatura, donde para cada década el número se va incrementando, especialmente para la temperatura mínima media donde los eventos extremos superiores son los más elevados, observándose entre 12 y 25 eventos que superaron el percentil 90. En cuanto a la precipitación se observa que no todas los departamentos/provincias tienen un incremento de eventos extremos.

**Análisis de sensibilidad**

**Análisis de Sensibilidad de Recursos Hídricos**

**Análisis de Sensibilidad Agropecuario**

### 3.1 Análisis de Sensibilidad de Recursos Hídricos

Como se describió anteriormente, la hidrografía particular del Gran Chaco Americano condiciona el escurrimiento de las aguas superficiales, creando los denominados abanicos, tales como las cuencas hidrográficas afluentes del río Paraguay y la cuenca endorreica de Mar Chiquita. Por este motivo, se ha dado en definir la unidad de análisis como Unidades Hídricas (UH). Figura 76

Estas unidades a su vez se han subdividido por el límite entre el Chaco Seco y el Chaco Húmedo; y se han considerado las cabeceras o cuencas hídricas en la zona alta, para tener el volumen total de recursos hídricos renovables producidos que llegan al lugar de estudio (internos y externos) y no solamente los recursos internos. Como resultado se tienen las siguientes unidades con su respectiva superficie y ubicación: Chaco Húmedo, Chaco Seco y Exterior (generalmente las cabeceras, en algunos casos, hay partes de las cabeceras que están en el Chaco Seco).

Por lo tanto, el área analizada ocupa 1.428.040 km<sup>2</sup> de extensión como se ilustra en la Tabla 19, de las cuales 1.060.825 km<sup>2</sup> corresponden al Gran Chaco Americano propiamente dicho y los restantes 367.216 km<sup>2</sup> son cabeceras ubicadas en el exterior, en Argentina y Bolivia.

**Tabla 19: Superficies Chaco Seco, Chaco Húmedo y Exterior**

Ubicación	Superficie (km <sup>2</sup> )	Porcentaje
Chaco Húmedo	293.969	28%
Chaco Seco	766.856	72%
<b>Gran Chaco Americano</b>	<b>1.060.825</b>	
Exterior	367.216	
Total Unidades Hídricas	<b>1.428.040</b>	

Fuente. Elaboración propia, en base a datos cartográficos

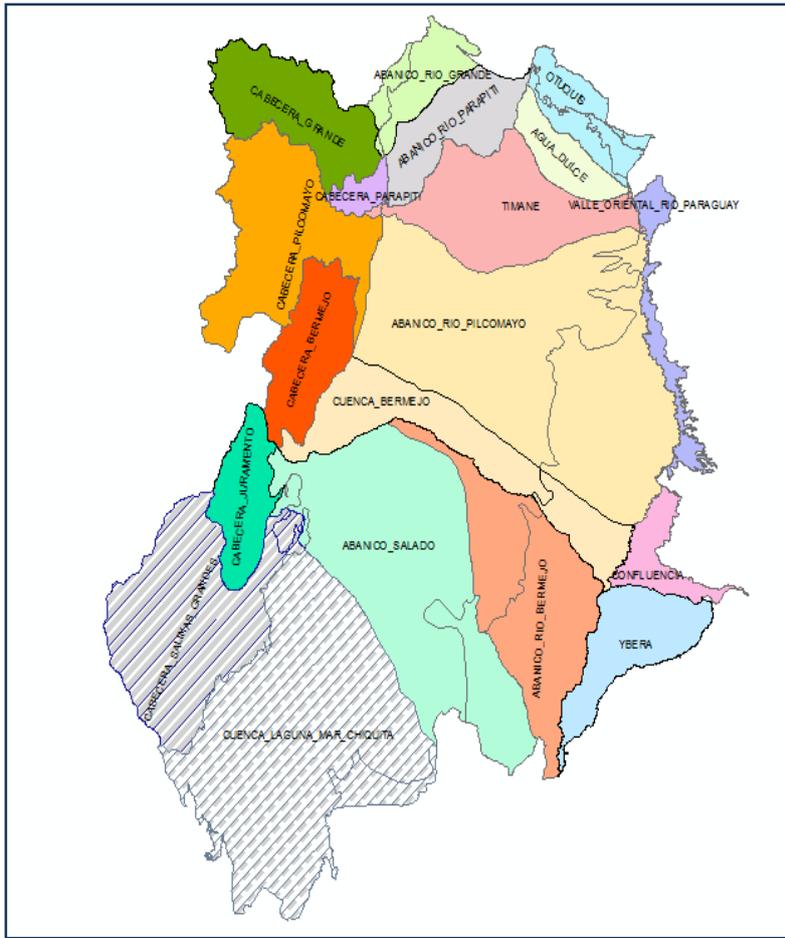
Desde el punto de vista de las grandes cuencas hidrográficas del continente (Tabla 20), el Gran Chaco Americano cuenta con dos abanicos aluviales al noroeste que pertenecen a la gran cuenca del Amazonas, que son los ríos Grande y Parapetí. Otras cuencas al norte que llegan directamente al río Paraguay: Otuquis, Agua Dulce y Timane, así como los otros abanicos que también forman parte de la gran cuenca del Plata: Pilcomayo, Bermejo y Salado y al sur la cuenca endorreica o cerrada de la Laguna Mar Chiquita, la cual por definición no pertenece a ninguna de las anteriores cuencas.

**Tabla 20. Distribución de la Superficie por Cuencas**

CUENCA	Solamente el Gran Chaco		Gran Chaco y cabeceras	
	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Porcentaje	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Porcentaje
Cuenca del Amazonas	64.027	6%	137.852	10%
Cuenca del Plata	784.564	74%	971.729	68%
Cuenca Endorreica	212.234	20%	318.460	22%
<b>Total</b>	<b>1.060.825</b>	<b>100%</b>	<b>1.428.040</b>	<b>100%</b>

Fuente. Elaboración propia, en base a datos cartográficos

#### Figura 76: Ubicación de las Unidades Hídricas



Fuente. Elaboración propia, en base a datos cartográficos

### 3.1.1 Metodología

La información fue recopilada, procesada y organizada siguiendo los pasos del análisis de vulnerabilidad. Para ello, con las variables climáticas de temperatura y precipitación se realizaron los análisis que permitieron conocer las variables sectoriales de escorrentía, volumen, y con los datos de población y producción agropecuaria, se obtuvieron los valores de disponibilidad per cápita, la demanda total esperada y el índice de escasez hídrica.

Debido a la geomorfología del Chaco, se ha decidido denominar el área de análisis como unidad hídrica, para no entrar en conflicto con las definiciones de cuencas y abanicos. En primer lugar se utilizaron estudios existentes que delimitan y mencionaban las distintas unidades hídricas, información que tuvo que ser nuevamente digitalizada y geo-referenciada por no contar con los archivos originales en formato digital. Se tomaron las imágenes de la NASA, del SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) de la zona del Gran Chaco Americano y las cabeceras de los ríos (aproximadamente 180 imágenes), y por medio del Global Mapper se generaron las curvas de nivel, a fin de delimitar los abanicos aluviales y las cuencas. Esta información fue corroborada con la bibliografía disponible.

En estudios anteriores (Scioli, 1974, e Iriondo, 1993), en la definición de los cinco abanicos aluviales del Chaco, se incluyeron cuencas afluentes al río Paraguay dentro del abanico del Parapití o Parapetí (las dos formas son válidas). Por lo tanto, se redefinieron los límites de los abanicos, porque la cuenca del río Otuquis (en Bolivia) o río Negro (en Paraguay) escurre

directamente en el río Paraguay, sin tener ningún abanico. Otro caso es el de la cuenca denominada Agua Dulce, la cual tiene cauces intermitentes o fantasmas en paralelo, pero que por cuestiones geomorfológicas no responde a un abanico propiamente dicho, (o debiera ser definido por separado de los otros). Se debe considerar también la cuenca del río Timane en Bolivia y el denominado río Lagerenza en Paraguay, cuyos límites son pocos claros y se deberían realizar estudios más detallados para definir los mismos. Otro tanto ocurre con los límites de los abanicos, es decir, que a diferencia de las cuencas hidrográficas de montaña en las cuales las divisorias de aguas son de fácil delimitación, acá los desniveles muy pequeños hacen que los límites no sean claros.

Una vez definidas las unidades hídricas y sus subdivisiones: Cabecera (o Exterior), Chaco Seco y Chaco Húmedo, se procedió a generar la información climática de temperatura y precipitación media anual por unidad hídrica.

La línea base es de 30 años (1961-1990) y corresponde a un periodo de referencia en el cual se comparan los datos observados con los datos del modelo, generados por la Universidad de East Anglia, con el nombre de "ClimateResearchUnit" (CRU). Las variables climáticas utilizadas para definir la sensibilidad hídrica provienen de la misma fuente que el análisis realizado de la exposición y para la generación de los escenarios.

La Organización Mundial de Meteorología (OMM) recomienda un periodo de 30 años para una línea base; otra razón interesante es que este periodo corresponde a las tres décadas antes de Río-1992, momento en el cual se inicia el monitoreo del cambio climático de manera consciente, no como un análisis al pasado, sino en tiempo real.

Posteriormente se analizan las variables de temperatura y precipitación para las décadas 2001-2010 (que sería el periodo "actual"), y las siguientes décadas a fin de tener un promedio de diez años y no un único año de corte. Las décadas son: 2011-2020, 2021-2030 y 2031-2040.

Para la población se toma el valor del último año del periodo en estudio (2010, 2020, 2030, 2040 y 2050), es decir, no se considera un valor promedio de la población.

### **3.1.1.1 Variables Sectoriales**

Aun cuando existen varios programas para aplicar modelos hidrológicos, uno de los insumos fundamentales son los datos de las estaciones de control. Básicamente, las mediciones de caudal o de nivel en los ríos con una curva llave, un registro de un periodo considerable mínimo de 20 a 30 años, y estaciones meteorológicas con datos de precipitación y temperatura, a fin de calibrar los parámetros de los modelos. Otros requerimientos en los modelos son los datos de tipo de suelo, uso de suelo, consumo de agua por parte de la población y en otras actividades. Estos datos no se encuentran disponibles, porque en algunos casos no existen y en otros no están sistematizados.

Ante la falta de datos, se utilizó la ecuación del Balance Hídrico Superficial Simplificado, ampliamente utilizada por la UNESCO como primera aproximación para los estudios de disponibilidad. Esto permite conocer la escorrentía utilizando un método de evapotranspiración. En este caso, se tomó la evapotranspiración por el método de Turc, la cual se aplica para estratos tales como bosques, matorrales y pastizales u otro tipo de vegetación. Mientras que por ejemplo la fórmula de Blaney-Criddle se aplica para las zonas de cultivos y viene afectada por un coeficiente en función al producto. (Manual IMTA)

La información sobre los acuíferos es más dispersa, pero no por ello menos importante. De hecho, muchos lugares del Gran Chaco obtienen su suministro de los acuíferos. Sin embargo, tampoco se realiza un análisis de esta situación por la falta de información. En el balance

simplificado se asume que estas variaciones anuales se equilibran entre los ingresos y las salidas.

Por lo tanto, con la evapotranspiración calculada (Turc), se tiene el valor de la escorrentía (mm/año), la cual multiplicada por la superficie arroja los datos de volumen producido por la unidad hídrica que indica la disponibilidad neta de los recursos hídricos (km<sup>3</sup>/año). Al dividir esta cifra por la población se tiene la disponibilidad hídrica per cápita (m<sup>3</sup>/hab/año).

Estas variables sectoriales dependen principalmente de dos factores: las variables climáticas y el crecimiento de la población. Posteriormente se suma al análisis la actividad productiva pecuaria y agrícola para obtener una demanda teórica, la cual se relaciona con la oferta (volumen hídrico) y se tiene un índice de escasez hídrica.

### 3.1.1.2 Balance Hídrico

En el ciclo hidrológico existe el principio de conservación de masa; es decir, un equilibrio entre las entradas, las salidas y las variaciones dentro del sistema considerado. Las relaciones para representar este equilibrio constituyen la formulación de los balances hidrológicos. El balance hídrico completo incluye la variación del almacenamiento del escurrimiento superficial, de infiltración o sub-superficial y de escurrimiento subterráneo; los cuales se simplifican por dos razones, la principal es la falta de información y monitoreo de las variables para estimarlas y la segunda es cuando se hace un balance de varios años, como en este caso, se considera que las variaciones a lo largo del tiempo se compensan.

En el método simplificado, la ecuación se resume de la siguiente manera:

$$P = ETR + RO \pm n$$

Donde P es la precipitación media anual (o multianual en este estudio), ETR es la evapotranspiración real media anual, RO es la escorrentía media anual, por sus siglas en inglés (run off). Todas las variables son expresadas en milímetros y n es un término residual de discrepancia, de error de medición o de estimación, que para este estudio no puede ser determinado con los datos disponibles.

Como no existe un registro de evaporación y menos aún de evapotranspiración, se aplica una fórmula empírica para la determinación de la misma. En este caso se utiliza la fórmula de Turc, la cual depende solamente de la temperatura y precipitación. Esta ecuación ha sido ampliamente utilizada por la UNESCO 1992 y por los estudios de CEPAL 2009, porque permiten una primera aproximación al volumen generado en un área de estudio.

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Donde:

$$L = 300 + 25\theta + 0,05\theta^3$$

$$\theta = \text{Temperatura\_media\_anual\_}^\circ\text{C}$$

Donde ETR es la evapotranspiración real media anual, P es la precipitación media anual, las dos variables anteriores en milímetros por año y L es un factor que depende de la Temperatura media anual en grados Centígrados. Estas variables son consideradas el promedio para cada periodo de estudio. Se recuerda que existen herramientas informáticas que permiten realizar balances más complejos, pero al no disponer de los datos, solamente se involucran más supuestos en un modelo generando mayor incertidumbre en los resultados. Mientras que este método analiza datos de precipitación y temperatura, sin otros supuestos que afecten el resultado.

### 3.1.1.3 Datos de Población para las Unidades hídricas

Los valores de población disponibles para el estudio corresponden a la población de cada distrito de los países afectados por el Gran Chaco Americano. Si bien en la realidad la densidad poblacional es normalmente variable en distintos sectores de cada distrito, para la distribución de población en el estudio actual se ha considerado que la densidad es constante en cada Unidad Administrativa (UA).

En los casos en los que un distrito en particular no se encuentre totalmente incluido en el área de estudio, con el objeto de obtener la cantidad de la población afectada se calculó la densidad de población para ese distrito y se obtuvo la cantidad de población afectada como el producto de la densidad por la superficie afectada de cada distrito.

De igual manera, para distribuir la población afectada de cada distrito con la intención de calcular la población para cada Unidad Hídrica (UH) se calculó la superficie correspondiente a cada polígono resultante de la intersección geográfica realizada y se asignó a cada polígono como valor de población el resultado de la multiplicación de su superficie por la densidad antes calculada para la UA a la que pertenece.

#### **3.1.1.4 Datos de Producción Ganadera para las Unidades Hídricas**

Para los análisis realizados con la producción ganadera se utilizó el mapa que contiene la información de las UH y UA y de uso de suelo. Para la estimación de la producción ganadera afectada en los casos de las UA que no estén totalmente incluidas en el Gran Chaco Americano se procedió de la misma manera que para la población.

Sin embargo, con el objeto de ajustar dentro de lo posible la distribución real de las cantidades de la producción ganadera afectada para los análisis relacionados con las UH, se realizaron otros cálculos adicionales atendiendo a que dependiendo del tipo de suelo apto para la producción ganadera la capacidad de carga de animales es diferente. Así, los distintos usos de suelo se clasificaron en las siguientes categorías para permitir este análisis. (*Ver Anexo VI: Uso de suelos del Gran Chaco agrupados en 10 categorías*)

Para el efecto, fueron considerados como aptos para la ganadería los suelos clasificados como “Pastizales”, “Matorrales y Sabanas” y “Campo Inundable” y en teoría, como máxima carga de ganado para cada uno de ellos se asumió: una cabeza de ganado cada 2, 3 y 4 Ha respectivamente.

Es muy importante tener en cuenta la diferencia de capacidad de carga al momento de hacer la distribución de la producción ganadera por UH, debido a que las mismas no están distribuidas equitativamente dentro de la UA. Pueden existir casos en los que el uso de suelo con mayor capacidad de carga de ganado de una UA se encuentre ubicado en un lugar específico de una UH, teniendo en este caso, mayor producción ganadera en este sector. En consecuencia, para la distribución proporcional de la producción ganadera de una UA específica, se calculó la cantidad teórica máxima de animales para cada UA, sumando las cantidades teóricas de ganado de cada polígono de la UA según el tipo de suelo apto para la ganadería; en función a la superficie y la capacidad de carga establecida para ese tipo de suelo.

De esta manera, con el valor de la cantidad teórica máxima de animales de una UA, se calculó el porcentaje de este total para cada uno de los polígonos de la UA con tipo de suelo apto para la ganadería, y con este porcentaje, se obtuvo la cantidad de producción ganadera que corresponde a cada polígono. Ante la falta de datos, y como para la producción ganadera se requieren pastizales, se dificulta establecer no solo el consumo sino los requerimientos de agua para esta actividad. Por lo tanto, se utiliza el concepto de agua virtual, según el cual, para la producción de 1 kilo de ganado se requiere 16.000 litros de agua.

Para una animal de 250 kilos, la extracción se realiza a los 2,5 años y se tiene un requerimiento de 4000 m<sup>3</sup> por animal (16.000 litros/kilo x 250 kilos/cabeza) y un requerimiento anual de 4000 m<sup>3</sup> en 2,5 años = 1.600 m<sup>3</sup>/cab/año.

Para animales de 300 kilos, la extracción se realiza aproximadamente los 3.0 años, con un requerimiento de 4.800 m<sup>3</sup> por animal durante su vida y 1.600 m<sup>3</sup>/año/cabeza.

En los casos de engorde intensivo, con animales que alcanzan 350 kilos en 3 años o menos se tiene una necesidad de 5.600 m<sup>3</sup> de agua por animal, y 1.860 m<sup>3</sup>/cabeza/año. Para este estudio se tomó el valor de 1.600 m<sup>3</sup>/cab/año.

### **3.1.1.5 Datos de Producción Agrícola para las Unidades Hídricas**

A diferencia de los datos de población en el que los valores disponibles correspondían a los distritos, en el caso de la producción agrícola los valores disponibles corresponden a la producción del departamento o provincia.

Para los análisis realizados con la producción agrícola, además del mapa utilizado para el análisis de la población, se contó con un mapa de uso de suelo restringido a la extensión del GCA en el cual se especifica geográficamente las superficies de uso agrícola, entre otros. Con esta información adicional, se obtuvo un mapa con polígonos que además de la información de las UH, UA y GCA, también disponen de la información del uso del suelo.

Como el mapa de uso de suelo no incluye información fuera de los límites del GCA, para el cálculo de la producción afectada en los casos de las UA que no están totalmente incluidas dentro del GCA, se asumió el mismo criterio utilizado para el cálculo de la población afectada, y se asignó proporcionalmente las cantidades de producción afectadas en función a la relación entre el superficie de la UA incluida en el GCA y la superficie total de la UA correspondiente.

Para los resúmenes de producción agrícola por UH, los valores de la producción agrícola afectada de la UA, a su vez, fueron distribuidos proporcionalmente en cada polígono cuyo uso de suelo corresponde al uso agrícola, tomando para el efecto la relación entre la superficie del polígono en cuestión y la superficie agrícola afectada total de la UA correspondiente.

### **3.1.1.6 Índice de Escasez Hídrica según la Disponibilidad per Cápita**

Como se indicó anteriormente, los valores de disponibilidad per cápita, no tienen en cuenta los otros requerimientos de agua, entre los cuales se encuentran los bienes producidos. Esto es particularmente relevante en una región como el Gran Chaco Americano, con una densidad poblacional baja y con una alta producción de bienes agropecuarios que son destinados en su mayoría a la exportación fuera del área de estudio.

Los diferentes usos del agua incluyen no solamente los consumos humanos y agropecuarios, sino además el agua para los ecosistemas. Para este análisis, al no contar con datos de origen de la zona, se ha considerado el concepto de agua virtual de los productos agropecuarios y se suma a un consumo doméstico estimado.

El concepto de agua virtual fue introducido por J.A. Allan, como "*el agua que contienen los productos*", por lo tanto, el agua virtual de un producto está definido como el volumen de agua utilizado para fabricar el producto, medido en el lugar donde el producto ha sido producido, y hace referencia a la suma de los distintos usos de agua en las distintas etapas de la cadena de producción.

El agua virtual de ganado ha sido calculada como 15 a 16 m<sup>3</sup> de agua por kilo de carne producido o como 4.000 m<sup>3</sup> de agua por cabeza de ganado. Lo cual es coherente con el peso promedio del animal faenado, entre 250 y 275 kilos/cabeza. La tasa de extracción considerada

es de 2.5, que es el tiempo que requiere un animal para alcanzar el peso deseado. (Fuente: FAO, 1997. Publicado en el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos - WWDR, 2003).

En el caso de los productos agrícolas se tiene por ejemplo que para un kilo de trigo se requieren 1.000 litros de agua, es decir un metro cúbico, para un kilo de maíz 900 litros, en el caso de las oleaginosas se alcanzan valores de 2 m<sup>3</sup>/kilo. Para este análisis se ha considerado el valor menor, de 1 m<sup>3</sup>/kilo de bien o 1000 m<sup>3</sup>/tonelada.

Este análisis se ha concentrado en los principales bienes producidos, no pretende abarcar todos los productos agropecuarios, por lo tanto no se incluye ganado porcino, caprino, producción lechera, ni otros bienes.

Para medir el impacto del agua que consumimos, en el año 2002, ArjenHoekstra definió el término de huella hídrica, como un indicador de los usos directos e indirectos del agua.

Así es como la huella hídrica de una región es igual al consumo doméstico, menos la exportaciones de agua virtual, más las importaciones de agua virtual. En el caso del Gran Chaco no es fácil realizar esta estimación, porque la región pertenece a tres países y se hace difícil definir el origen de las exportaciones por unidad administrativa, así como que porción de las importaciones están destinadas a cada departamento o provincia; para ello se requeriría de una recopilación detallada de información, con una probable fuga de datos.

Por lo tanto, se realiza una estimación del agua virtual de los bienes producidos en la región, de los cuales si se tiene información y las proyecciones a futuro, con base en estos datos, se calcula el índice de escasez.

Por lo tanto, se ha calculado el índice de escasez en función a dos variables:

- Primero, se calcula el índice de escasez en función a la población, tomando 1.700 m<sup>3</sup>/hab/año como el límite inferior necesario, a fin de verificar la disponibilidad hídrica para la población de la región.
- Segundo, se ha calculado el índice de escasez en función a la demanda, que incluye los requerimientos de la ganadería y la agricultura, considerando el agua virtual; y para la población un valor que incluye el consumo doméstico. El consumo industrial estaría indirectamente incluido en el agua virtual de los sectores primarios y en la estimación del consumo doméstico (se toman 300 litros/hab/día).

**Tabla 21. Agrupación en Rangos del Índice de escasez**

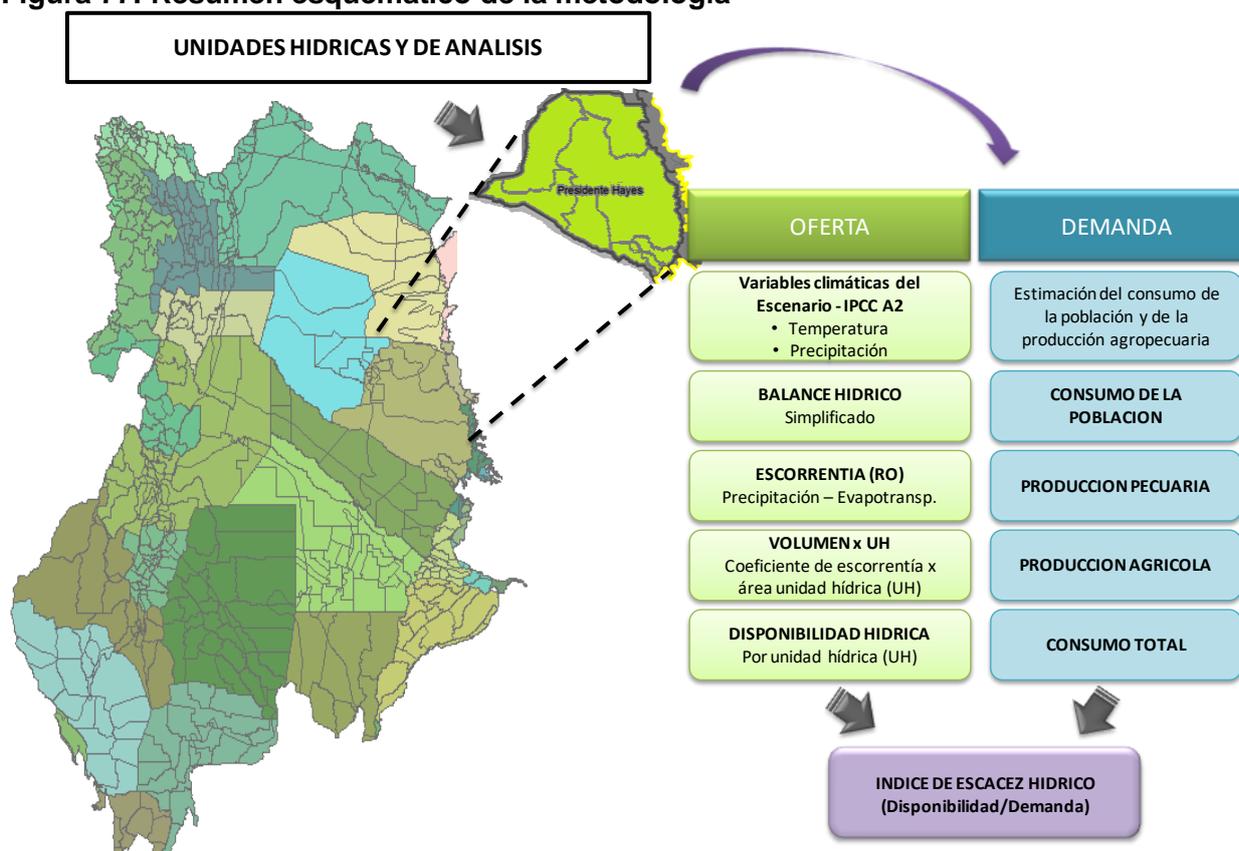
Rango	Bajo	< 10 %	1
	Moderado	10.1 % - 20.0 %	1.5
	Medio	20.1 % - 40.0 %	2
	Alto	40.1 %	3

**Tabla 22. Índice de escasez**

Categoría del índice de escasez	% de oferta hídrica utilizada	Explicación
<b>Alto</b>	>40.1 %	Existe fuerte presión sobre el recurso hídrico, denota una urgencia máxima para intervenir y controlar la oferta y demanda. Es insuficiente la oferta hídrica para atender la alta demanda de agua por los sectores productivos y se restringe el desarrollo económico. Se requieren fuertes inversiones económicas para mejorar la eficiencia en la utilización del agua en los sectores productivos y en los sistemas de abastecimiento de agua potable.
<b>Medio</b>	20.1 – 40.0 %	La oferta hídrica llega al límite máximo para atender en forma adecuada las demandas de agua. Es necesario el ordenamiento de la cuenca hidrográfica e implementar la corrección inmediata en las reglamentaciones de las corrientes y usos del agua. Es menester asignar prioridades a los distintos usos y prestar particular atención a los ecosistemas acuáticos para garantizar que reciban el aporte hídrico requerido para su existencia.
<b>Moderado</b>	10.1 – 20.0 %	La disponibilidad de agua se puede convertir en un factor limitador del desarrollo. Se debe implementar un mejor sistema de monitoreo y seguimiento del agua y desarrollar proyecciones del recurso hídrico a corto y largo plazo.
<b>Bajo</b>	< 10.0 %	No se experimentan presiones importantes en el recurso hídrico, en términos de cantidad de agua.

Fuente: Elaboración propia

**Figura 77: Resumen esquemático de la metodología**



Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2 Situación de la Línea Base

#### 3.1.2.1 Exposición

La exposición está definida por la temperatura y la precipitación. (Ver sección 4 correspondiente al Análisis de Exposición) Se toma como referencia el periodo de 1961-1990, que corresponde a la recomendación de la Organización Mundial de Meteorología (OMM), de tener un registro de 30 años. Adicionalmente este periodo es utilizado en muchos estudios del cambio climático como periodo de referencia y permiten tener el valor de tres décadas antes del compromiso de Rio 1992.

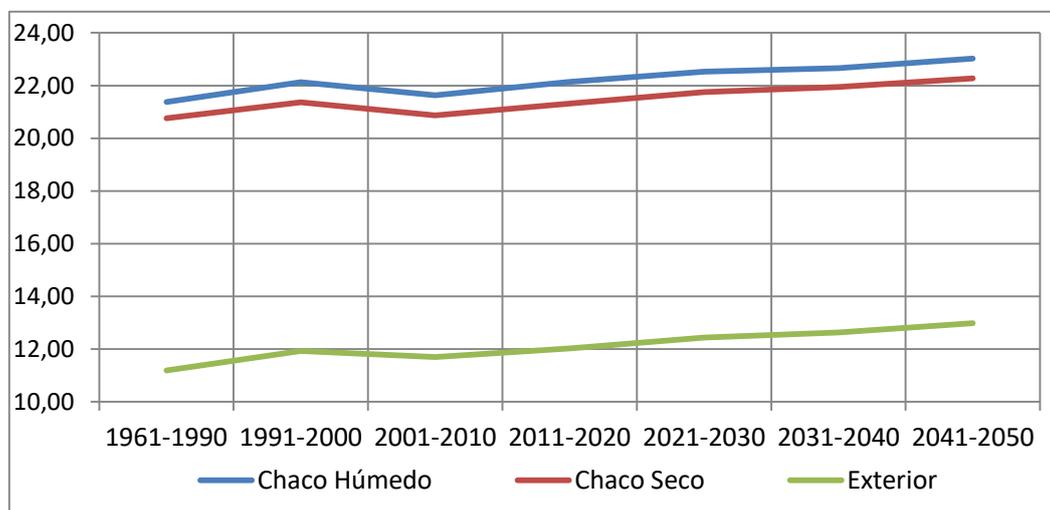
En general, el Chaco es conocido como una región de extremos, con frecuencia extensas áreas son afectadas por grandes inundaciones o en otros periodos por fuertes sequías.

#### 3.1.2.2 Temperatura promedio (°C)

Las temperaturas en verano superan los 40° C, mientras que en el sur y suroeste, en el invierno, se pueden llegar a temperaturas bajo los 0°C. En general, la temperatura es más elevada en el norte del Gran Chaco y va disminuyendo hacia el sur; la zona sub-andina y andina de las cabeceras tiene también temperaturas más bajas.

Las menores temperaturas del área de estudio se registran en las zonas más altas, en las cabeceras, fuera del Gran Chaco. Dentro del Chaco propiamente dicho, las menores temperaturas se registran en la zona alta de las Salinas Grandes, con un promedio anual de casi 15°C, y en la cuenca baja de la Laguna Mar Chiquita la temperatura promedio es de 17,4 °C; mientras que las temperaturas más elevadas se registran en el norte, en las cuencas de Otuquis, Agua Dulce y Timane con temperaturas promedio anuales que rondan los 25°C. Las áreas del centro presentan valores intermedios que aumentan de sur a norte. Figura 78

**Figura 78: Variación de la Temperatura**



Fuente: Elaboración propia con datos del INPE

Estos valores fueron obtenidos de los modelos descritos en la exposición climática: para la línea base el modelo CRU con los datos observados y para los escenarios el modelo HadRM3P.

### 3.1.2.3 Precipitación promedio (mm/año)

La lluvia es dentro del ciclo hidrológico del agua, la cantidad de agua que se precipita y permite conocer la disponibilidad neta o teórica antes que inicien los otros procesos del ciclo del agua, como son la infiltración, la evaporación, la escorrentía, la percolación y el propio consumo.

Se presentan los valores promedios espaciales por unidad hídrica y vale destacar que para los Abanicos Pilcomayo y Bermejo, el Chaco Húmedo y Seco se diferencian; mientras que en el caso de la cuenca del Bermejo, donde el cauce es continuo, no hay diferencia en la precipitación entre el Chaco Húmedo y Seco.

En el Abanico Pilcomayo, la diferencia para la Línea Base entre el Chaco Húmedo y Seco es de 160 mm, un 12%; en el caso del Abanico Bermejo, la diferencia es de 112 mm, equivalentes a casi 10%.

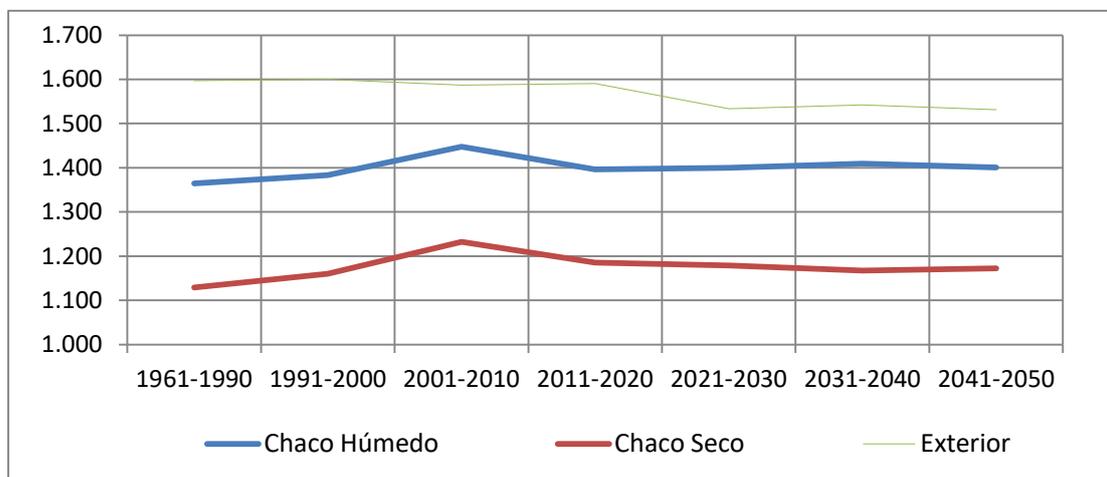
Haciendo un promedio ponderado por el área para las tres regiones de estudio, incluyendo las cabeceras, se tiene que la precipitación promedio de las cabeceras irá en disminución, mientras que las dos regiones del Chaco la precipitación tendrá un ligero aumento.

La diferencia en el Chaco es de aproximadamente 230 mm y entre el Exterior y el Chaco Seco disminuirá, aproximadamente 100 mm.

En el Gran Chaco se espera para la década de 2.041-2.050 un aumento en la precipitación, mientras que para el sur se espera una disminución de la precipitación. Lo cual según la densidad poblacional, hace que una zona con mayor densidad poblacional sea tenga menor disponibilidad que una zona menos poblada.

Al comparar los valores absolutos de la precipitación no se observan de manera clara las variaciones, por eso se realizaron los análisis considerando la variación porcentual de la precipitación. Figura 79

**Figura 79: Variación de la Precipitación**



Fuente: Elaboración propia con datos del INPE

#### **3.1.2.4 Sensibilidad al cambio climático**

Se definen las siguientes variables para la sensibilidad hídrica: la esorrentía – que es el valor neto de agua medido en mm/año-, el volumen – que es el valor producido por el área - y la disponibilidad teniendo en cuenta la población. También se incluye el coeficiente de esorrentía que refleja el porcentaje de agua que escurre con relación a la precipitación para cada periodo, para el Escenario A2.

#### **3.1.2.5 Esorrentía promedio (mm/año)**

La esorrentía, o *run off* en inglés, es la lámina de agua que escurre superficialmente sobre una cuenca o superficie de drenaje. En la ecuación del balance hídrico superficial simplificado equivale a la diferencia entre la precipitación menos las pérdidas por evapotranspiración. Se mide en milímetros/año al igual que la precipitación y la evapotranspiración.

La esorrentía muestra las zonas donde hay mayor agua disponible que no se evapora, es decir que las zonas de las cabeceras tienen mayor agua superficial, que las zonas bajas o el Chaco mismo. Figura 79

#### **3.1.2.6 Coeficiente de Esorrentía**

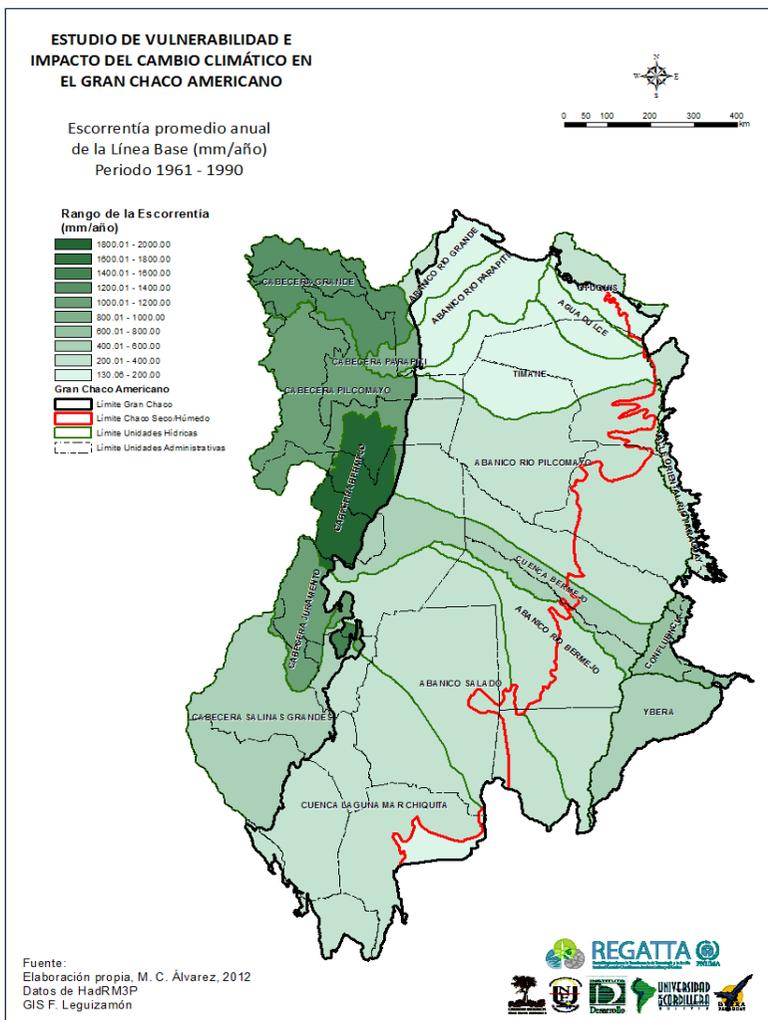
El coeficiente de esorrentía es la relación entre el agua que escurre superficialmente y la precipitación, este puede ser calculado por distintos métodos o tablas, y también como el cociente entre la esorrentía y la precipitación.

El coeficiente de esorrentía de una zona está dado en función al tipo de suelo, al uso de suelo, a la pendiente y otros factores como por ejemplo si el terreno se encuentra o no húmedo al inicio de la precipitación, así como a las elevadas temperaturas.

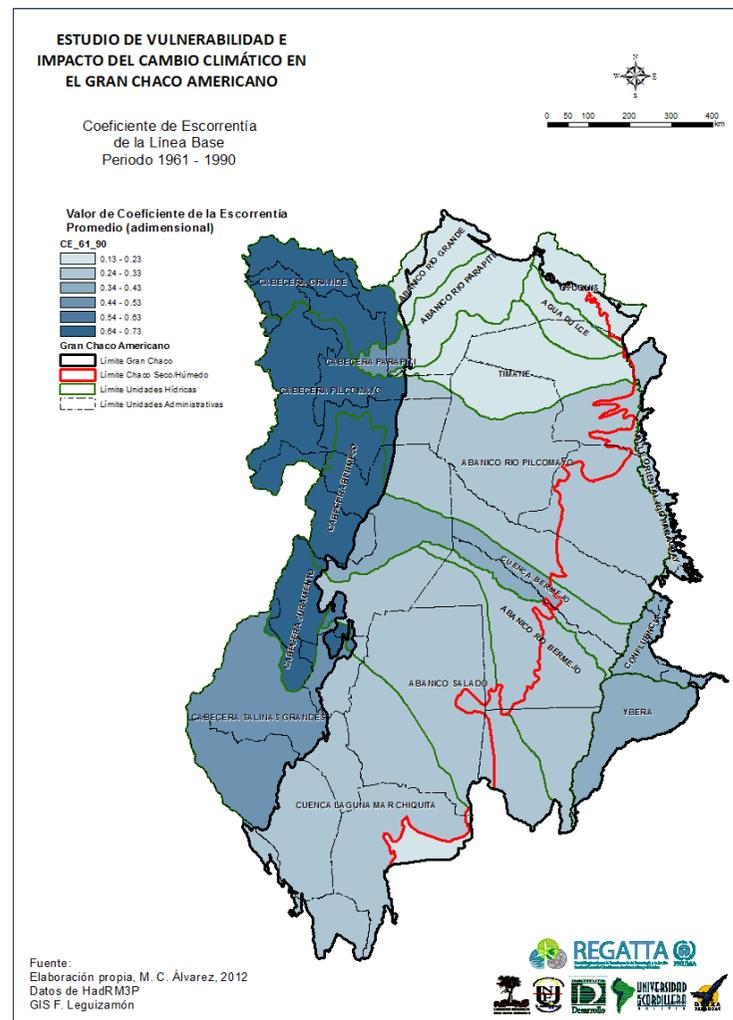
En el estudio se observa claramente como las cabeceras que tienen menor temperatura y por lo tanto menor evapotranspiración, pero también mayor pendiente y el tipo de suelo más arcilloso, tiene mayores coeficientes de esorrentía que la llanura chaqueña, donde la menor pendiente produce menos esorrentía, y adicionalmente las temperaturas son más elevadas y hay por consiguiente mayor evapotranspiración. Estas particularidades, como la topografía, están incluidas en los modelos de circulación regional que se utilizan para el downscaling.

El coeficiente de esorrentía en las cabeceras es superior al coeficiente de esorrentía en la llanura chaqueña. Este resultado refleja la realidad, porque en las cabeceras se tienen grandes pendientes que hacen que el agua tenga más velocidad, adicionalmente la zona subandina tiene lutitas, arcillitas y suelos más impermeables que los suelos cuaternarios y terciarios de la llanura chaqueña, otro factor que ayuda a que el escurrimiento sea mayor en las cabeceras. Figura 80.

**Figura 80: Escorrentía 1961- 1990. (mm)**



**Figura 81: Coeficiente de escorrentía 1961-1990**



### 3.1.2.7 Volumen anual (km<sup>3</sup>/año) y disponibilidad hídrica per cápita

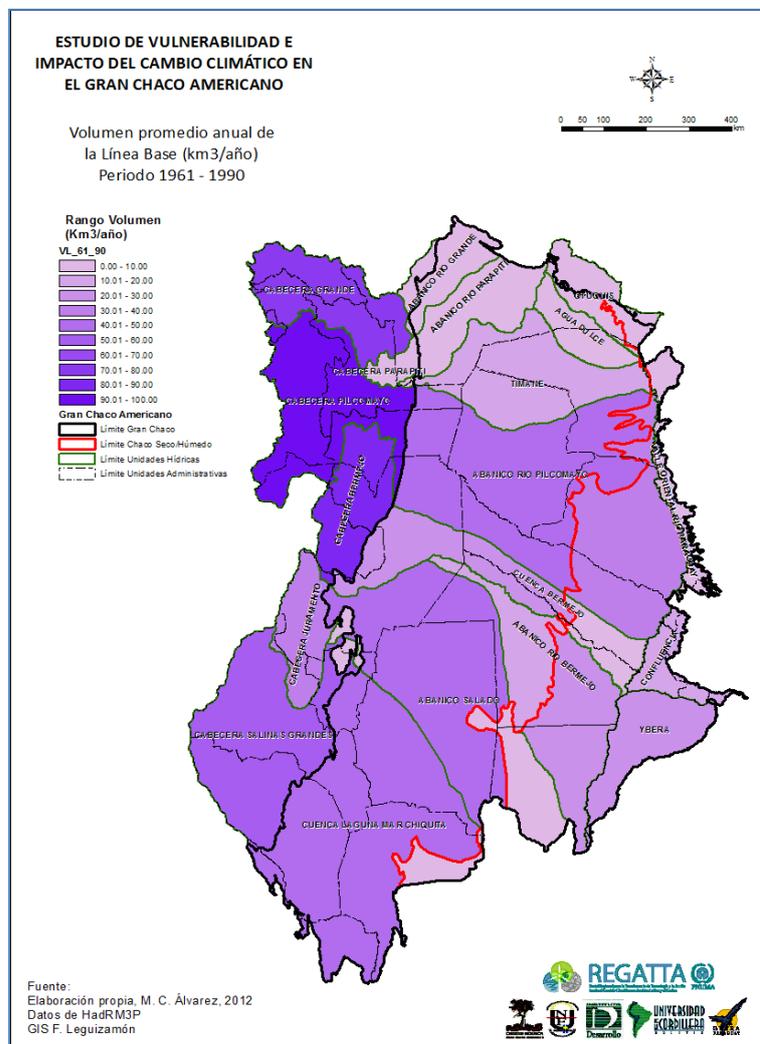
Es la cantidad de agua producida dentro de un sistema, como resultado de la escorrentía en una superficie, se mide en hm<sup>3</sup> o km<sup>3</sup>; es la disponibilidad neta o total de un área.

Por lo tanto, el volumen es el resultado de la superficie por la escorrentía y depende solamente de valores climáticos, es independiente de la población o las actividades productivas.

El volumen representa la disponibilidad hídrica neta en valores de km<sup>3</sup>, sirve para comparar regiones o por ejemplo, el volumen producido por diferentes países, así como el volumen total de diferentes periodos.

Para la Línea Base el volumen total producido dentro del Gran Chaco Americano es de 326 km<sup>3</sup>, mientras que para el periodo 2031-2040, se espera una reducción del 10% volumen, con lo cual el volumen será 295 km<sup>3</sup> (90%). Al comparar con la década que acaba de terminar, con mayor cantidad de recurso hídrico producido, de 377 km<sup>3</sup> (2001-2010), se tiene que el volumen hídrico para el 2040 será el 78% de la década pasada. Figura 82

**Figura 82: Volumen 1961-1990 (Km3)**



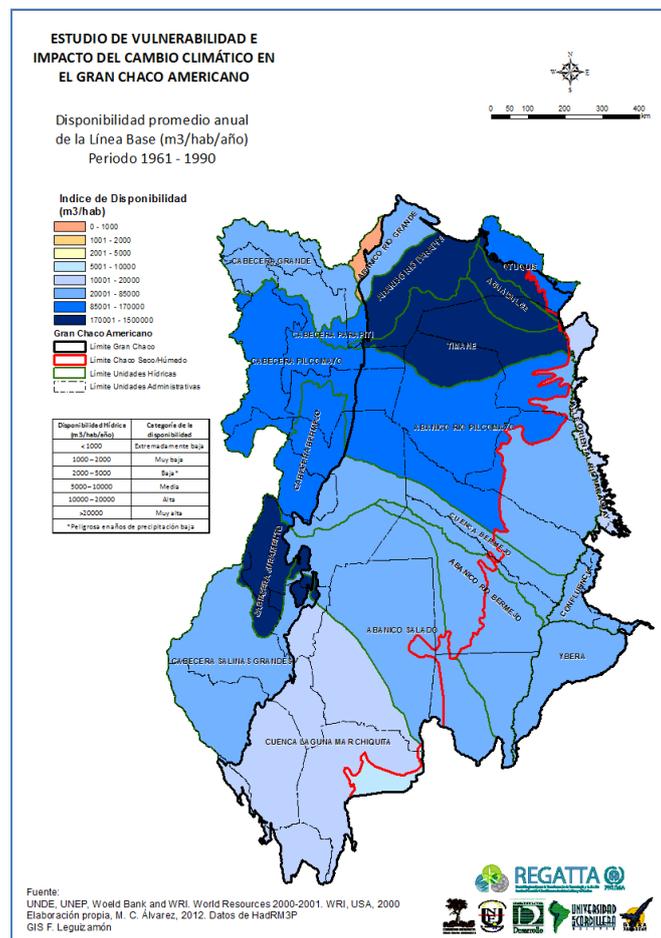
### 3.1.2.8 Disponibilidad Hídrica per cápita (m<sup>3</sup>/hab/año)

La disponibilidad hídrica per cápita se calcula considerando el volumen de agua producido en la Unidad Hídrica, dividido entre la población; por lo tanto en los lugares con baja densidad de población como ocurre en gran parte del Chaco, tienen una disponibilidad muy elevada, como en el departamento de Alto Paraguay o inclusive la cabecera del Salado; lo cual no reflejan realidades estacionales.

El Chaco como un todo, tiene una disponibilidad muy alta, con un promedio de un poco más de 240.000 m<sup>3</sup>/hab/año, para el volumen hídrico de la Línea Base (LB) y la población del año 2010.

La zona del abanico del río Grande tiene asignada la población del departamento de Santa Cruz, por eso aparenta ser una zona de alerta. El Timane y el Parapiti tienen disponibilidad de alrededor de un millón de m<sup>3</sup>/hab/año, debido a la poca población. Mientras que la cuenca de Mar Chiquita tiene una disponibilidad de 15.737 m<sup>3</sup>/hab/año. La cuenca de Mar Chiquita tiene alta densidad de población, por ello es menor la disponibilidad hídrica per cápita; además de tener menor precipitación

**Figura 83: Disponibilidad hídrica por UH (m<sup>3</sup>/hab/año)**



Al realizar este análisis para unidades administrativas menores, se tiene resultados que reflejan mejor como afecta la distribución de la población la disponibilidad per cápita (donde hay menos población hay más disponibilidad hídrica per cápita). Figura 83.

Figura 84: Población por Unidad Administrativa (habitantes)

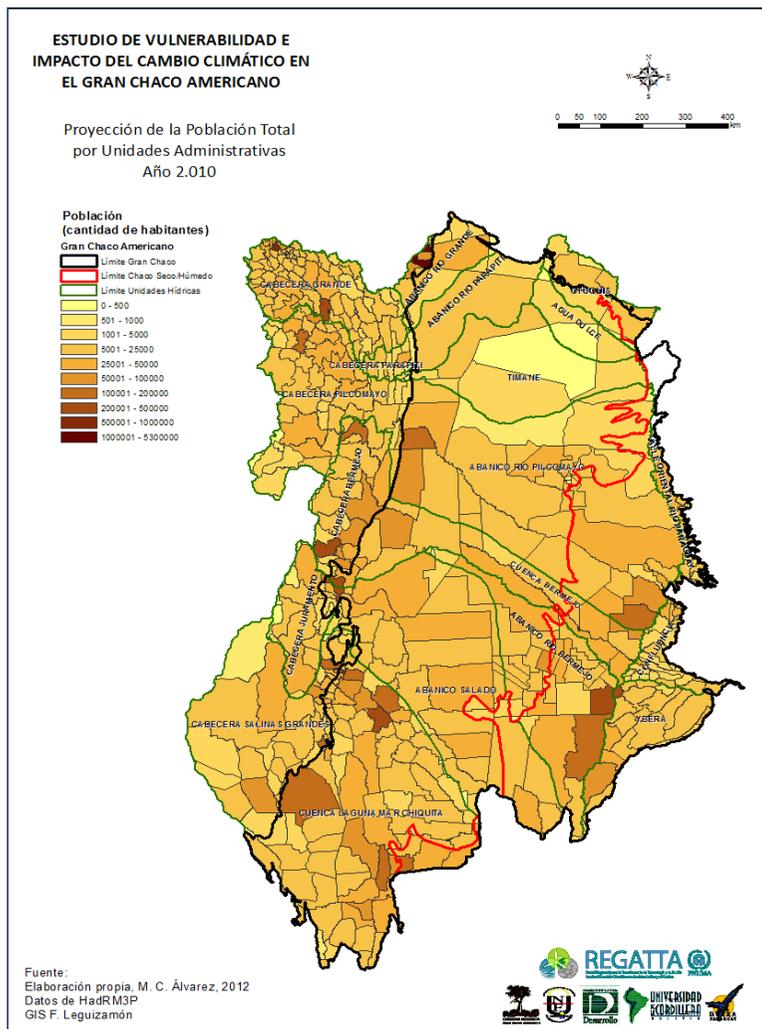
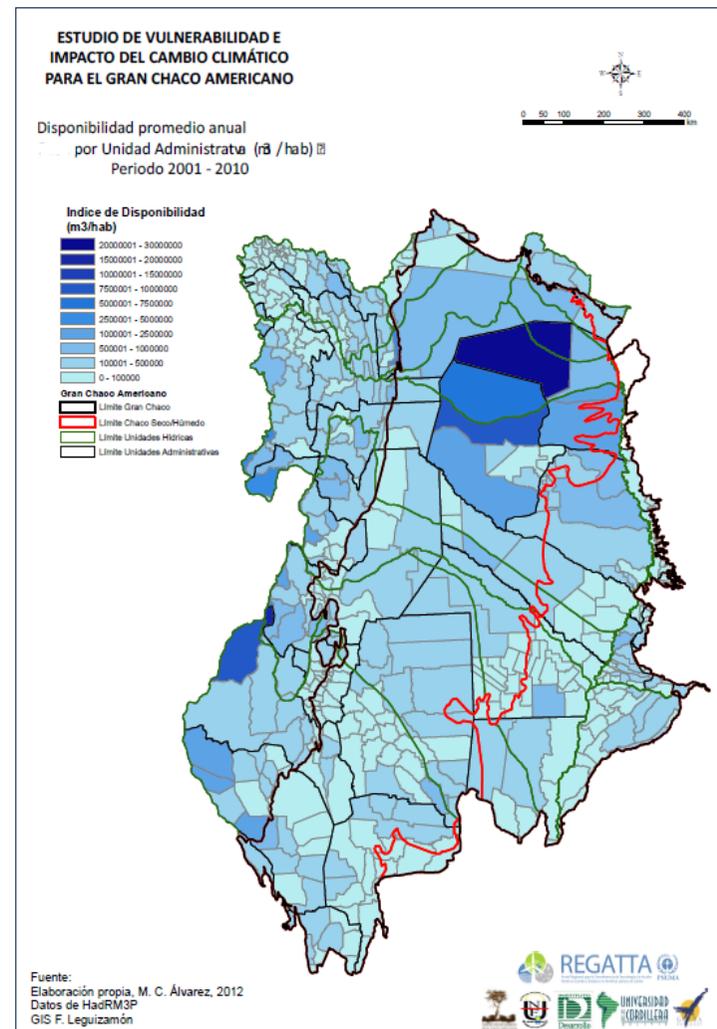


Figura 85: Disponibilidad Hídrica por UA (m<sup>3</sup>/hab/año)



### 3.1.3 Resultado por décadas de las unidades hídricas

#### 3.1.3.1 Década 2001-2010

Esta es la única década que presenta temperaturas menores a los promedios de la L.B. periodo 1961-1990. Estas ocurren principalmente en el Chaco Seco, en el centro y el sur. Sin embargo, la cuenca de las Salinas Grandes, de la Laguna Mar Chiquita disminuye 0,19 °C, mientras que las cabeceras del río Grande y del Pilcomayo incrementan 0,81 °C y 0,69 °C. Figura 85

Figura 86: Variación de la Temperatura 2001-2010 (%)

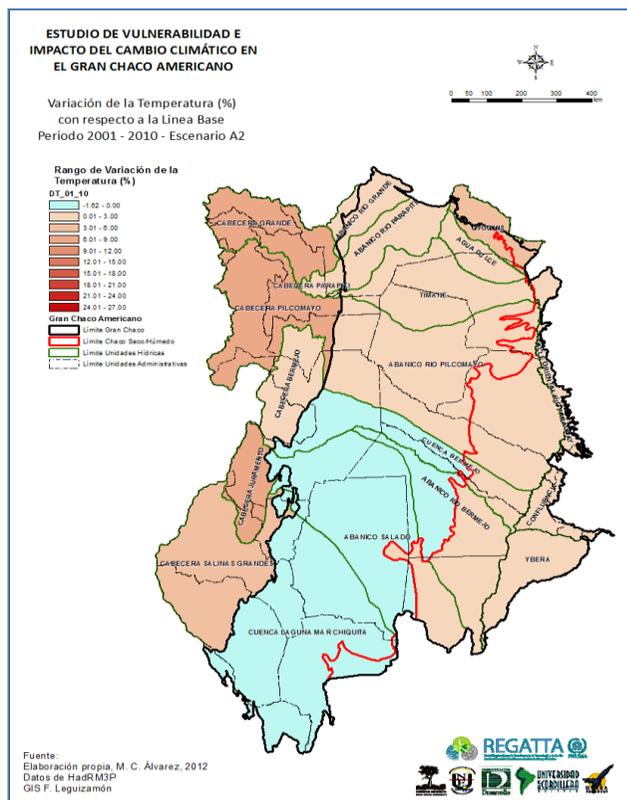
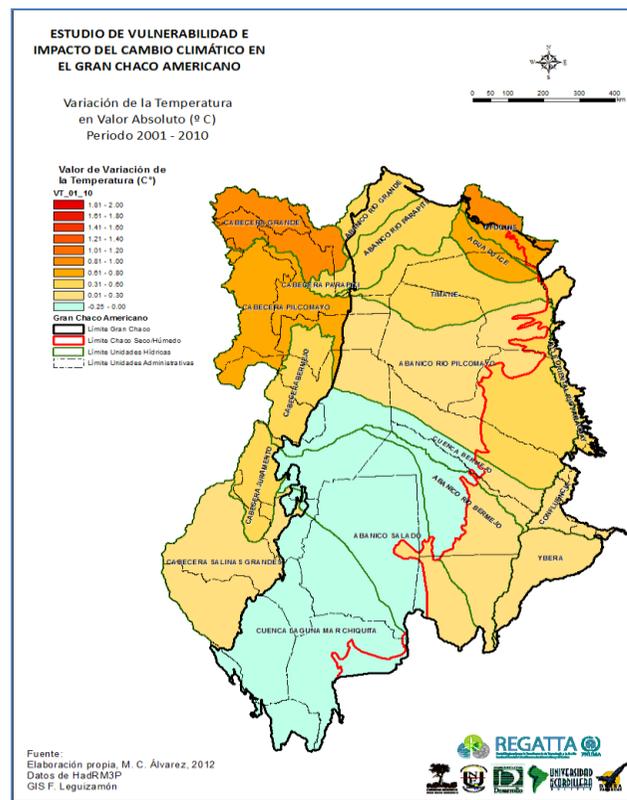
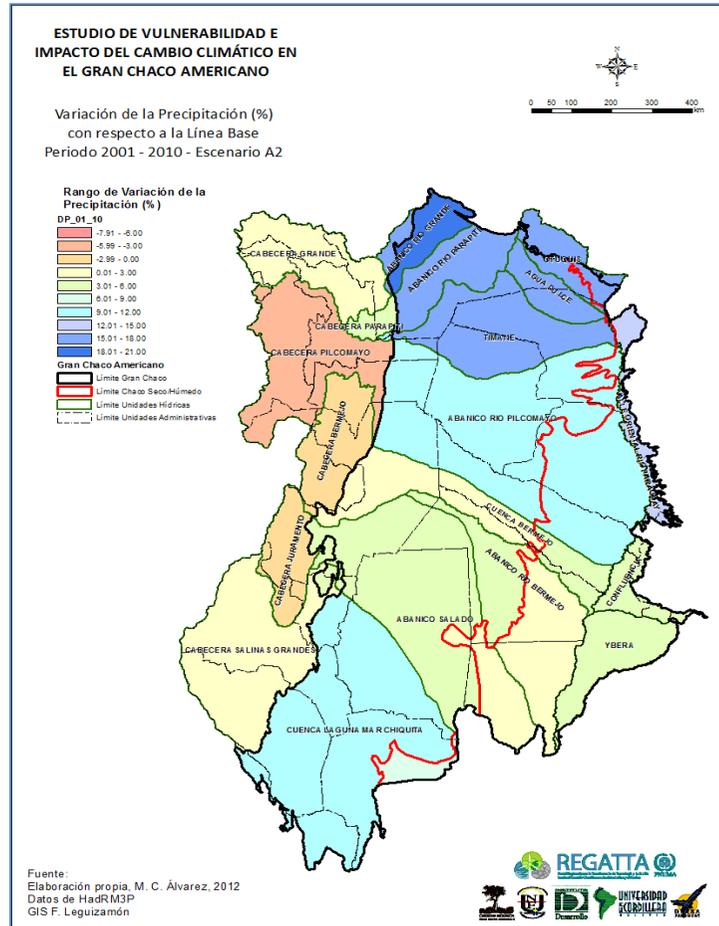


Figura 87: Variación de la Temperatura 2001-2010 (°C)

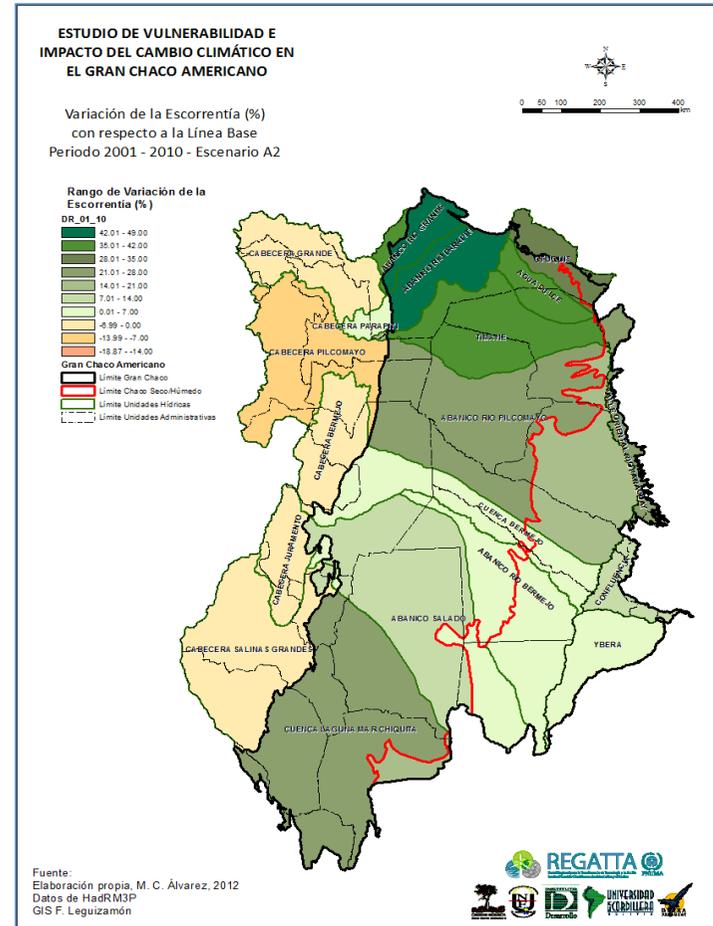


La precipitación por su parte incrementa entre el 10% y 18% al norte, y en Laguna Mar Chiquita llega a un 9% más que el periodo 1961-1990. Por otro lado, la precipitación disminuye ligeramente en las cabeceras del Pilcomayo, Bermejo y Juramento entre 3% y 1%. Las otras cabeceras prácticamente no tienen variaciones. (Figura 88)

**Figura 88: Variación de la Precipitación 2001-2010 (%)**



**Figura 89: Variación de la Escorrentía 2001-2010 (%)**



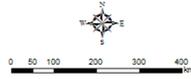
La escorrentía presenta por lo tanto un incremento promedio del orden del 20%, gracias a las bajas temperaturas y al aumento de lluvia. Mientras que en las cabeceras se observan menores escorrentías, producto de mayores temperaturas y menores precipitaciones. Figura 89

**Figura 90:Variación del Volumen 2001-2010 (%)**

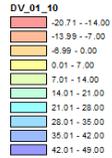
**Figura 91:Densidad Poblacional 2010 (hab/km<sup>2</sup>)**

**ESTUDIO DE VULNERABILIDAD E IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL GRAN CHACO AMERICANO**

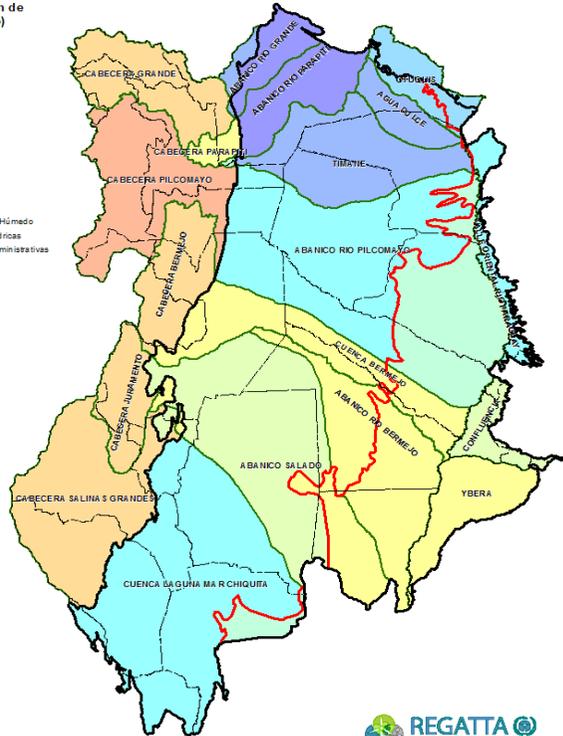
Variación del Volumen (%)  
con respecto a la Línea Base  
Período 2001 - 2010 - Escenario A2



**Rango de Variación de Volumen (Km3/año)**



**Gran Chaco Americano**  
 Límite Gran Chaco  
 Límite Chaco Seco/Húmedo  
 Límite Unidades Hidricas  
 Límite Unidades Administrativas

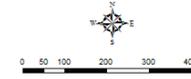


Fuente:  
Elaboración propia, M. C. Álvarez, 2012  
Datos de HadRM3P  
GIS F. Leguizamón

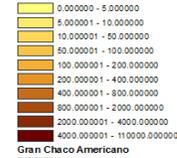


**ESTUDIO DE VULNERABILIDAD E IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL GRAN CHACO AMERICANO**

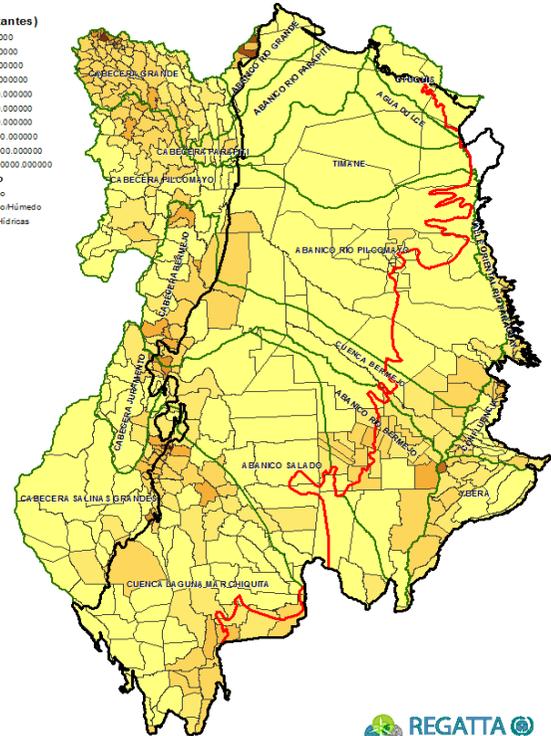
Densidad de la Población  
por Unidades Administrativas  
Año 2,010



**Población (cantidad de habitantes)**



**Gran Chaco Americano**  
 Límite Gran Chaco  
 Límite Chaco Seco/Húmedo  
 Límite Unidades Hidricas

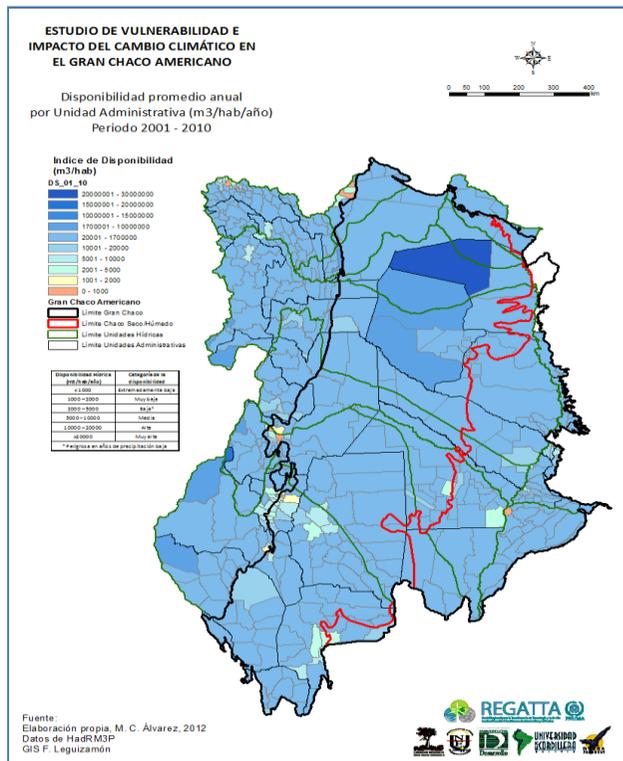


Fuente:  
Elaboración propia, M. C. Álvarez, 2012  
Datos de HadRM3P  
GIS F. Leguizamón

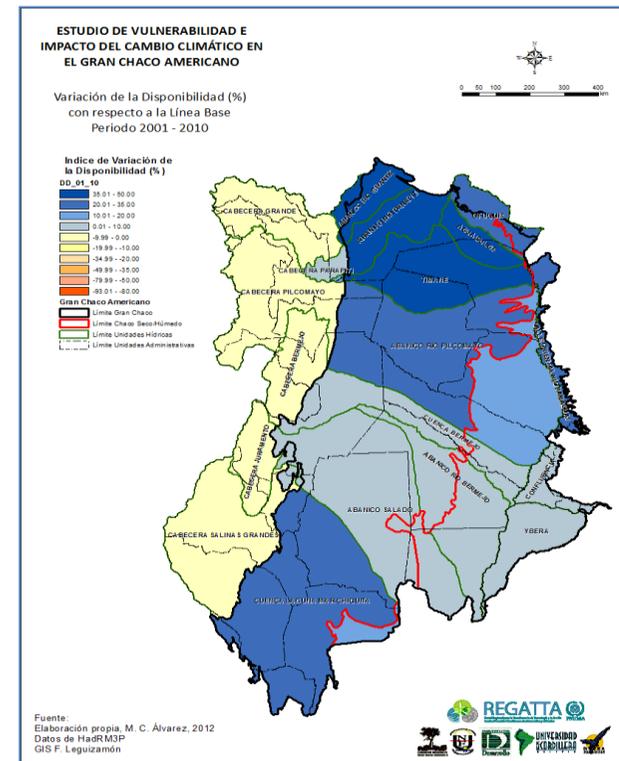


Como se mencionó, el Chaco debido a su baja densidad poblacional (Figura 91), tienen valores de disponibilidad per cápita que no reflejan la realidad (Figura 92 y 93), porque se refieren a áreas muy extensas que no representan el área de influencia de la población o los asentamientos. Por otro lado, ésta es una zona con una actividad productiva agropecuaria que requiere, sin lugar a dudas, de cantidades importantes de agua. No obstante, ante la falta de registros, se tomó en consideración el consumo de agua virtual para ganado y para agricultura. Esto permite tener una idea de las necesidades o demandas de agua, en función de la producción misma. La relación entre esta demanda total teórica que incluye el uso doméstico mínimo, con el volumen hídrico da como resultado el índice de escasez hídrica.

**Figura 92: Disponibilidad Hídrica 2001-2010 (m<sup>3</sup>/hab/año)**

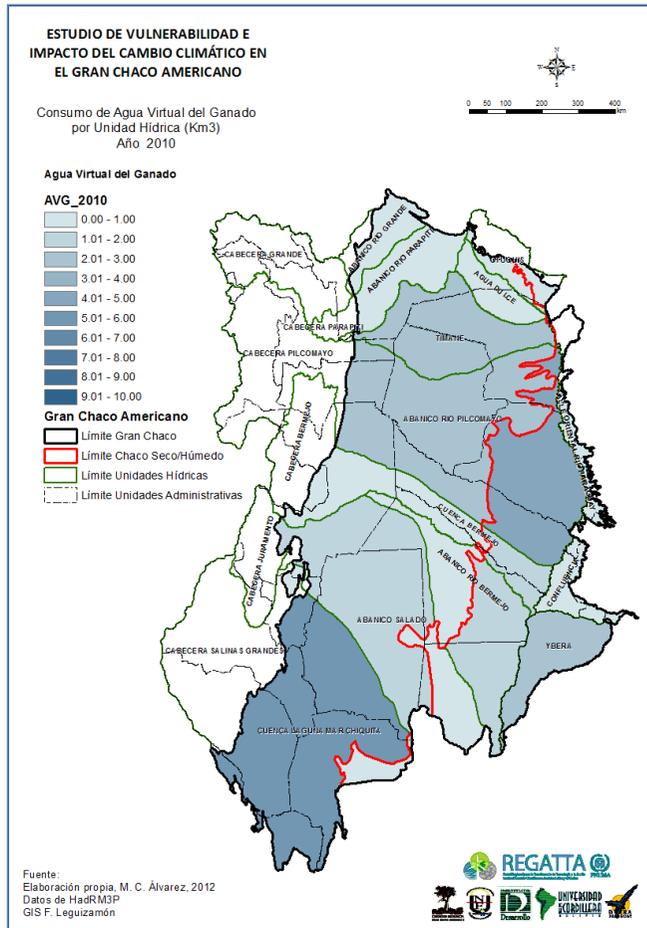


**Figura 93: Variación de la Disponibilidad (%)**

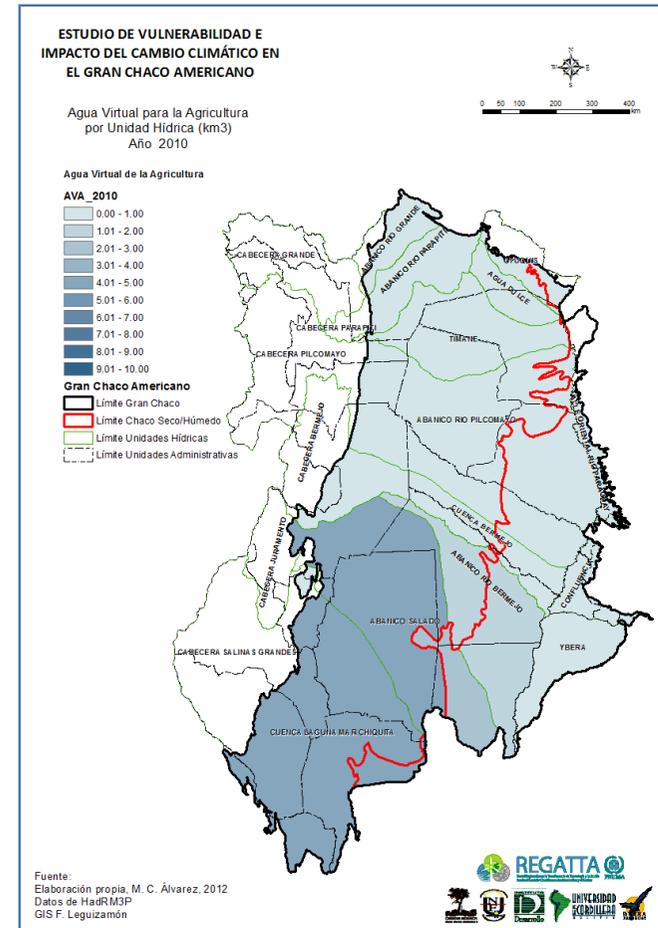


El agua virtual ha sido calculada considerando los datos actuales de ganadería y superficie cultivada, a los cuales se les ha aplicado una proyección estimada, con un crecimiento que varía según cada país.

**Figura 94: Agua Virtual para Ganadería (km<sup>3</sup>)**



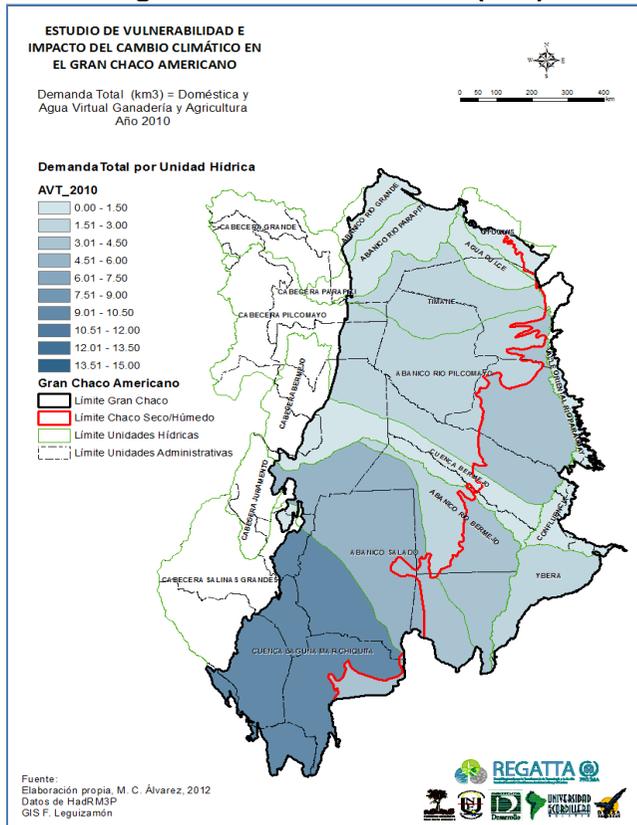
**Figura 95: Agua Virtual para Agricultura (km<sup>3</sup>)**



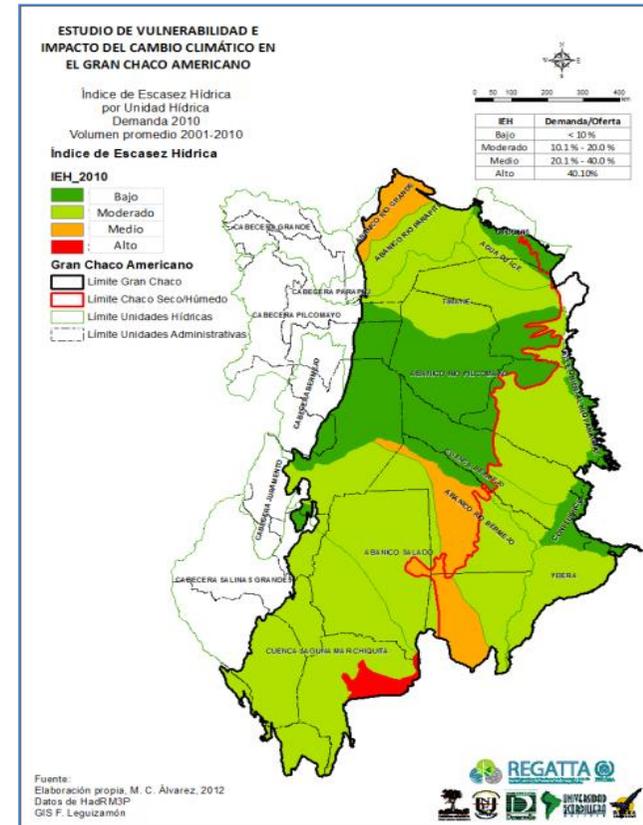
El mapa de Agua Virtual para Ganado (Figura 94) muestra las zonas donde está concentrada dicha actividad: principalmente en Argentina en la zona sur del Gran Chaco Americano, y en el Paraguay está más concentrada en la zona del Chaco Húmedo. Mientras que en Bolivia y el abanico del Bermejo es menor. De igual manera el mapa de Agua Virtual para la Agricultura (Figura 95) refleja cuan poco desarrollada está esta actividad en

Bolivia y Paraguay. Mientras que la cuenca de Mar Chiquita recibe presión sobre el recurso hídrico, tanto por parte de la ganadería como de la agricultura.

**Figura 96: Demanda Total (km<sup>3</sup>)**



**Figura 97: Índice de Escasez Hídrica 2001-2010**

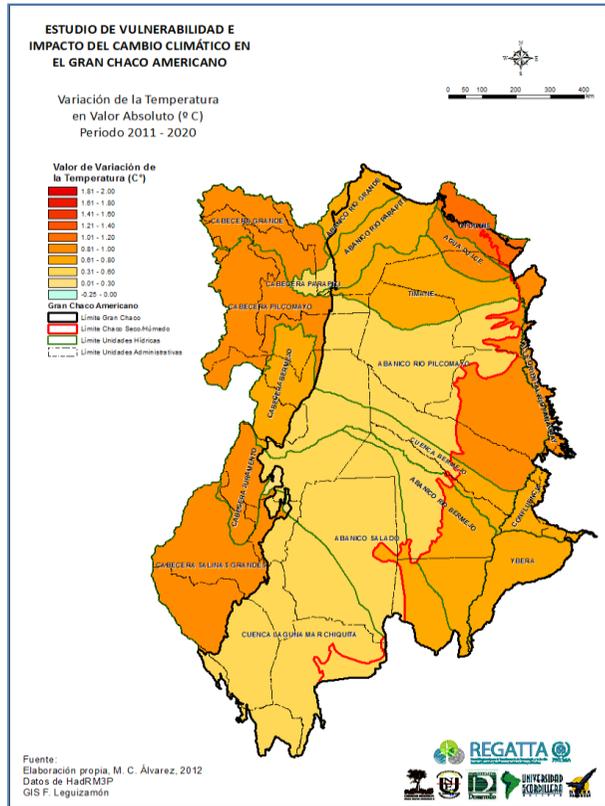


Al relacionar el volumen total disponible para la década entre la demanda total de cada unidad hídrica (Figura 96), se tiene el índice escasez explicado anteriormente (Figura 97). El cual para esta primera década es bajo y moderado en la mayor parte del territorio, con lugares altos como la zona de Mar Chiquita en Córdoba. Hay un índice de escasez medio en la zona del abanico del Bermejo en el Chaco Húmedo, mientras que esta escasez se tiene en el abanico del Salado, en la zona del Chaco Seco.

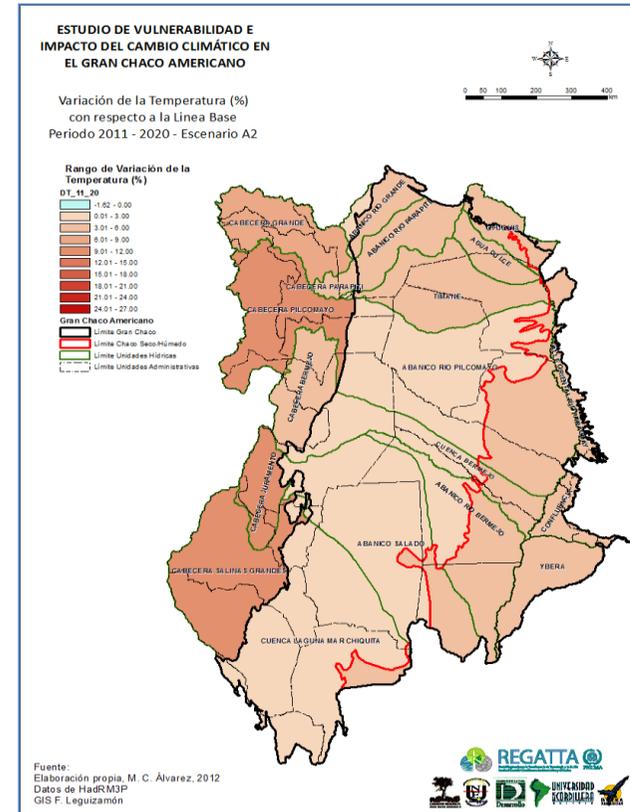
### 3.1.3.1 Década 2011-2020

El periodo actual presenta temperaturas similares a la década 1991-2000, con un incremento de temperatura promedio del mismo valor de 0,75°C con respecto a la Línea Base. El mayor incremento se presenta en las cabeceras con un promedio de 0,87 °C, mientras que el Chaco Seco tiene un promedio de 0,62 °C. Figura 98 y 99

**Figura 98: Variación de la Temperatura 2011-2020 (°C)**

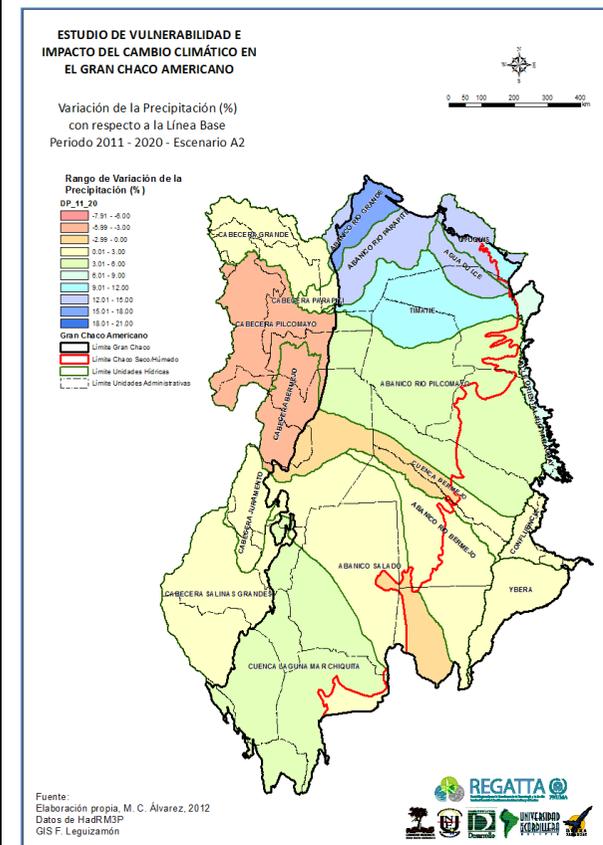


**Figura 99: Variación de la Temperatura 2011-2020 (%)**

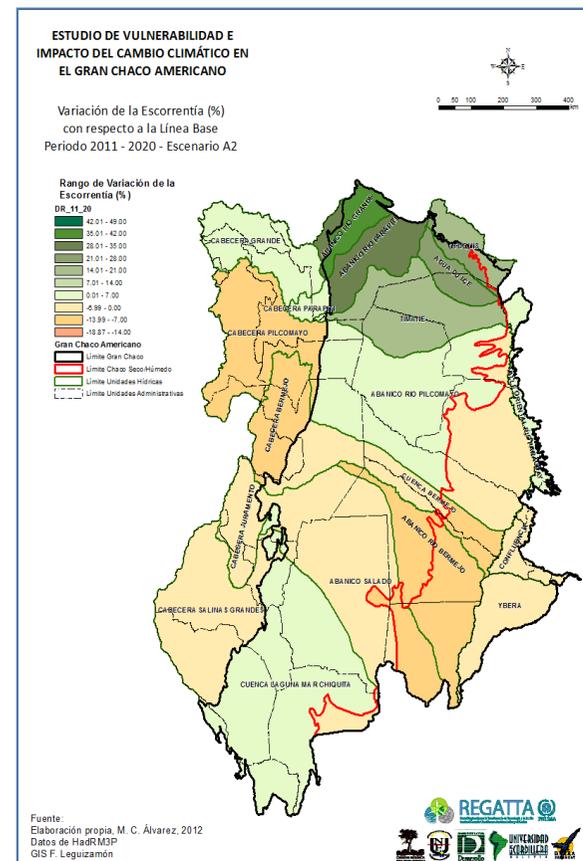


La precipitación es menor en las cabeceras del Pilcomayo y Bermejo, y la cuenca del Bermejo en el Chaco Húmedo. Casi no hay variación en las otras cabeceras y hay un ligero incremento en Mar Chiquita y en el abanico Pilcomayo (5%), mientras que los mayores aumentos son al norte, de hasta 16%. Figura 100

**Figura 100: Variación de la Precipitación 2011-2020 (%)**

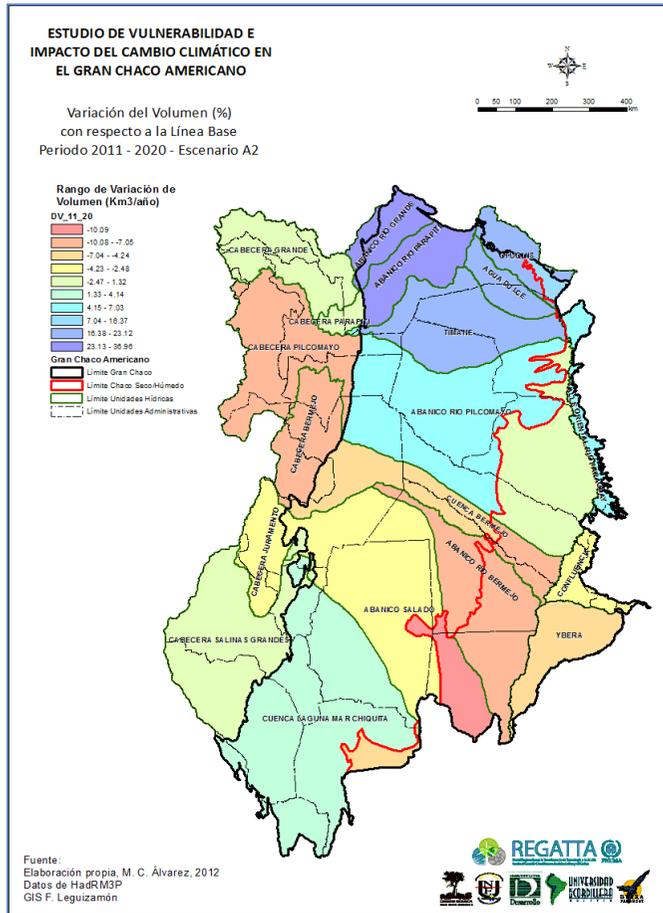


**Figura 101: Variación de la Escorrentía 2011-2020 (%)**

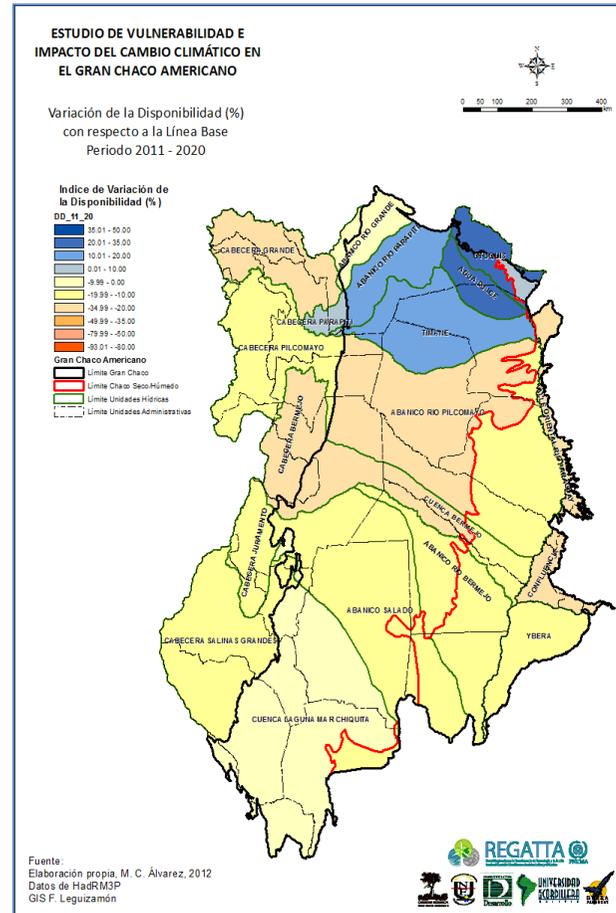


En el caso de las cabeceras, al tener un escenario con mayores temperaturas que la L.B. y menores precipitaciones, se espera un aumento de evapotranspiración con la consecuente disminución de la escorrentía, entre 6% y 10% menos. Mientras que al norte con mayor cantidad de lluvia, se tienen aumentos de escorrentía del orden del 20% y hasta casi 40%. Figura 101.

**Figura 102: Variación del Volumen (%) 2011-2020**



**Figura 103: Variación de la Disponibilidad (%)**

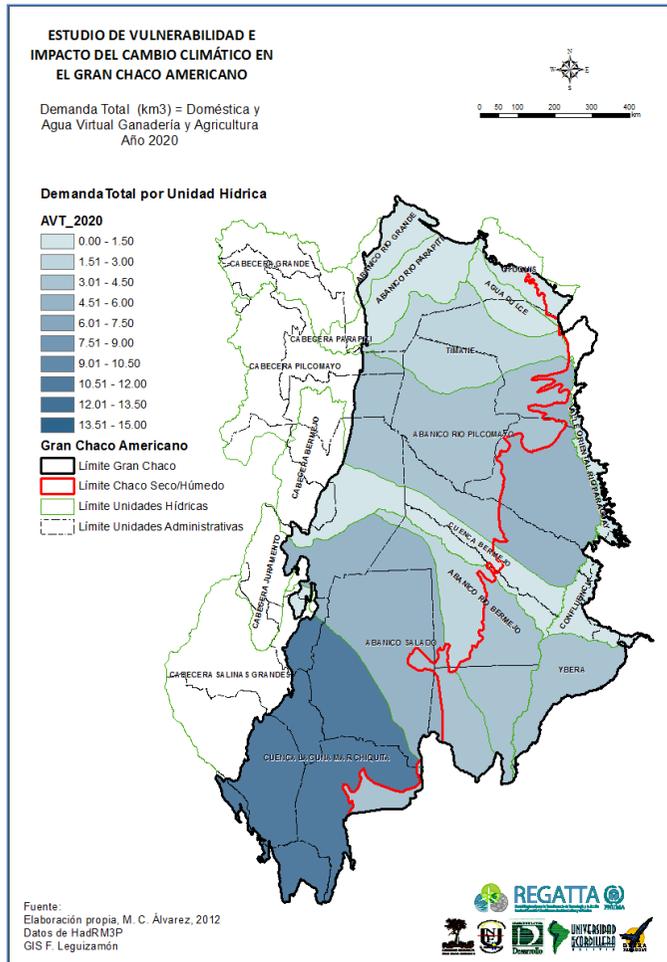


Las variables de escorrentía, volumen y disponibilidad están estrechamente relacionadas y todas hacen referencia a la disponibilidad de agua, la escorrentía como lámina de agua en valor de milímetros; el volumen toma el área de la unidad hídrica y arroja valores en km<sup>3</sup>, mientras que la disponibilidad es el valor del volumen en relación a la población.

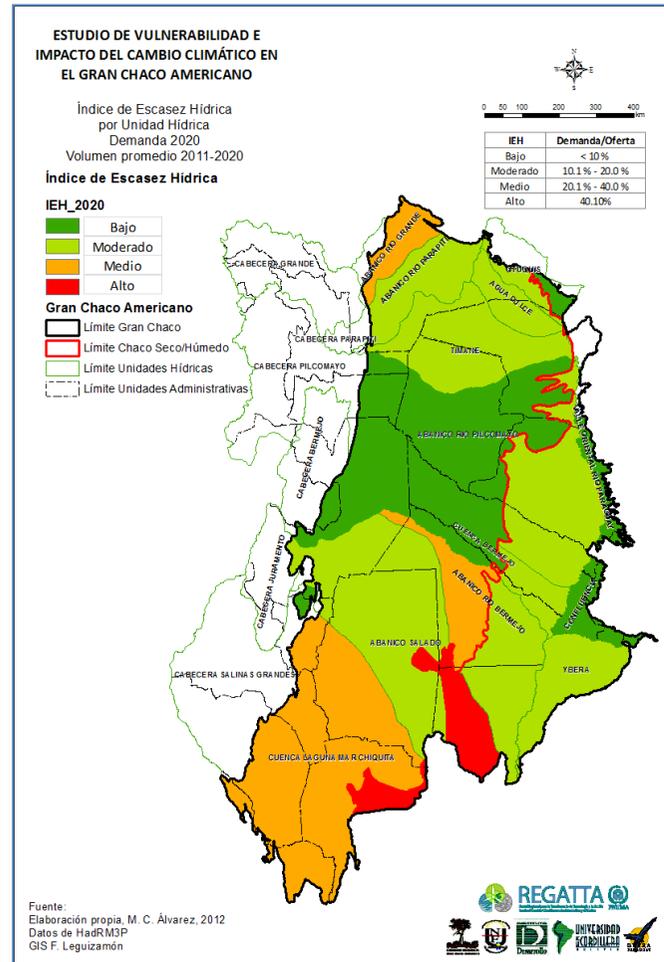
Por eso los patrones se mantienen. Por ejemplo, aumento del recurso en términos de escorrentía, volumen y disponibilidad per cápita en la zona norte. Menor en la zona de Mar Chiquita por la cantidad de población. Las cabeceras presentan una disminución del recurso en esta década. Figura 102 y 103

La demanda por su parte presenta también un patrón que se mantiene y va incrementando según una proyección, manteniendo aproximadamente la distribución espacial. Estos valores se tienen considerando los escenarios de crecimiento del sector agropecuario. Figura 104

**Figura 104: Demanda Total 2020 (km<sup>3</sup>)**



**Figura 105: Índice de Escasez Hídrica 2011-2020**



Por lo cual el índice de escasez refleja la sensibilidad de la década. Los lugares con mayor presión sobre el recurso son el Chaco Húmedo en los departamentos de Córdoba y en Santa Fe, la parte del abanico del Salado, y en la provincia del Chaco en el abanico del Bermejo, en la zona del Chaco Seco. La zona con menos sensibilidad, donde la demanda no supera el 10% de la oferta es el abanico del Pilcomayo. Figura 105.

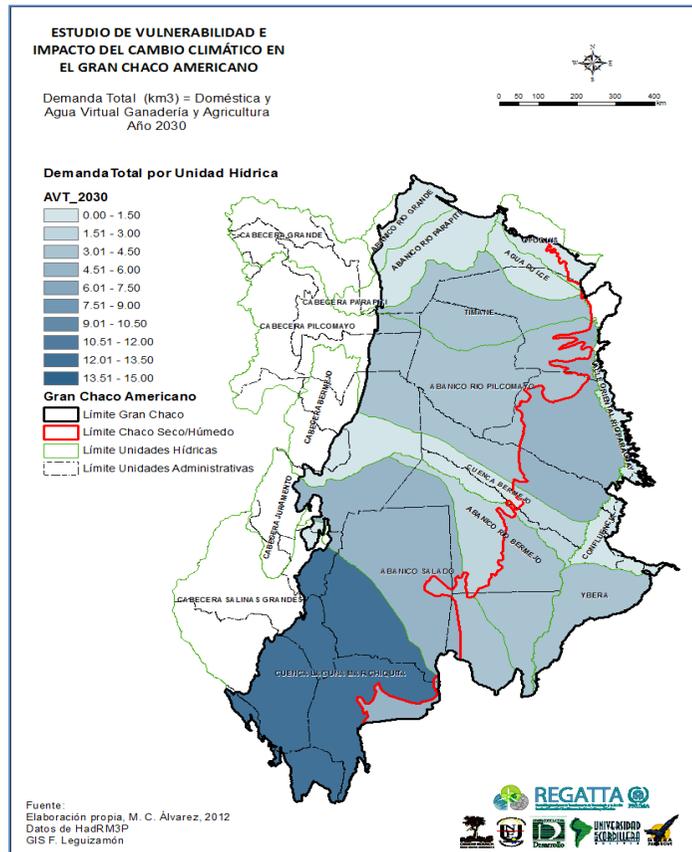




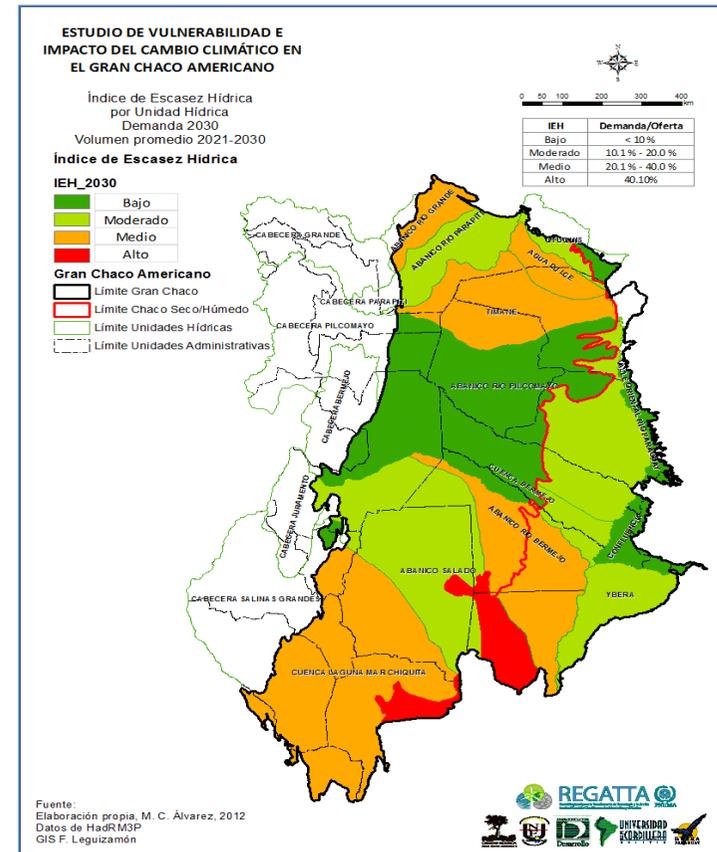
La variación de temperatura y precipitación se traduce en una disminución de la escorrentía en todas las cabeceras y casi todo el Chaco, a excepción de la zona norte, y consecuentemente una disminución del volumen en relación a la Línea Base. Figura 108 y 109.

La demanda total por su parte aumenta con el crecimiento de la población y las actividades productivas, creando una presión adicional a la ligera disminución que se registra en el periodo. La zona afectada en comparación con la década anterior es la cuenca del Timane y de Agua Dulce y en las provincias del Chaco y Santa Fe, el abanico del Bermejo. Con las mayores presiones en Córdoba y al este de Santa Fe. Figura 110

**Figura 110: Demanda Total 20 (km3)**



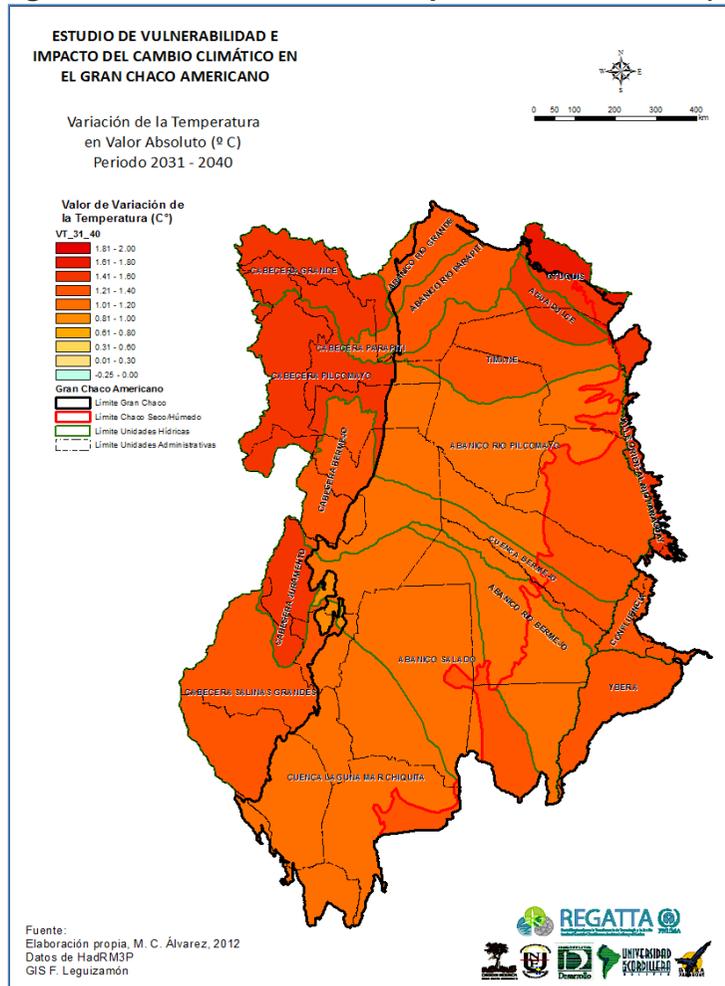
**Figura 111: Índice de Escasez Hídrica 2021-2030**



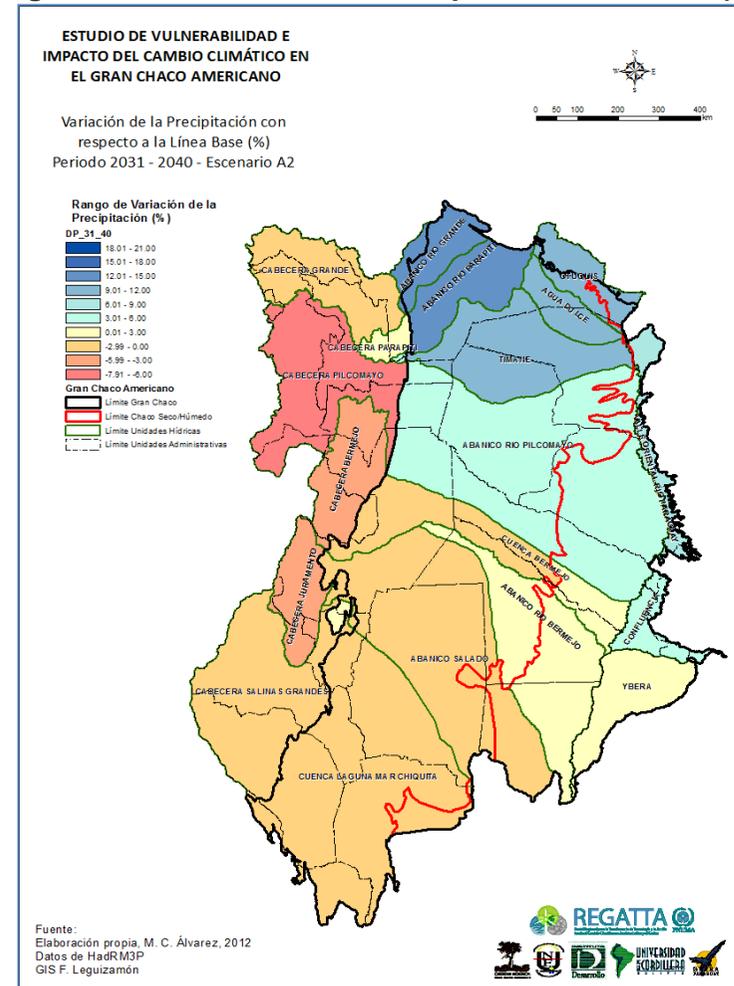
### 3.1.3.3 Década 2031-2040

Se estima un aumento de la temperatura con un promedio de 1,34°C en todo el Chaco; mientras que para la precipitación el escenario calcula una disminución en las cabeceras, sur y centro; solamente con valores positivos desde el abanico Pilcomayo al norte. Figura 112.

**Figura 112: Variación de la Temperatura 2031-2040 (%)**

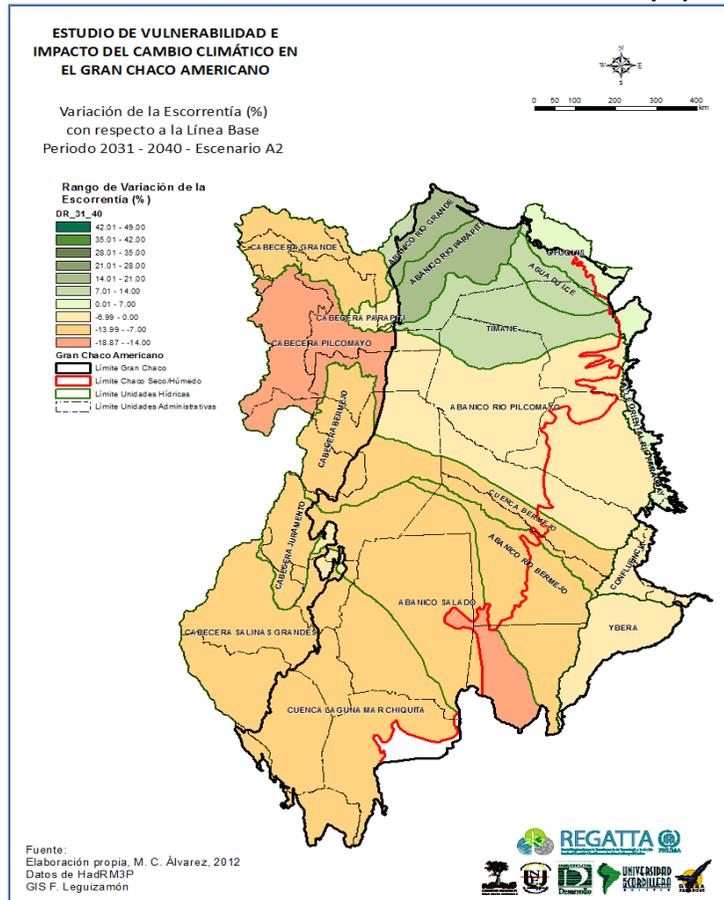


**Figura 113: Variación de la Precipitación 2031-2040 (%)**

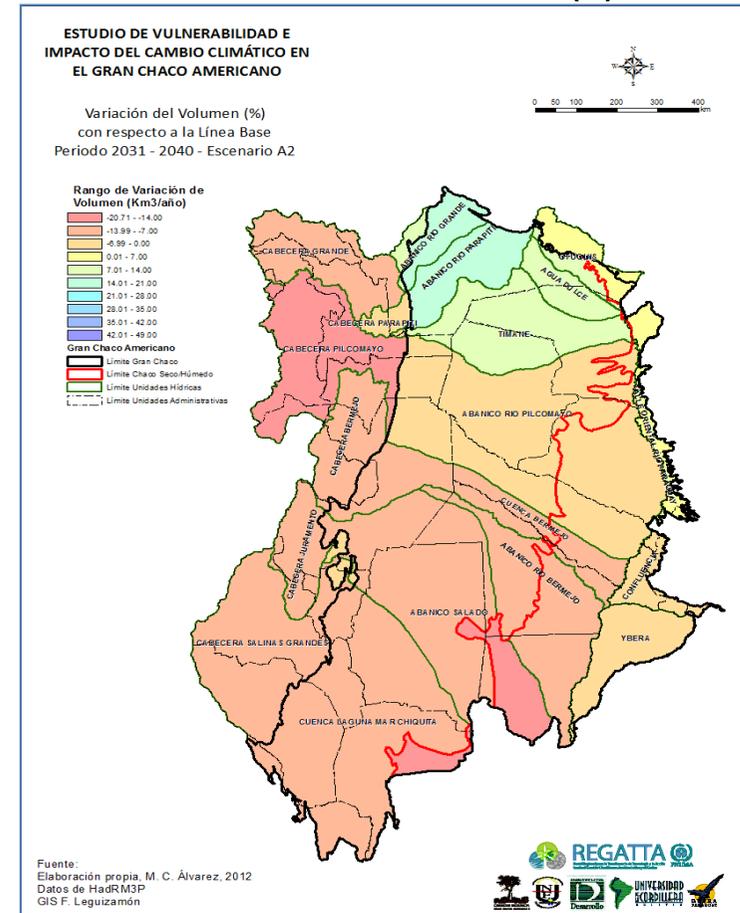


Esto finalmente genera valores menores de escurrimiento de agua a excepción de la zona norte del Timane, río Parapití y río Grande. Hay una disminución de la disponibilidad per cápita con respecto a la Línea Base. Figura 114 y 115.

**Figura 114: Variación de la Escorrentía 2031-2040 (%)**

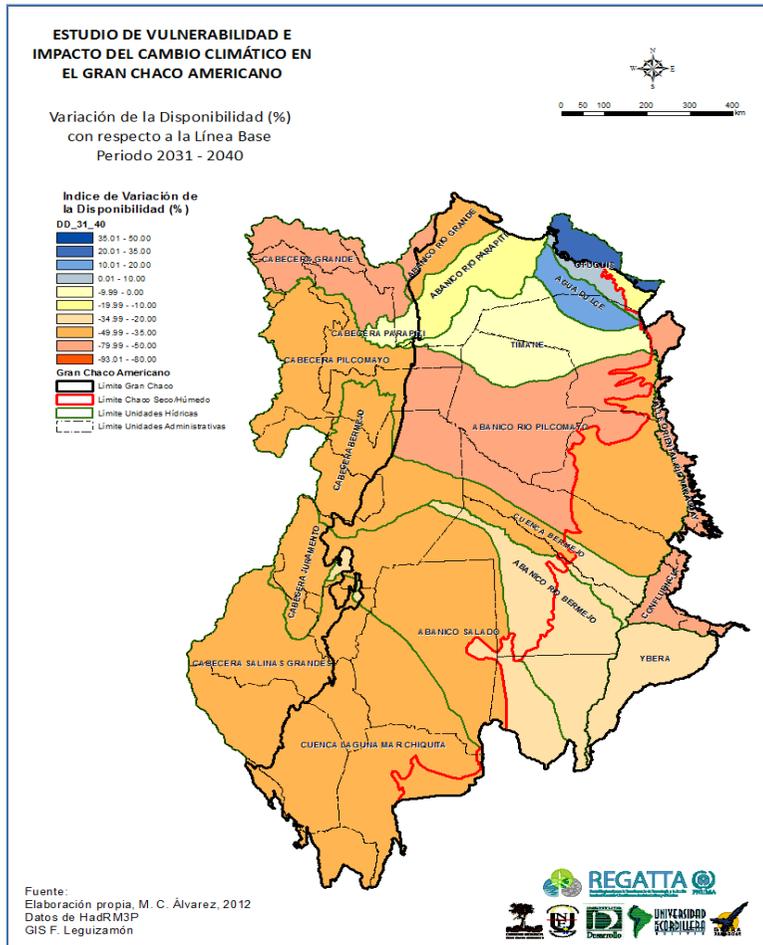


**Figura 115: Variación del Volumen 2031-2040 (%)**

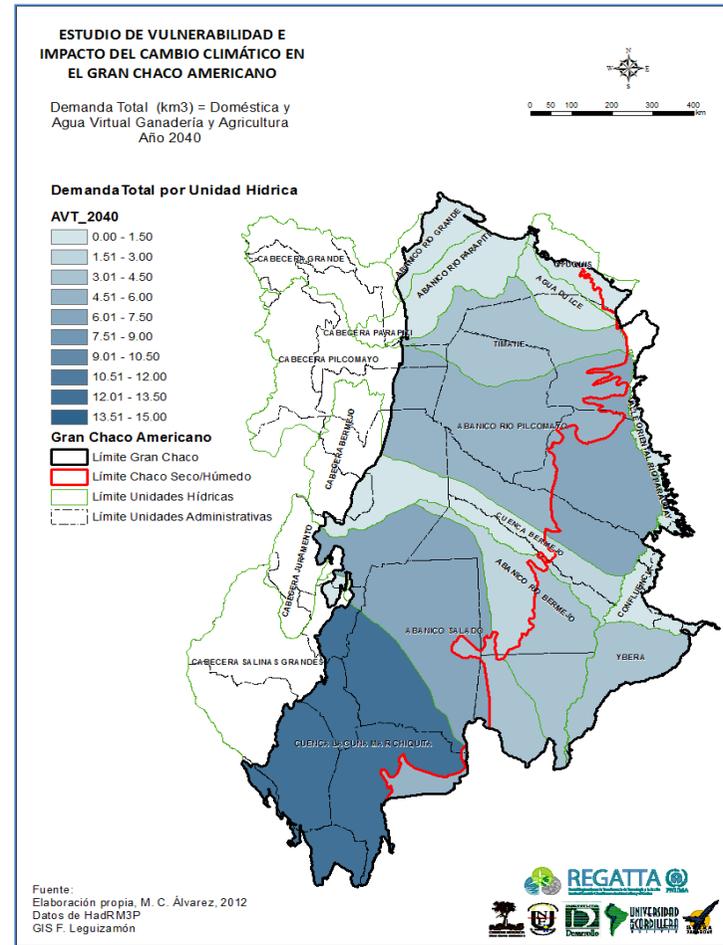


No obstante, aún el norte tiene una disminución de la disponibilidad que sumado al aumento de la producción hace que esta zona pase de un índice moderado a un índice medio, por el aumento de la demanda del recurso hídrico.

**Figura 116: Variación de la Disponibilidad 2031-2040 (%)**

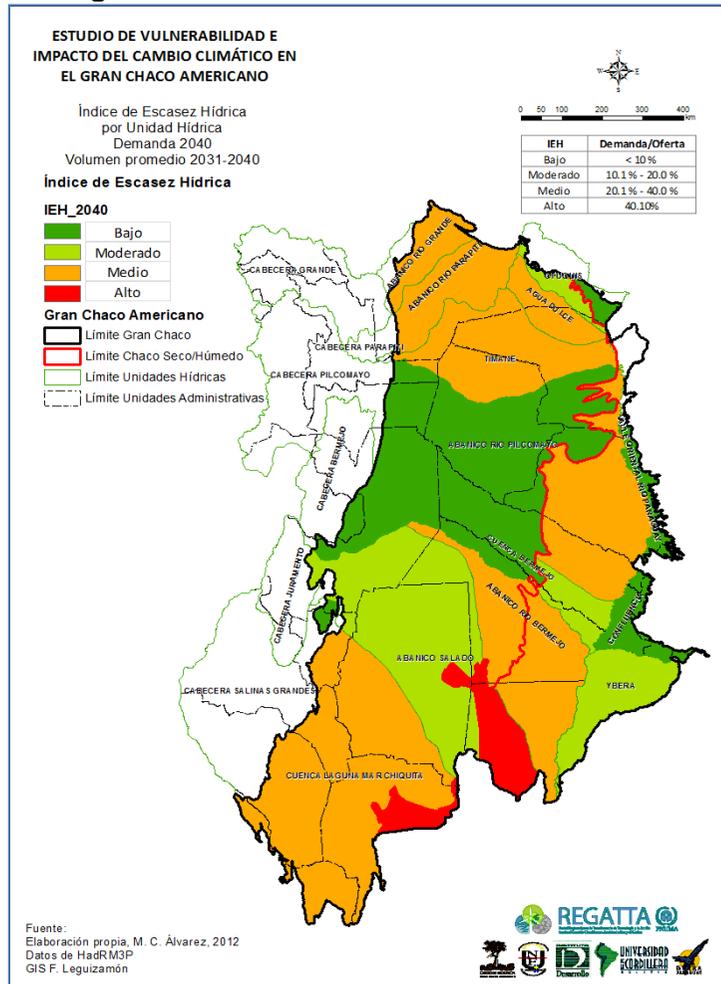


**Figura 117: Demanda Total (km<sup>3</sup>)**

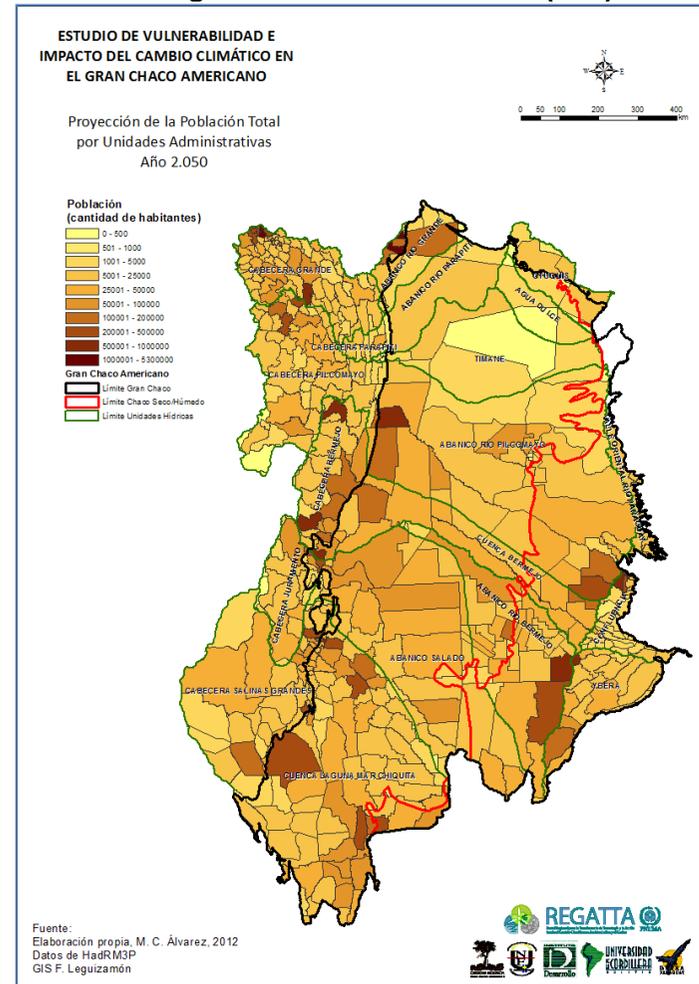


Esta década mantiene el abanico Pilcomayo ubicado en el Chaco Seco, con un índice bajo. Sin embargo, la relación demanda y oferta se incrementó de 5% a 10%. La zona del Salado muestra una demanda del 51% de la oferta. Mientras que la zona de Córdoba refleja que se utiliza agua de otra unidad, básicamente de la cuenca de Mar Chiquita.

**Figura 118: Índice de Escasez Hídrica 2031-2040**



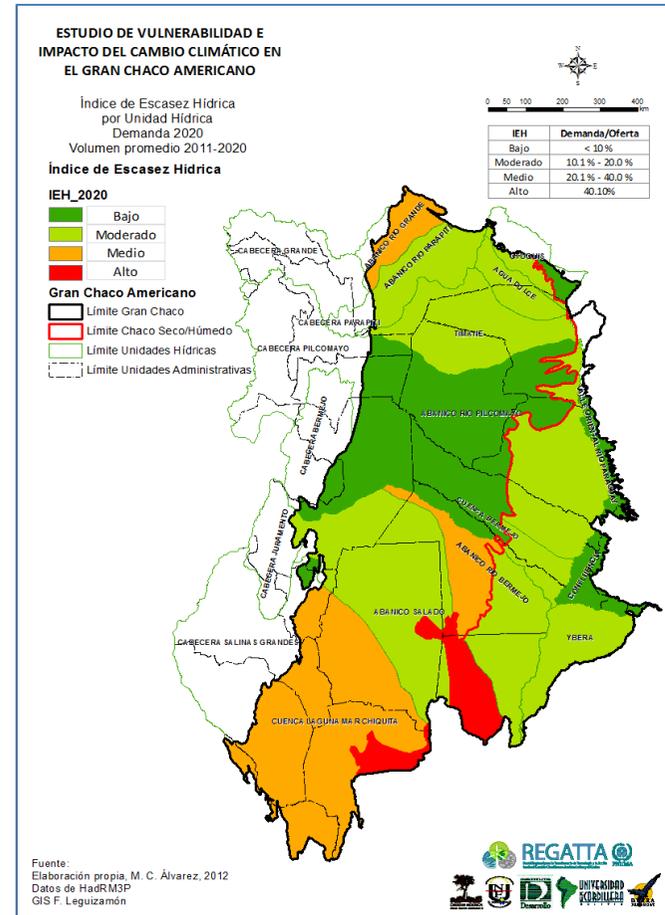
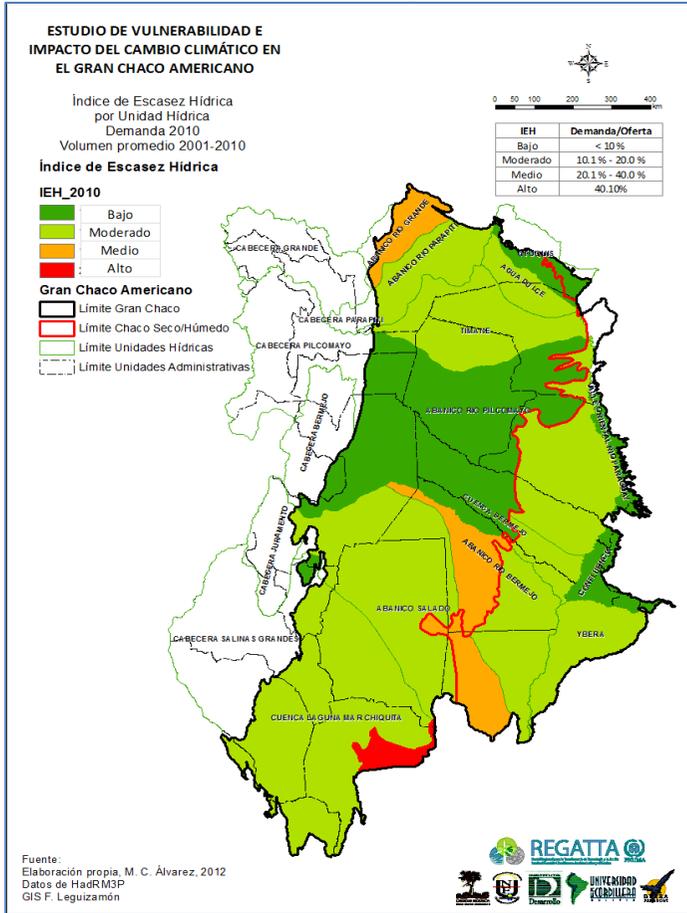
**Figura 119: Población Total (hab)**



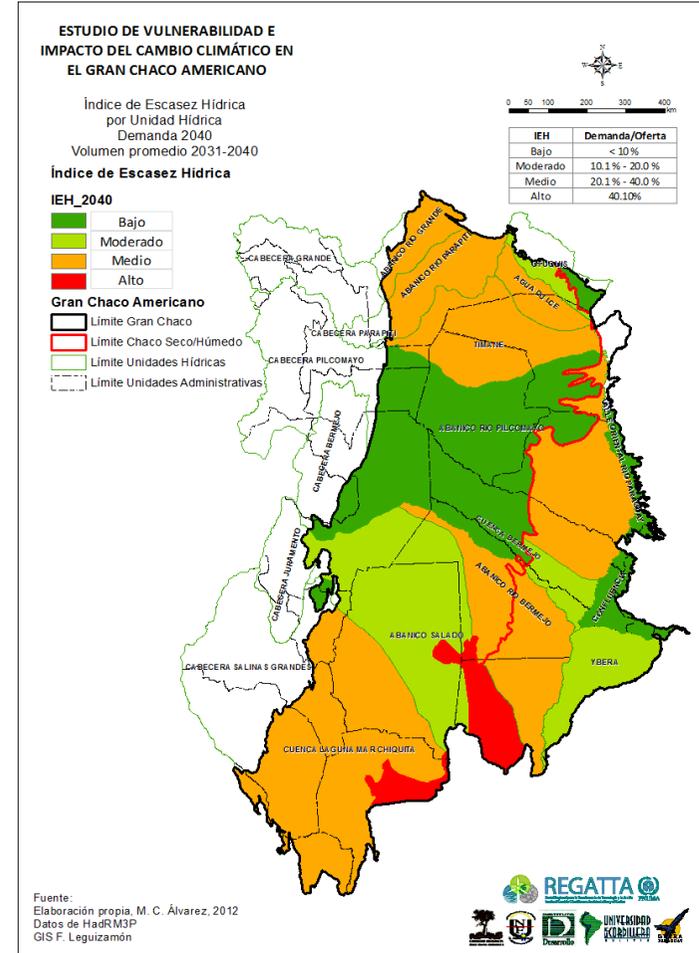
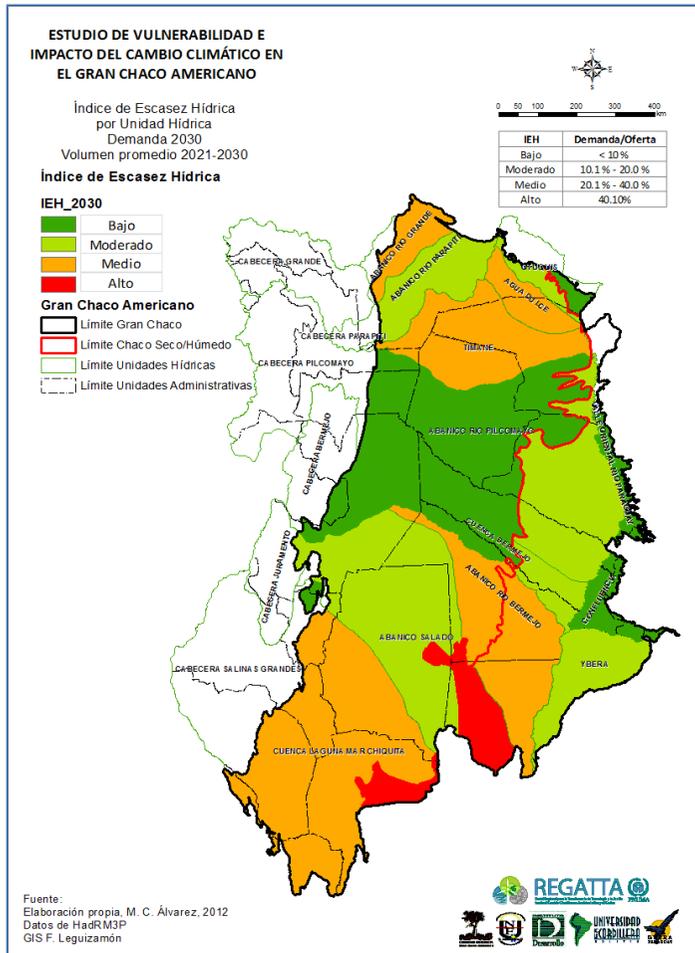
### 3.1.4 Conclusiones y Recomendaciones

A continuación se muestra la variación del Índice de Escasez Hídrica calculado para cada década en la Figura 120, el cual refleja la disponibilidad hídrica que se tiene para cada periodo según las variables climáticas con relación a la demanda esperada que incluye el agua virtual de las actividades productivas.

**Figura 120: Variación del Índice de Escasez Hídrica de 2010 a 2040**



Se observa como la presión sobre el recurso va en aumento al combinar los cambios en el clima y el aumento de la demanda en la producción como respuesta al crecimiento poblacional y planes de desarrollo.



Las acciones deben priorizarse en Córdoba y Santa Fe en Argentina y en Santa Cruz en Bolivia.

En la situación actual, se observa una zona con una presión alta sobre el recurso hídrico en la provincia de Córdoba; se suman presiones medias en los abanicos del Bermejo y del Salado en la parte del Chaco Seco, en las provincias del Chaco y Santa Fe, principalmente.

La zona norte de río Grande aparenta una alta presión, porque en los promedios de población tiene influencia la ciudad de Santa Cruz. Sin embargo no es una zona que actualmente esté bajo presión, aunque se observa un aumento por la migración menonita.

Para las décadas siguientes se observa un incremento de moderado a medio en la cuenca de Salinas Grandes, a esta situación del balance hídrico realizado junto con las actividades productivas y el consumo doméstico, se suma la particularidad de ser una cuenca endorréica, con un balance muy inestable, que ha mostrado una disminución en el volumen de agua que llega a la Laguna Mar Chiquita, creando una disminución del espejo de agua.

Para la década 2020–2030 se espera un incremento de la presión sobre el recurso en la zona norte de la cuenca del Timane. En la actualidad ha comenzado un proceso de colonización de esta zona, la cual todavía se encuentra en condiciones naturales bastante poco afectadas por la actividad humana. Sin embargo, esta expansión prevista creará una presión en la siguiente década. Las cuencas del Timane y Agua Dulce tienen la particularidad de cauces intermitentes y los denominados escurrimientos fantasmas en paralelo, que hacen más inestable la provisión de agua, y por lo cual es muy susceptible a la intervención humana.

En esta misma década se extiende presión en la zona de los abanicos del Bermejo y Salado, del Chaco Seco hasta alcanzar también el Chaco Húmedo.

En general los pobres son las poblaciones más vulnerables así como los grupos étnicos autóctonos o indígenas.

Las áreas más sensibles al cambio climático, presentan una reducción del volumen neto producido y adicionalmente un aumento en la demanda del recurso. Esta situación de tener una mayor demanda refleja a su vez una mayor producción agropecuaria, que en el caso de Argentina, principalmente, se traduce en mayor infraestructura, tecnología y capacidad de inversión, entre otros aspectos que les permite adaptarse mejor al cambio climático.

En la década 2030-2040 el abanico del Pilcomayo en el Chaco Seco que se había mantenido con presión baja sobre el recurso hídrico, alcanza una presión moderada y solo se mantiene una estrecha franja en la cuenca del Bermejo con presión baja; el resto de las zonas van aumentando la presión sobre el recurso como consecuencia, por un lado del crecimiento de la actividad agropecuaria y de la población, y por otro lado, debido al cambio climático: un aumento importante de la temperatura, casi 2°C y aun cuando hay un ligero aumento de la precipitación, las evaporaciones son más fuertes y con ello la escorrentía o el volumen neto de agua disponible disminuye.

No obstante, se debe tener en cuenta que el Pilcomayo tiene una sensibilidad adicional provocada por el ingreso de las aguas al territorio paraguayo o argentino. Por lo tanto, hay años que uno de los lados del abanico puede tener una fuerte sequía o una inundación extraordinaria como consecuencia del ingreso de las aguas hacia uno de los canales, en la zona de taponamiento.

Los primeros resultados daban valores elevados de la disponibilidad hídrica per cápita en la región, situación que no reflejaba la realidad, porque es un análisis de la disponibilidad neta del recurso. Por lo tanto, falta incluir la variabilidad a lo largo del año y la variabilidad interanual, así como la calidad del agua y las fuentes o el acceso a la misma.

Posteriormente, al incorporar el concepto de agua virtual, se muestra como un área tan extensa presenta una sensibilidad ante la producción intensiva.

Para la aplicación de modelo más complejos y completos, se hace necesario contar con una red densa de estaciones meteorológicas e hidrométricas, que permitan relacionar la precipitación con los caudales, y de esta manera calibrar las variables que intervienen en la relación de precipitación - caudal producido, tanto para crecidas como para sequías, con modelos continuos basados en el principio de conservación de masa.

Otra limitación importante es la gran extensión del Chaco y la geomorfología de abanicos aluviales, por lo cual serían necesarias estaciones hidrométricas (de medición de caudal) no solamente en el cauce principal sino en los cauces que son alimentados por los desbordes durante las crecidas, particularmente en el abanico Pilcomayo. Un caso concreto es la cuenca superficial del Timane, que es alimentada subterráneamente por el abanico del Izozog o del Parapití.

Para utilizar otros métodos, se requiere además contar con registros de las aguas subterráneas, no solamente de la capacidad de los acuíferos, sino además de la variación de los mismos según el consumo y las variables climáticas, particularmente la precipitación. Esto significa una cantidad suficiente de pozos piezométricos con mediciones durante largo periodo de los niveles del acuífero, así como medidores de consumo de agua o caudalímetros, que midan los volúmenes de agua utilizados provenientes de las diferentes fuentes.

## **Análisis de sensibilidad agropecuario**

### 3.2 Caracterización del sector

Debido a que la producción agropecuaria depende directamente del clima de una zona, se asume que el cambio climático podría afectar fuertemente a este sector esperándose impactos como el incremento de los requerimientos de agua, debido al incremento de la temperatura, la migración de agro ecosistemas por inviabilidad de sus zonas originales o la habilitación de nuevas zonas agrícolas. En suma, los eventos de variabilidad climática son responsables de importantes pérdidas de la producción agropecuaria a nivel global, por lo cual los países deberán establecer acciones en relación a los probables impactos futuros en diversas regiones (IPCC a, 2001).

Uno de los factores que influyen en la disponibilidad alimentaria, es la alta sensibilidad de la producción agropecuaria tradicional a los cambios de temperatura y de los regímenes de precipitación. Esta sensibilidad podría afectar, mayoritariamente, a los pequeños productores de la región debido al menor desarrollo tecnológico y de infraestructura.

Por otro lado, la demanda global de alimentos ha experimentado grandes cambios en las últimas décadas, al casi triplicarse la población global que pasó de 2.500 millones de personas en 1950 a 6.770 millones en 2009 (Maddison, 2009). Asimismo, algunas economías como las de China e India han crecido a elevadas tasas en los últimos diez años, provocando mejoras en la calidad de vida de la población, pasando a demandar mayores cantidades de alimentos ricos en energía y proteína, generando un escenario de oportunidades para la producción agropecuaria.

La región es considerada clave en la producción de alimentos a nivel global y altamente competitiva debido a la incorporación de tecnologías de producción y gestión. Por ejemplo, Argentina se destaca en la producción de soja, girasol, maíz y trigo; Paraguay se destaca en la producción de carne, maní y maíz; y Bolivia es también considerado como un importante productor de cereales.

La producción agropecuaria de la región se caracteriza por una gran variedad de productos debido a la diferenciación climática y ecológica, diferentes patrones de ocupación del espacio y desarrollo de diferentes sistemas productivos por parte de los diferentes grupos poblacionales. La diversificación del clima y espacios naturales brinda el contexto potencial para la producción de la ganadería, así como para el desarrollo de actividades agrícolas.

El sector pecuario, en la mayoría de las fincas, sigue manteniendo un sistema extensivo de producción de ganado, principalmente bovino, aunque algunos pequeños productores están incorporando prácticas agro-silvopastoriles que les permite disminuir los efectos de las altas temperaturas características de la región.

Se distinguen dos sistemas agrícolas. Por una parte, el sistema tradicional o familiar, caracterizado por la pequeña extensión de las fincas, producción mixta para consumo y renta, y empleo de prácticas tradicionales. Esta forma de producción enfrenta actualmente serios problemas, entre cuyas causas se cuenta la baja incorporación de buenas prácticas de manejo y gestión de suelos, el bajo nivel tecnológico, así como la variabilidad climática.

Por otra parte, existe una tendencia de los productores de migrar del sistema tradicional de producción hacia un sistema intensificado y de menor diversificación. Este sistema está vinculado a mercados con mayor valor agregado e incorporación de nuevas tecnologías e información.

Los cultivos de la región, claramente se puede dividir en rubros de renta y rubros de autoconsumo. Los de renta, como el algodón, la soja, el trigo, el arroz, la caña de azúcar, han pasado por un proceso de tecnificación importante en los últimos años. Se mencionan los sistemas de siembra directa, materiales genéticamente modificados, alta mecanización, entre

otros. Sin embargo, los rubros más tradicionales, ligados a la agricultura tradicional y de autoconsumo, se han quedado con un nivel tecnológico rudimentario.

Por otro lado, la superficie cultivada de los rubros de renta ha ido aumentando, avanzando sobre nuevas áreas habilitadas y, en otros casos, sobre pasturas. Por ejemplo, el cultivo de soja en todo el Paraguay pasó desde el año 1997 al presente de 1.050.000 has a 3.000.000 de has, con presencia de cultivos experimentales de soja en el Chaco Paraguayo, donde nunca antes se cultivó este rubro.

También se debe de considerar que en los últimos 10 años los eventos climáticos extremos, como sequías prolongadas, inundaciones, heladas, golpes de calor, etc., han puesto en evidencia la alta vulnerabilidad del sistema productivo para enfrentar dichas situaciones. Se han registrado pérdidas importantes en producción. A modo de ejemplo, Argentina perdió el 2,8% de su PIB con la sequía del año 2008. Por su parte, en cuatro eventos registrados en Paraguay (dos de sequía en los años 2004/5 y 2007/8, y dos de excesos de lluvias en los años 2000/01 y 2011/12), perdió alrededor de 1.250 millones de dólares en el sector.

Los principales problemas están asociados a variables sociales y productivas tales como el empleo, degradación del suelo, distribución de tierras, variabilidad climática, disponibilidad y acceso al agua, sistemas de riego y cobertura de seguros agrícolas. Al analizar estas variables se observa que la vulnerabilidad del sistema productivo de la región se encuentra en un nivel similar al promedio latinoamericano. Sin embargo, se nota que en algunas variables existe mayor manifestación, como son la fragilidad y erosión de los suelos y la pérdida de productividad de los mismos por mal manejo, así como el deterioro genético por invasión e introducción de especies invasoras.

Para el caso de los seguros agrícolas, cuyo empleo podría reducir el impacto de los eventos, su uso aún no es extendido, en especial entre los pequeños productores. Así por ejemplo, la cobertura de seguros agrícolas en Argentina se halla alrededor del 60% en todo el país, aunque actualmente cubre principalmente granizos y la inclusión de sequías recién inicia. En Paraguay, la cobertura está limitada al sector empresarial, y solo está cubierta alrededor del 8% de la superficie cultivada de soja y algo de maíz, aunque existen propuestas a nivel del gobierno central para la implementación del mismo dentro de la franja que no accede a la herramienta del seguro. En Bolivia se está iniciando el proceso también a nivel de gobierno central con los mismos objetivos.

Otro factor que incrementa la vulnerabilidad frente a los factores climáticos es la baja tecnificación del sistema productivo. Por ejemplo, el porcentaje de utilización de sistema de riego en la agricultura alcanza niveles muy bajos y se realizan en general para cultivos de arroz, hortalizas, pasturas y un poco en caña de azúcar.

### **3.2.1 Definición de los rubros agrícolas**

Con el fin de definir los rubros a considerar en este estudio, se procedió con el relevamiento de los principales rubros producidos en la región. En caso de los cultivos agrícolas, se recurre a series de datos para el período agrícola 2004/2005-2008/2009, por unidades de análisis (departamentos/provincias). Los datos estadísticos provienen de fuentes oficiales de los gobiernos nacionales y sub-nacionales de Argentina, Bolivia y Paraguay. De esta manera, se obtuvo una lista de los primeros veinte rubros según la extensión de siembra. La extensión de los mismos representan unas 12.980.977 has de la superficie del Gran Chaco Americano.

A partir de esta primera lista, se seleccionaron los diez principales cultivos, teniendo en cuenta cinco criterios que contemplan aspectos económicos, sociales y de seguridad alimentaria.

Criterios considerados para la determinación de los rubros:

- i. **Superficie cultivada:** Se refiere a la cantidad de superficie, expresada en hectáreas, sembrada de un determinado rubro agrícola.
- ii. **Valor Producción:** Se refiere al valor total de la producción del rubro, expresado en valor monetario.
- iii. **Número de Productores:** Se refiere a la cantidad de personas involucradas en forma directa en la producción de un determinado rubro.
- iv. **Número de Unidad de Análisis:** Se refiere a la cantidad de provincias o departamentos que cultivan un determinado rubro.
- v. **Participación en la canasta básica alimentaria:** Se refiere a la proporción de un rubro determinado dentro de la canasta familiar de cada uno de los países parte de este estudio.

Basado en los criterios de priorización mencionados anteriormente, se tiene como resultado los siguientes rubros agropecuarios, representados en la Tabla 23.

**Tabla 23. Resultados de la matriz de priorización de los rubros agrícolas**

Rubros	Resultado de priorización
Trigo	1
Maíz	2
Soja	3
Papa	4
Algodón	5
Caña de Azúcar	6
Poroto	7
Maní	8
Sorgo	9
Arroz	10



Adicionalmente a la lista de los rubros agrícolas resultantes de la priorización, se añaden los rubros pecuarios de producción de leche y producción de carne.

A fin de entender mejor el sector agrícola en la región, es importante hacer un análisis de la evolución y la conducta de los rubros considerados para luego analizar las tendencias y proyecciones a futuro.

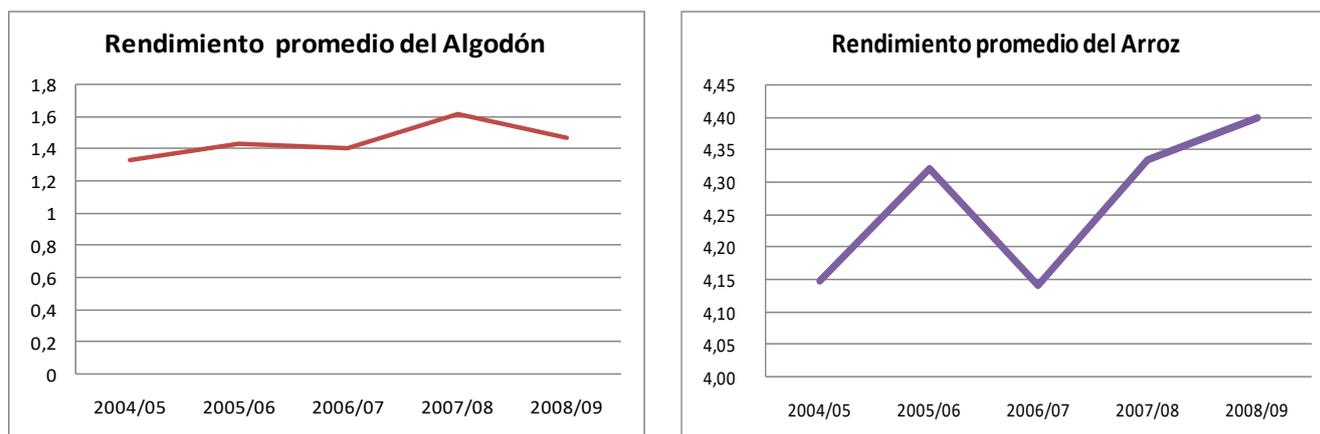
La serie de figuras a continuación ilustra el comportamiento de los rendimientos promedio de los rubros analizados. La información utilizada, proviene de las campañas agrícolas para un periodo de cinco años (2004/2005 a 2008/2009). Es importante mencionar que se tomó esta serie de años debido a la existencia de información homogénea para los tres países considerados en el estudio.

El **algodón** es uno de los principales cultivos en el Chaco Argentino, que provee el 90% de la producción agrícola de la región del Gran Chaco. Con variedades de fibra corta, este rubro ocupa el centro de las provincias argentinas de Chaco, Santiago del Estero, Formosa y Salta. Esas zonas concentran el grueso de la producción nacional. El área sembrada con algodón en la campaña 2010/2011 totalizó 626.130 has, de las cuales el 95% se sembró en área de secano y el 5% restante bajo riego. En la campaña anterior (2009/2010), se cultivó un 26%

menor del área y esa pérdida se atribuiría principalmente a las condiciones climáticas desfavorables<sup>12</sup>.

La contribución de la región en la producción de este rubro para el periodo 2004/2009 ha sido de 2,2 millones de toneladas para las 1,6 millones de hectáreas cultivadas. En la Figura 116 (a) se observa el comportamiento del rubro para el periodo mencionado. Los rendimientos promedios de algodón presentan una relativa “estabilidad” en alrededor de los 1.200 kg/ha. (Estación Experimental Agropecuaria Sáenz Peña, Chaco, INTA, Argentina).

**Tabla 24. Rendimiento promedio regional (ton/ha). Algodón- Arroz. Periodo 2004/2009.**



a) Algodón

b) Arroz

Fuente: Elaboración propia con series históricas del MAG (Paraguay), SIIA (Argentina) y MDRT (Bolivia). Periodo 2004/2005 - 2008/2009.

El **arroz** es un cultivo que se siembra en primavera y se cosecha a fines del verano y principios de otoño. Más del 60% de la producción regional corresponde principalmente a las provincias argentinas de Corrientes, Formosa y Chaco, en tanto que el 40% restante está distribuido en el Chaco Boliviano. El arroz es uno de los cultivos que más creció durante los últimos años en el Chaco Argentino, con un incremento desde el año 2.006 de más del 60% en su producción y de un 50% en la superficie sembrada, según las cifras del Ministerio de Agricultura de la Nación<sup>13</sup>. La producción de arroz pasó de algo más de 1 millón de toneladas en la campaña 2006/2007 a 1,73 millones de toneladas en el último ciclo. Esta tendencia se replicó también en la superficie sembrada, que pasó de 168.000 a 256.000 hectáreas en la campaña 2010/2011. Cifras similares se repiten en las provincias del Litoral (Chaco y Formosa), que vieron resurgir esos cultivos con incrementos en la superficie sembrada en los últimos cinco años que van del 40 al 70%.

Para el periodo de análisis de comportamiento (2004/2009), se ha registrado una producción regional igual a 4,6 millones de toneladas, cultivadas en un área de 1,1 millones de hectáreas. Como se puede observar en la figura 116 (b) el crecimiento del rendimiento tiene una importante alza a partir del periodo de siembra 2006/2007.

<sup>12</sup> INFORME ARGENTINA Sobre Situación Actual y Perspectivas de la Producción Algodonera. Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca Argentina, 2011.

[http://www.icac.org/meetings/plenary/70\\_buenos\\_aires/documents/country\\_reports/s\\_argentina.pdf](http://www.icac.org/meetings/plenary/70_buenos_aires/documents/country_reports/s_argentina.pdf)<sup>13</sup>

<http://www.flar.org/index.php/es/noticias/1768-argentina-produccion-de-arroz-crecio-60-por-ciento-en-ultimos-anos>

Cabe destacar que los gobiernos de las mencionadas provincias proporciona a los productores la infraestructura (energía eléctrica, rutas, silos para depósito) que se necesita para producir sobre las márgenes de los ríos (Paraguay, Bermejo y Paraná). Además, se vienen utilizando nuevos sistemas de manejo, para evitar el monocultivo y reducir la presencia de malezas resistentes. El sistema de rotación lo practican con la siembra de soja e incluso con la



incorporación de la ganadería, dentro de las parcelas que anteriormente solo recibían al arroz como cultivo.

Tras la tradicional alternancia entre el trigo y la soja, ahora se impulsa la rotación entre el cultivo del arroz y el pacú, una variedad autóctona de peces comestibles de alto valor comercial.

Como ejemplo, la foto a la izquierda, ilustra un lote de 90 hectáreas en el Chaco argentino, con piscicultura de pacú, rodeado de cultivos de arroz, que después de la

cosecha serán sembrados con peces jóvenes

Fuente: [http://produccion.chaco.gov.ar/sitio/detallenot.php?not\\_id=00098](http://produccion.chaco.gov.ar/sitio/detallenot.php?not_id=00098)

El cultivo de **caña de azúcar** responde en su mayoría a la industrialización, específicamente para la elaboración de azúcar; siendo una de las actividades agroindustriales más antiguas de la región. La misma comprende la producción de caña de azúcar, azúcar y derivados, tales como papel, alcohol y energía. El azúcar es además un insumo importante de otras industrias como las de bebidas y alimentos. En Bolivia, el área de producción de caña de azúcar en el departamento de Santa Cruz está ubicada en 9 municipios, donde además cuenta con 4 ingenios productores, que en conjunto producen algo más de 10 millones<sup>14</sup> de quintales de azúcar. En Argentina, la caña de azúcar se encuentra especialmente en las provincias del norte del país. Se destacan la provincia de Tucumán, con casi un 60% del área nacional, y Jujuy y Salta con casi 40 % del área nacional. En otras provincias, como Santa Fe y Formosa, se detecta presencia del cultivo pero a una escala más reducida.

De 44,2 millones toneladas de producción reportada para el periodo 2004/2009, aproximadamente el 70% corresponde al Chaco Boliviano, el resto se distribuyen en Argentina con el 30% y en muy poca participación de Paraguay. La evolución del rendimiento para el periodo mencionado se ilustra en la figura 117 (a), donde se observa que en los últimos años, se ha reportado un alza en el rendimiento promedio de la región. El rendimiento base (periodo 1961-1990) para los cálculos de estimación de rendimientos en las proyecciones para el rubro es de 38,0 ton/ha.

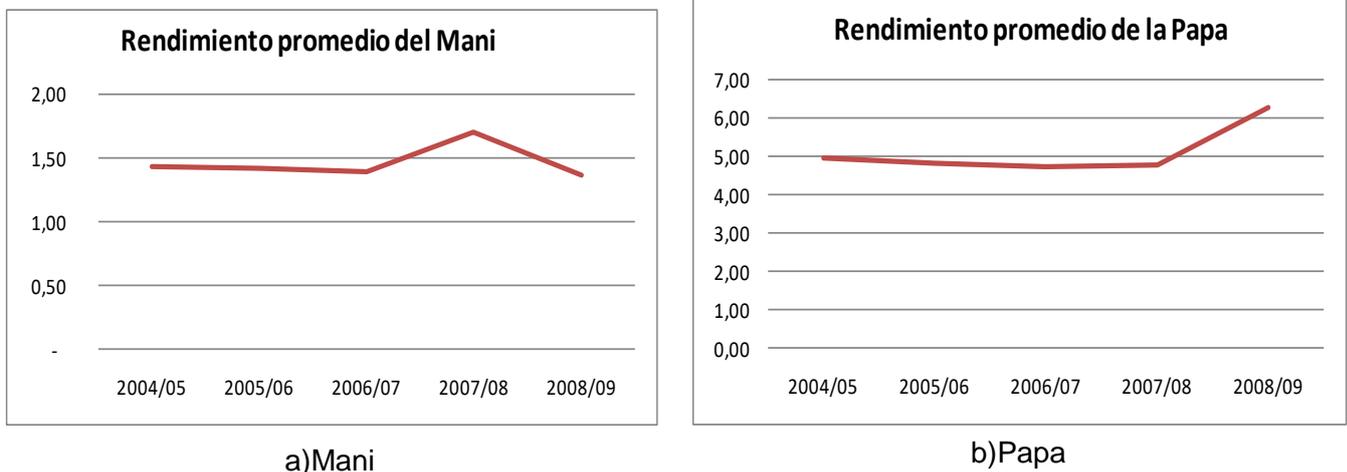
---

<sup>14</sup> [http://www.eeaoc.org.ar/up-load/upload/l\\_canioa\\_Jul03.pdf](http://www.eeaoc.org.ar/up-load/upload/l_canioa_Jul03.pdf)- Publicación Especial 34, Diciembre de 2007 – EEAOC



Para el periodo 2004/2009, el mayor productor es la provincia de Córdoba, seguida de Jujuy, Salta y norte de Santa Fe donde se cultiva más del 90% de la producción del Gran Chaco. El resto de la producción se distribuye en los departamentos de Paraguay (Boquerón) y de Bolivia (Chuquisaca, Tarija y Santa Cruz). En la figura 122 (a) se nota el comportamiento del maní, el cual registra un decrecimiento a partir del año 2008.

**Figura 122: Rendimiento promedio regional (ton/ha). Maní - Papa. Periodo 2004/2009.**



Fuente: Elaboración propia con series históricas del MAG (Paraguay), SIIA (Argentina) y MDRT (Bolivia). Periodo 2004/2005 - 2008/2009.

La **papa**, figura 122 (b), es un rubro que está muy ligado con las tradiciones culturales y es ingrediente importante de la mayoría de las canastas básicas alimentarias de la región, en especial con Bolivia. Se lo considera un rubro tradicional, razón por la cual en ese país se cultiva papa en una superficie de 179.407 hectáreas en siete departamentos, con una productividad de 5,2 toneladas por hectárea. Datos divulgados por el Instituto Boliviano de Comercio Exterior (IBCE) indican que en los siete departamentos productores de papa se cosecharon 935.862 toneladas, de esa cantidad 6.532 toneladas fueron producidas en Santa Cruz, SEGÚN datos de la Encuesta Nacional Agropecuaria 2008.



En una entrevista al señor Emilio García, responsable del Programa Nacional de Cambio Climático de Bolivia<sup>16</sup>, menciona que como cuarto cultivo en importancia nacional en Bolivia, después del arroz, el trigo y el maíz, la papa es invaluable en la dieta y los medios de subsistencia. Además, menciona la importancia de nutrientes, calidad particularmente bienvenida en regiones donde la tierra es escasa. Es por ello que la papa es sumamente importante para muchas familias campesinas.

<sup>16</sup><http://www.fmbolivia.com.bo/noticia84849-la-papa-cuarto-cultivo-en-importancia-del-pais.html>

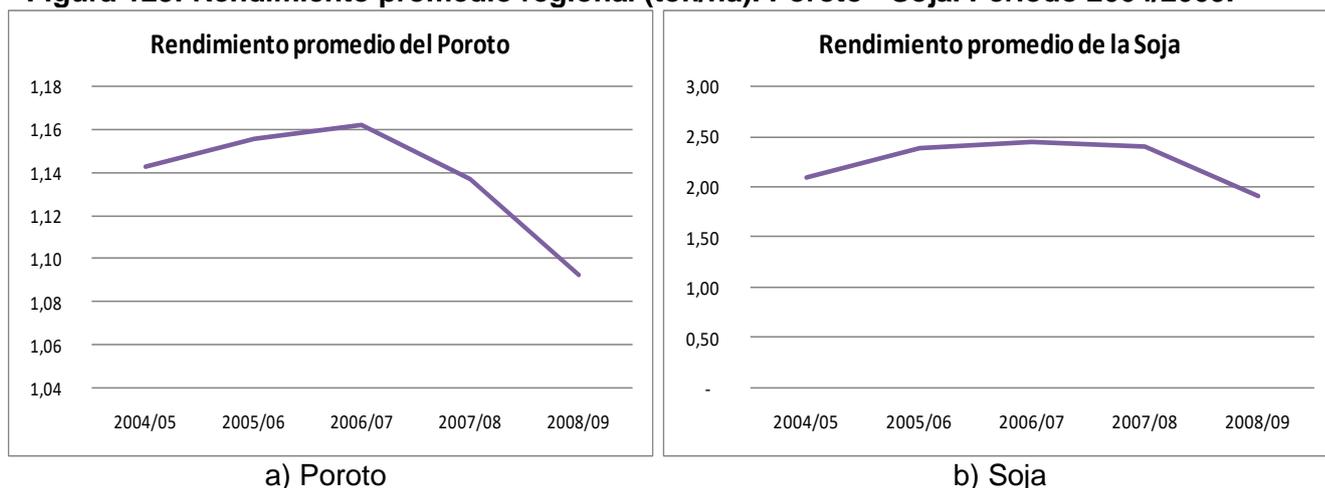
Foto de producción de papa, Bolivia

Actualmente, tanto los productores como los investigadores dan cuenta de un aumento del estrés hídrico, de cambios en la distribución e intensidad de las lluvias, granizadas, heladas y nevadas más frecuentes a altitudes elevadas. La papa tiene una elevada importancia en el mundo entero, siendo la base de la alimentación en muchos países del mundo entero. Culturas enteras se desarrollaron alrededor de la papa.

El **poroto** constituye un ingrediente básico en la cocina de la región, en particular en los hogares de medianos y bajos ingresos. A nivel mundial, la FAO promociona su cultivo en huertas familiares. Por su alto contenido en proteínas, los porotos contribuyen a mejorar la nutrición de personas que consumen poca carne. El cultivo<sup>17</sup> del poroto es un elemento muy importante en la economía regional del Noroeste Argentino, principalmente en Salta, con aproximadamente unas 230.000 hectáreas cultivadas. En la actualidad el cultivo se encuentra expandido en todo el noroeste desde el límite con Bolivia al norte de Córdoba.

El 88% de la producción de este rubro para los años 2004/2009 en toda la región del Gran Chaco corresponde a las provincias argentinas de Salta, Jujuy, Catamarca, Tucumán y Santiago del Estero, el 9% se produce en los departamentos bolivianos de Santa Cruz, Chuquisaca y Tarija; y un pequeño porcentaje restante corresponde a los departamentos de Paraguay, Boquerón y Presidente Hayes. Se nota un incremento importante en el rendimiento de este cultivo a partir del año 2006. Figura 123 (a).

**Figura 123: Rendimiento promedio regional (ton/ha). Poroto - Soja. Periodo 2004/2009.**



Fuente: Elaboración propia con series históricas del MAG (Paraguay), SIIA (Argentina) y MDRT (Bolivia). Periodo 2004/2005 - 2008/2009.

La **Soja** es uno de los rubros que más ha crecido en superficie en los últimos años a nivel global, y en los tres países ha pasado a ser uno de los rubros que más contribuye en las exportaciones, motivo por el cual tiene su gran relevancia en los PIB nacionales. La producción de la región del Chaco para el periodo 2004/2009 reporta 91.412.246<sup>18</sup> de toneladas, siendo las provincias argentinas las que cubren el 90% de la producción regional. La provincia de Córdoba se erige como la principal productora, seguida de Santa Fe, Santiago del Estero, Chaco, Salta y Tucumán. Bolivia, con producciones localizadas en los departamentos de Santa Cruz y Tarija aporta los 10% restantes.

<sup>17</sup> [http://www.produccion.com.ar/ver\\_nota.php?edicion=May\\_Jun2008&numero=172&id=154](http://www.produccion.com.ar/ver_nota.php?edicion=May_Jun2008&numero=172&id=154)

<sup>18</sup> <http://www.siaa.gov.ar/>

En el Chaco Paraguayo, el cultivo de soja es aún incipiente. Como se observa en la Figura 123 (b), para el periodo 2004/2009 el rendimiento promedio regional ha tenido un descenso importante, acentuado a partir del año 2007/8. Según<sup>19</sup> el Ing. Agr. Francisco Regis Mereles, presidente de la Asociación de Productores de Soja, Cereales y Oleaginosas (APS) de Paraguay, la zona del Alto Chaco paraguayo, en el límite con Bolivia y Brasil, puede convertirse en una zona potencialmente agrícola, con capacidad para producir soja y maíz.

En Argentina<sup>20</sup>, en cambio, son diversos los factores que se conjugan para comprender por qué la soja tomó tanta significación en el contexto agrícola del norte argentino. Actualmente el paisaje del centro norteño está moldeado por una serie de elementos que son el reflejo de lo que el colectivo de la sociedad llama el efecto soja: centros de distribución, plantas de acopio, transportistas, comercios destinados a la oferta de agroquímicos y modernas maquinarias son algunos de los elementos más destacados de la fisonomía agrícola.

El primer elemento que explica este fenómeno es el crecimiento de la demanda internacional y los elevados valores de los precios por el grano y sus derivados, como el aceite de soja. Por otra parte, paralelamente el territorio mostró cambios importantes en torno a sus elementos climáticos. El hecho destacado fue el incremento y cambios en la distribución de los valores pluviométricos a partir de la década del 60, con un desplazamiento de la isoyeta de 800 mm hacia el sector occidental chaqueño (Pertile, 2004), lo que generó un crecimiento de la superficie destinada a la agricultura y, en ese contexto se insertó la soja.

Según Huergo (2007) la mayor demanda externa se origina en la llamada “transición dietética”, según la cual a medida que se incrementa el ingreso per cápita de una sociedad, sube el contenido de proteínas animales.,

El principal uso del **sorgo** es la suplementación animal. Este cultivo representa una alternativa de menor costo pero a su vez de menor calidad en la alimentación animal, obligando la combinación con otros granos para balancear la diferencia nutritiva. La mayor adaptabilidad del cultivo a condiciones de sequía hace que, ante la falta de maíz, se pueda utilizar como reemplazo en las raciones para animales.



En el periodo 2004/2009 se han producido aproximadamente 7, 6 millones de toneladas a nivel regional. Las provincias argentinas de Córdoba, Chaco, Santa Fe, Santiago del Estero y Formosa lideran la producción con el 75%; Bolivia también es un importante productor donde Santa Cruz produce el mayor porcentaje (23%);

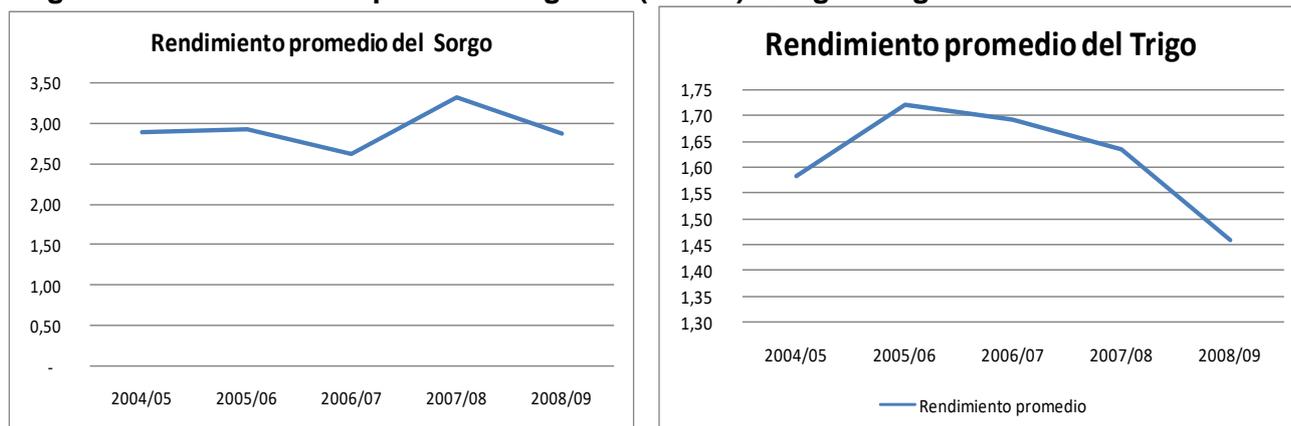
en tanto que la producción restante se cultiva en el Chaco Central de Paraguay, en el departamento de Boquerón. Se puede observar en la figura 124 (a) el comportamiento para el periodo con altas y bajas en el rendimiento promedio regional.

Foto de plantaciones de sorgo, Argentina

<sup>19</sup><http://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/economico/la-soja-se-expande-hacia-nuevos-horizontes-539664.html>

<sup>20</sup>El cultivo de la soja en el Norte Grande. Proceso de crecimiento espacial y productivo. Ana Isabel Rivas/Adriana del Valle Rodríguez <http://observatoriageograficoamericalatina.org.mx/egal12/Geografiasocioeconomica/Geografiaagricola/42.pdf>

**Figura 124: Rendimiento promedio regional (ton/ha). Sorgo - Trigo. Periodo 2004/2009.**



a) Sorgo

b) Trigo

Fuente: Elaboración propia con series históricas del MAG (Paraguay), SIIA (Argentina) y MDRT (Bolivia).

El **trigo** es uno de los principales rubros por su importancia en la canasta básica de alimentos de la población. La demanda comprende el consumo de harina de trigo en diferentes formas: producciones industriales de panificados, galletitas y pastas, elaboración de pan tradicional de panadería o fraccionada en envases de un kilogramo para el consumo hogareño, entre otros.

Solo en Argentina, la superficie destinada a la siembra de trigo rondó las 6 millones de hectáreas durante la mayor parte de este tiempo, para caer desde el pico de 7 millones de hectáreas sembradas en la campaña 2001/02 hasta el piso de 2,8 millones de hectáreas sembradas en la campaña 2009/10, la menor superficie de los últimos cien años. Este fenómeno<sup>21</sup> se observa en la figura 124 (b). Además Argentina registra en total 178 molinos de harina de trigo que se distribuyen entre 155 empresas.

Para el periodo 2004/2009, en la región del Gran Chaco se han producido 14,4 millones toneladas, de las cuales el 95% de la producción corresponde a Argentina (Córdoba, Santa Fe, Santiago del Estero, Salta y Tucumán). El porcentaje restante se produce en los departamentos de Bolivia (Tarija y Santa Cruz) y en un porcentaje mínimo en Paraguay (Alto Paraguay, Boquerón y Presidente Hayes).

El rendimiento promedio de los rubros agrícolas de la línea base por unidad de análisis, correspondiente al periodo 1961/1990, se puede observar en la Tabla 25.

<sup>21</sup> <http://agronegociosuba.blogspot.com/2010/12/la-importancia-del-cultivo-de-trigo-en.html>

**Tabla 25: Rendimiento promedio de la línea de base (kg/ha)**

Unidad geográfica	Rendimiento de la línea base de los rubros analizados (ton/ha)									
	Algodón	Arroz	Caña de azúcar	Maiz	Mani	Papa	Poroto	Soja	Sorgo	Trigo
Alto Paraguay			38,04		1,28		0,72		1,88	
Boqueron	1,25				1,28		0,83		2,06	
Catamarca				3,90			1,10	2,45		4,10
Chaco	1,76	14,38	36,16	3,31				2,14	3,71	3,71
Chuquisaca		0,45		4,42	1,38	7,04	1,15	2,05		1,38
Cordoba	1,98			4,47	0,91		0,89	1,97	3,62	1,54
Corrientes	1,70	1,04	35,56	0,03				2,11		
Formosa	1,62	0,92		2,28	0,98			2,07	2,77	1,54
Jujuy			11,67	3,68	0,34		0,55	1,64		2,12
Pdte Hayes	1,21		41,37	2,63	1,40	3,76	0,81		2,09	
Salta	1,73		38,85	3,86	1,40		0,99	2,20		2,26
Santa Fe	1,77	1,12		4,16	1,25			2,08		1,74
Santacruz	0,53	0,28	30,94	4,93	0,94	5,93	0,95	1,86	2,05	0,87
Santiago del Estero	2,09			4,71			1,10	2,15	3,23	2,20
Tarija		0,30	47,03	4,42	1,27	7,42	1,14	1,96	2,64	1,39
Tucuman				4,86			0,67	1,73	3,34	1,74

Fuente: Promedio de series históricas observadas Periodo 2004/2005 - 2008/2009. MAG (Paraguay), SIIA (Argentina) y MDRT (Bolivia).

Debido a la falta de información desagregada a nivel distrital, se estableció como unidad de análisis al departamento, en el caso de Bolivia y Paraguay, y a la provincia, en el caso de Argentina. Una vez definidos los rubros, se prosiguió a aplicar la metodología con fin de determinar la variación de rendimiento (ton/ha) en función a la variación del clima.

### 3.2.2 Metodología de análisis de sensibilidad agrícola

Para determinar la relación entre el rendimiento de los rubros agrícolas y el clima, se decidió partir de la observación de la series de rendimientos anuales con que cuentan las oficinas de estadísticas agrícolas de los países parte del estudio. Esta manera de proceder tiene la ventaja de que al partir de la observación del rendimiento real en cada unidad de análisis, se toma en cuenta no solamente el clima, sino el suelo y la tecnología aplicada en cada lugar. El procedimiento que se describe abajo permite separar el efecto de cada uno de estos factores.

La relación entre rendimiento y clima se establece mediante *ecuación exponencial segmentada*, donde la variable dependiente (Y) corresponde a los rendimientos, y las variables independientes consideradas fueron la precipitación (P), temperatura (T) así como la tendencia tecnológica (t) y un indicador de lugar (L). De esta manera, se pretende encontrar la función  $Y = f(T, P, t, L)$ .

Para hallar la relación existente entre las variables consideradas y el rendimiento, se realizan las siguientes consideraciones:

- i. Existe un nivel óptimo de las variables climáticas, tal que para niveles inferiores o superiores al óptimo, el rendimiento decrece de modo tal que cuanto más se aleje el nivel del óptimo más bajo es el rendimiento.

- ii. El efecto de niveles altos o bajos no es necesariamente simétrico. Esto equivale a decir que el rendimiento de un cultivo no responde necesariamente de igual manera a temperaturas o precipitaciones altas que a las bajas.
- iii. Existe interacción entre la temperatura y la precipitación. Por ejemplo, el efecto de temperaturas elevadas y sequía, puede ser muy diferente al efecto de la misma temperatura elevada, pero con un buen régimen de lluvia.
- iv. El rendimiento es siempre mayor o igual a cero.

Además, utiliza los siguientes supuestos:

- v. Condicional en el periodo de tiempo, el rendimiento en el tiempo t es independiente del rendimiento en periodos anteriores.
- vi. Las variables que podrían afectar simultáneamente al rendimiento y a las variables climáticas, como por ejemplo el CO<sub>2</sub>, son a su vez función del tiempo.

La relación funcional es de la forma:

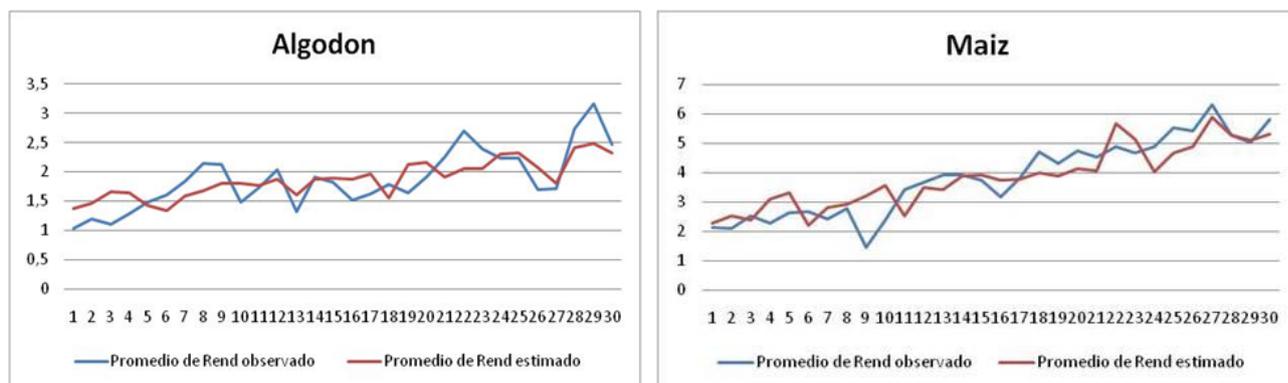
$$\text{Rendimiento } t = f(t, \text{lugar}, \text{Temperatura } t, \text{Precipitación } t) + et$$

La cual toma en cuenta las variables climáticas temperatura y precipitación, así como la tendencia que puede ser resultado del cambio tecnológico (et). Además, considera las condiciones específicas del lugar, que podría ser consecuencia de características propias tales como la fertilidad del suelo.

Abajo, en la Figura 125, se muestran los valores observados y los predichos por el modelo, en el caso del algodón y del maíz específicamente a modo de ejemplo.

Observamos que en el eje de ordenadas se tienen los rendimientos y en el eje de abscisas se tienen los números de datos utilizados, puede apreciarse que el modelo reproduce en términos generales el patrón de comportamiento del rendimiento observado.

**Figura 125: Valores observados y estimados (según el método propuesto)**

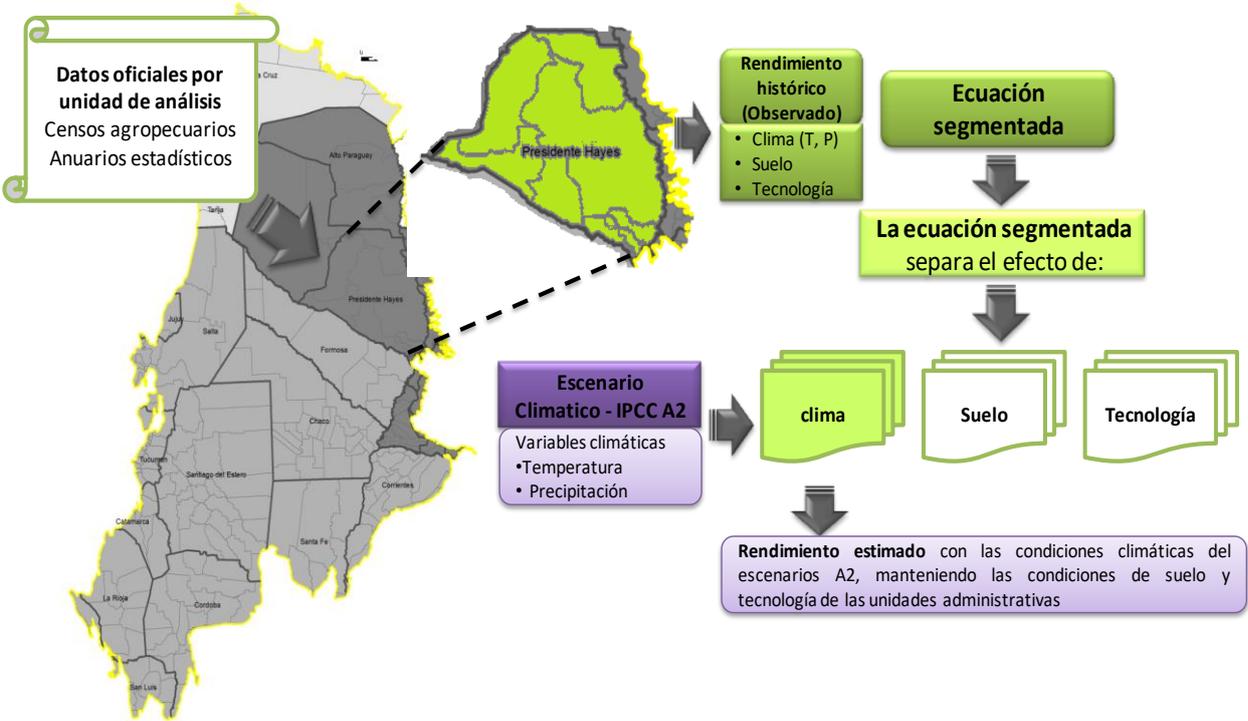


Fuente: Elaboración propia con series históricas del MAG (Paraguay), SIIA (Argentina) y MDRT (Bolivia). Periodo 2004/2005 - 2008/2009.

Se resume el método en el siguiente esquema, el mismo determina la variación de los rendimientos de los cultivos por departamentos y se calcula a partir de observaciones de series de rendimiento y condiciones de precipitación y temperatura por unidades de análisis (provincias o departamentos), con los que luego se estiman los parámetros de una ecuación de rendimiento (ecuación exponencial segmentada). De esta forma, se toma en cuenta el rendimiento histórico de cada unidad de análisis –la cual resulta de las condiciones climáticas, suelo y tecnología- y el modelo utilizado permite separar el efecto de cada uno de los tres

factores (clima, suelo y tecnología), con lo que la estimación del rendimiento a futuro incorpora el clima (temperatura y precipitación del modelo PRECIS en el escenario A2) y mantiene constante el suelo y tecnología a las condiciones de la última observación. Figura 126

**Figura 126: Esquema de la metodología utilizada en el sector agrícola**



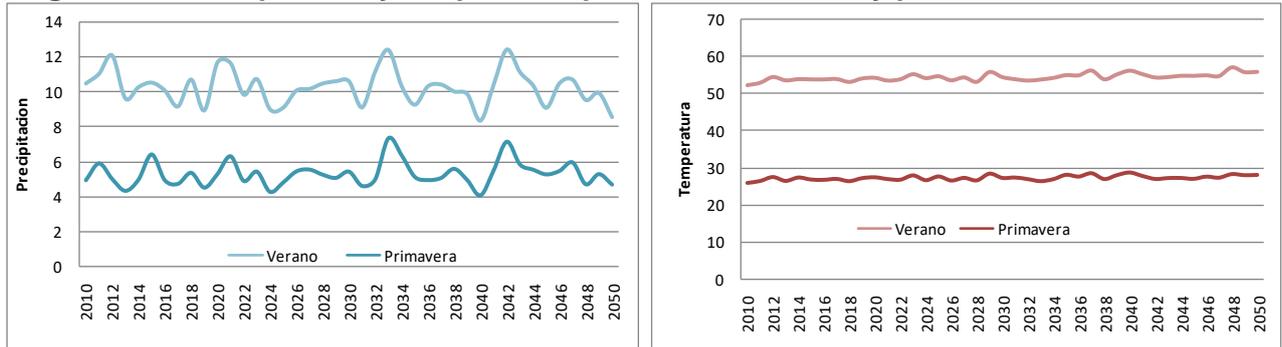
Fuente: Elaboración propia

**3.2.2.1 Resultados de sensibilidad agrícola**

Para llevar a cabo el análisis del sector agrícola, es importante conocer la relación entre rendimiento y las variables climáticas y saber que ellas no son independientes y la relación es no-lineal. Resulta instructivo comparar el gráfico de rendimiento de cada uno de los cultivos con las Figuras 57, 58, 59 *Tendencia de la precipitación total anual (1961-2040)* y Figuras 64, 65, 66 *Tendencia de la temperatura total anual (1961-2040)* por departamento, para el escenario A2, en la sección 4 correspondiente al Análisis de Exposición. En caso necesario también se lleva a cabo el análisis de temperatura y precipitación durante las estaciones del ciclo fenológico de los rubros en base a las planillas de regresión utilizada por el modelo.

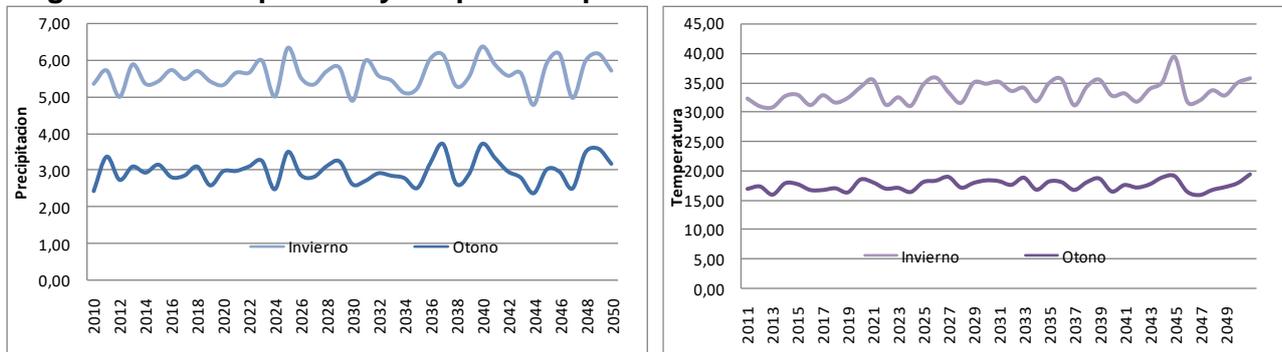
Las figuras siguientes (Figuras 127 y 128) ilustran el comportamiento de las variables climáticas por unidad de análisis considerando el ciclo fenológico de cada cultivo, ejercicio que se llevó a cabo para cada uno de los rubros y se ilustra a modo de ejemplo el caso para el departamento de Alto Paraguay.

**Figura 127: Precipitación y temperatura promedio de verano y primavera. Escenario A2**



Fuente: Elaboración propia, con datos del INPE

**Figura 128: Precipitación y temperatura promedio de otoño e invierno. Escenario A2**



Fuente: Elaboración propia, con datos del INPE

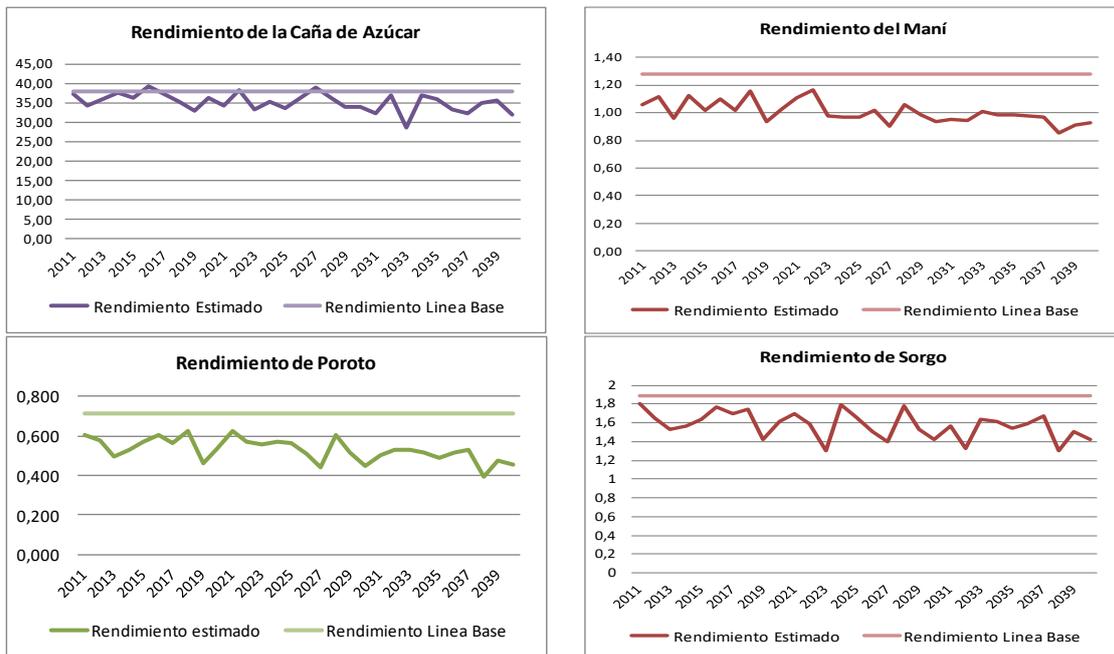
A continuación, se muestran los resultados de la variación del rendimiento de cada uno de los rubros agrícolas por unidad de análisis, departamentos y/o provincias con el procedimiento explicado.

En el departamento de **Alto Paraguay** se analizan los rubros de caña de azúcar, maní, poroto y sorgo. Para todos los rubros se nota un leve decremento de los rendimientos en relación a la línea base promedio

La caña de azúcar es un rubro anual por lo tanto está influenciado por las variables climáticas de todo el año, las estimaciones se observa que el promedio del rendimiento es significativo y se atribuye a las precipitaciones promedio, consideradas buenas para el periodo. Manifiesta algunos picos de disminución hacia la década del 2030, fecha que coincide con picos de temperaturas elevadas.

Para el poroto y el sorgo, sin embargo, se estiman rendimientos menores en relación a la línea base para todo el periodo (aproximadamente 20%). Esta pérdida de la producción podría atribuirse a las elevadas temperaturas para el departamento, sobre todo a partir del año 2020. Figura 129.

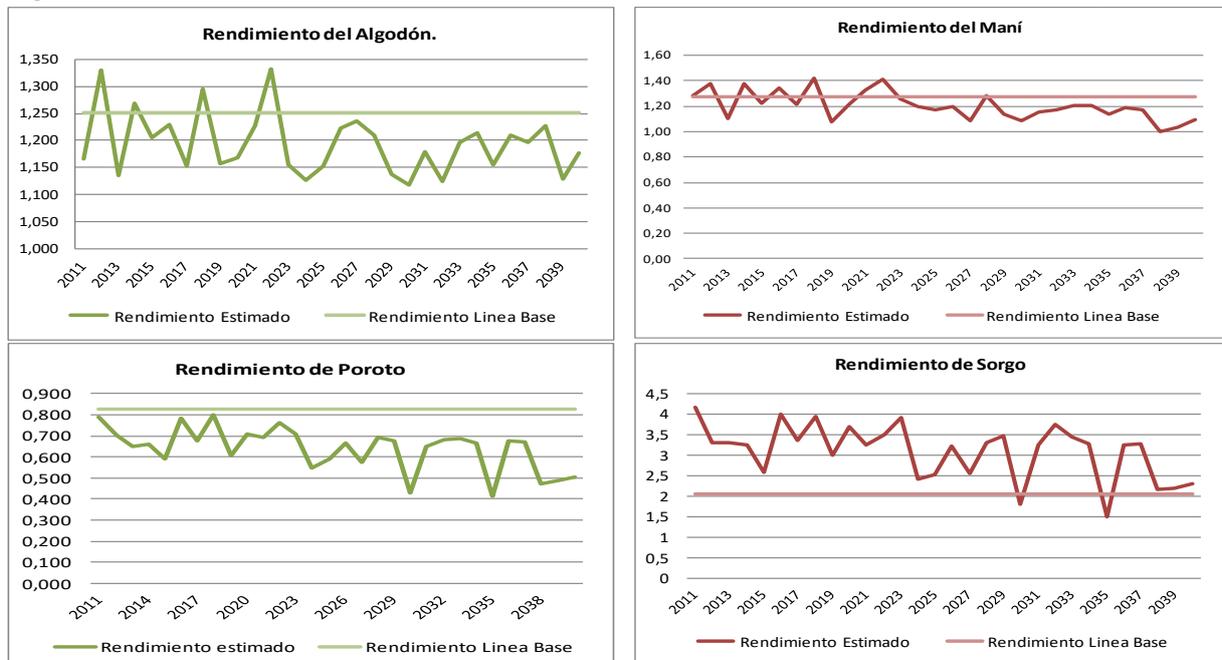
**Figura 129: Variación de rendimiento de los rubros en el Departamento de Alto Paraguay**



Fuente: Elaboracion propia con datos del INPE

La Figura 130 ilustra los rubros analizados en el departamento de **Boquerón**: algodón, poroto, maní y sorgo. Se observa que el algodón así como el poroto, presentan variaciones negativas del rendimiento con respecto al promedio de la línea base, con caídas importantes a partir del año 2020. Este fenómeno puede atribuirse a una importante alza de la temperatura, también a partir de la década del año 2020.

**Figura 130: Variación de rendimiento de los rubros en el Departamento de Boquerón**

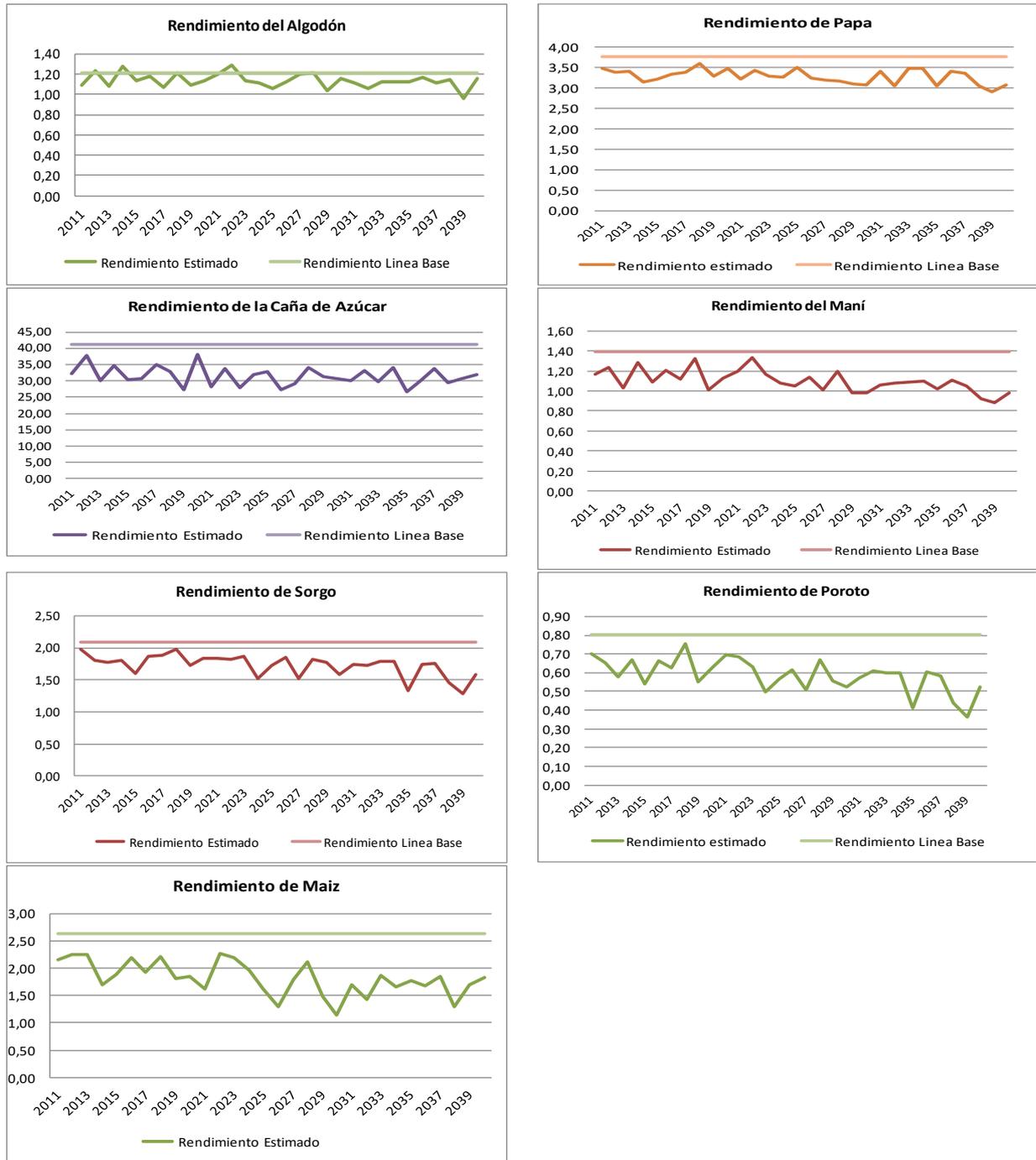


Fuente: Elaboracion propia con datos del INPE

Por otra parte, el sorgo presenta un incremento importante, y casi duplica su valor de rendimiento en relación a la línea base. Dicho fenómeno podría tener explicación en una mayor tolerancia del sorgo a las variaciones del clima y a que es más favorable a sus requerimientos en su ciclo fenológico.

En el departamento de **Presidente Hayes** se analizan el algodón, la caña de azúcar, el maíz, el maní, la papa, el poroto y el sorgo. Se observa que todos los rubros tienen un rendimiento por debajo de la línea de base.

**Figura 131: Variación de rendimiento en el Departamento de Presidente Hayes**



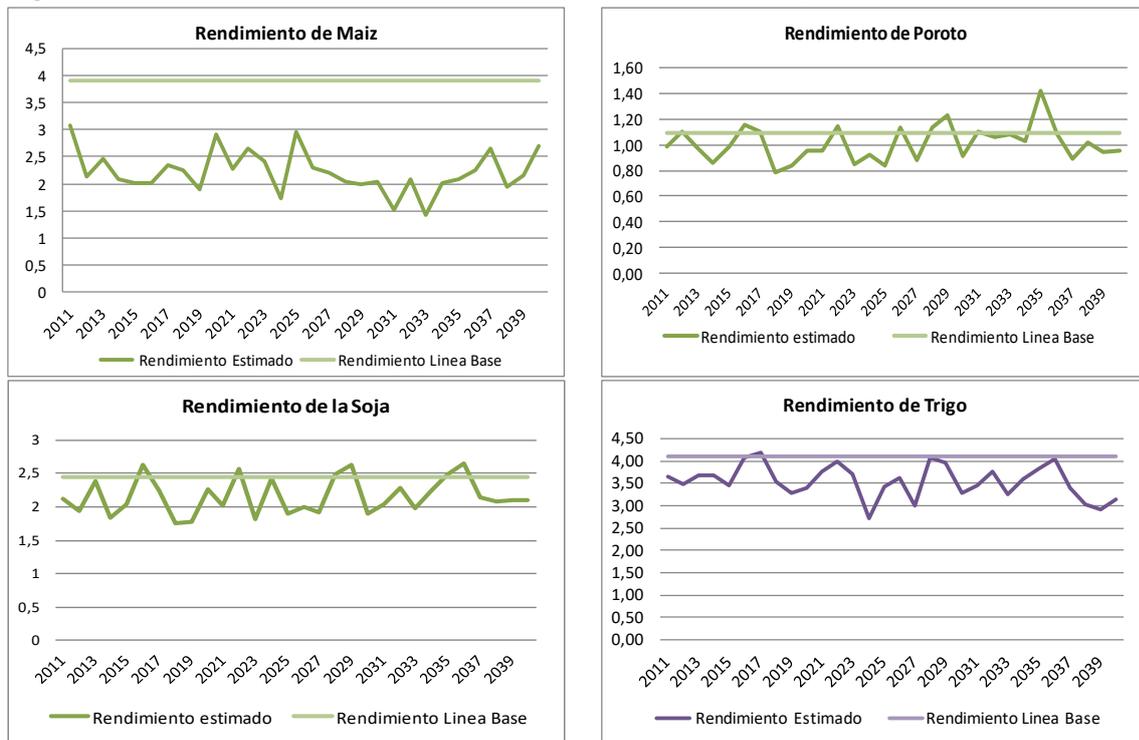
Fuente: Elaboración propia con datos del INPE

En particular, el algodón, la papa y la caña de azúcar, presentan un incremento del rendimiento constante en relación a la línea de base para todo el periodo. Sin embargo el maní, el sorgo y el poroto presentan caídas más significativas del rendimiento a partir de los años 2030, lo que coincide con las variaciones bruscas de la precipitación en la estación de verano y primavera. Por su lado, la temperatura se mantiene levemente por encima de la línea de base, con aumentos a partir del año 2025. Estas condiciones influyen directamente en el rendimiento, puesto que coinciden con el ciclo fenológico de los mencionados cultivos.

Los rubros analizados en la provincia de **Catamarca** corresponden al maíz, poroto, soja y trigo, tal como se aprecia en la Figura 132. El poroto y la soja, en promedio, presentan rendimientos levemente inferiores al de la línea base. La disminución varía entre 10 y 15%.

Sin embargo, el maíz y el trigo presentan variaciones mayores, con caídas en el rendimiento más significativas (representando una disminución del maíz de aproximadamente un 40% en relación a la línea base y para el trigo representa una disminución aproximada del 20%). La explicación de esta disminución en la producción del trigo y maíz se debe a que las condiciones climáticas, en especial el aumento de la temperatura en otoño e invierno, siendo ambos cultivos de invierno, que afecta al ciclo fenológico de los mismos.

**Figura 132: Variación de rendimiento de los rubros en la provincia de Catamarca**

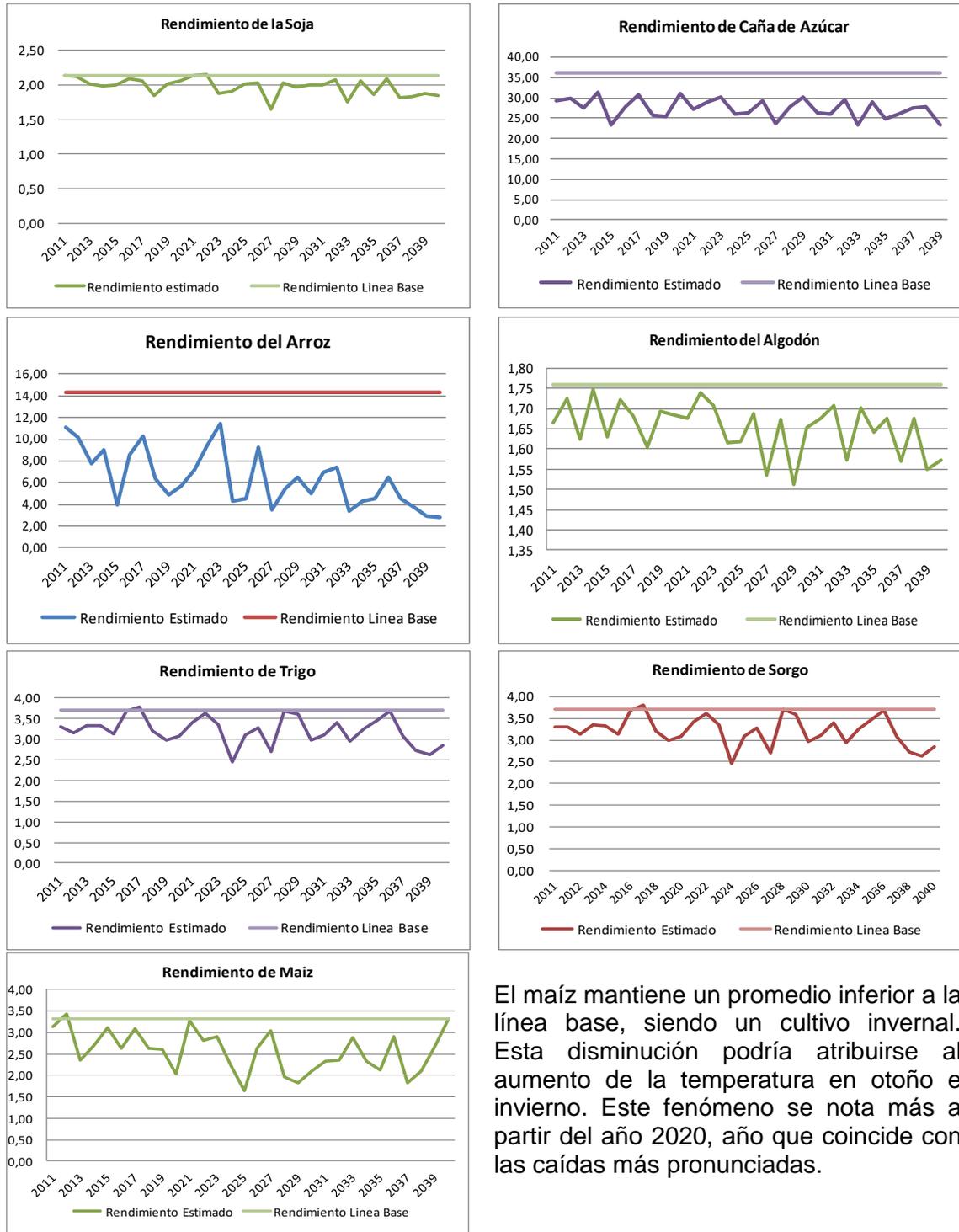


Fuente: Elaboración propia con datos del INPE

En la provincia del **Chaco** se analizan los rubros de algodón, arroz, caña de azúcar, maíz, soja, sorgo y trigo. En la Figura 133 se observa que la soja y la caña de azúcar son los cultivos que mantienen rendimientos similares a la línea base, con un leve decremento del rendimiento.

Sin embargo, el algodón, el trigo y el arroz son los cultivos que se ven más afectados con disminuciones importantes en los rendimientos. Esto podría atribuirse a que la variación porcentual de la precipitación mantiene valores negativos en relación a la línea base en las estaciones de verano y primavera, ambas estaciones implicadas en el ciclo fenológico.

**Figura 133: Variación de rendimiento de los rubros en la provincia de Chaco**

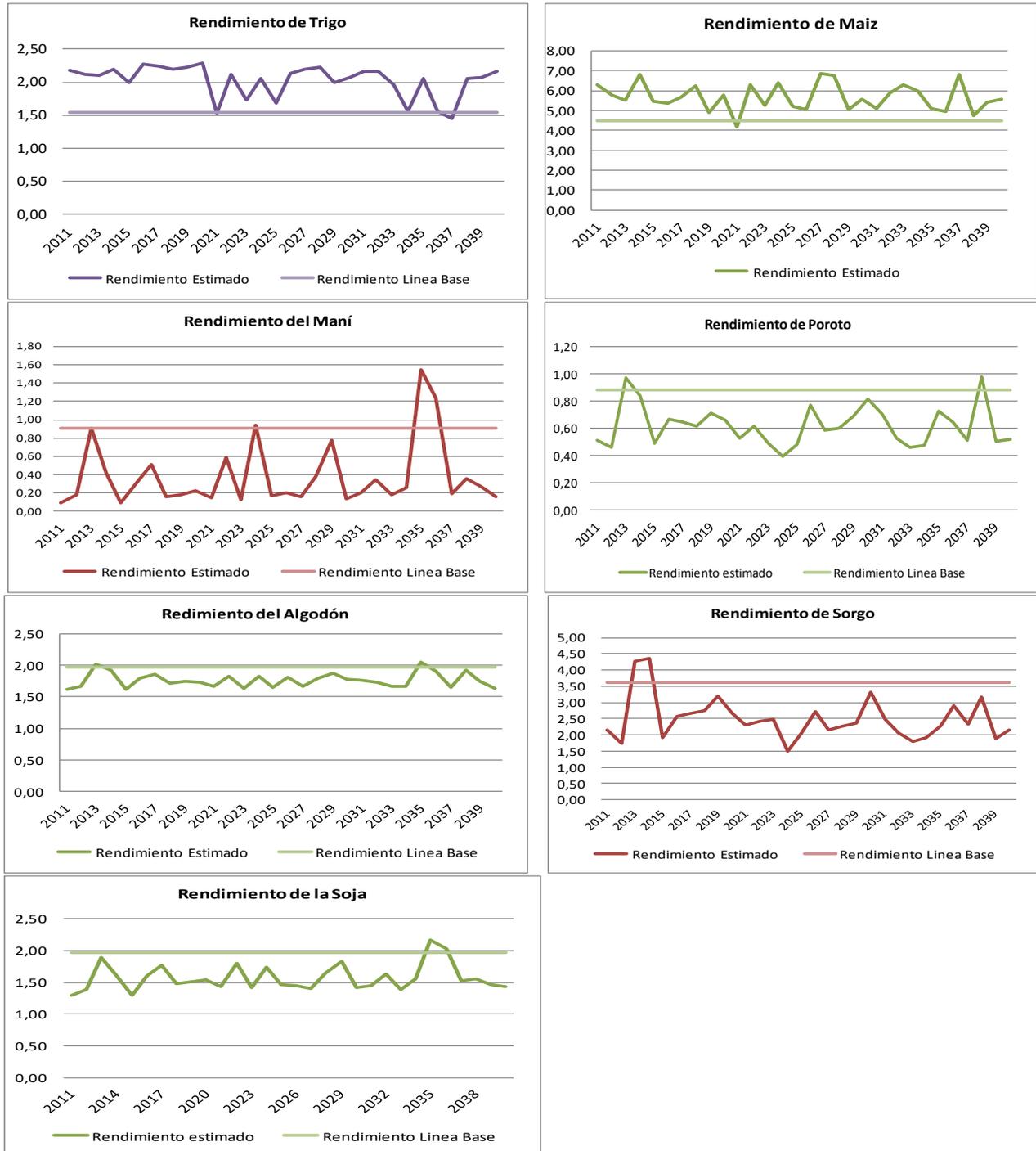


El maíz mantiene un promedio inferior a la línea base, siendo un cultivo invernal. Esta disminución podría atribuirse al aumento de la temperatura en otoño e invierno. Este fenómeno se nota más a partir del año 2020, año que coincide con las caídas más pronunciadas.

Fuente: Elaboración propia con datos del INPE

En la provincia de **Córdoba** los rubros analizados son el trigo, maíz, maní, poroto, sorgo, algodón y soja. El comportamiento sobre el escenario se presenta en la Figura 134.

**Figura 134: Variación de rendimiento de los rubros en la provincia de Córdoba**



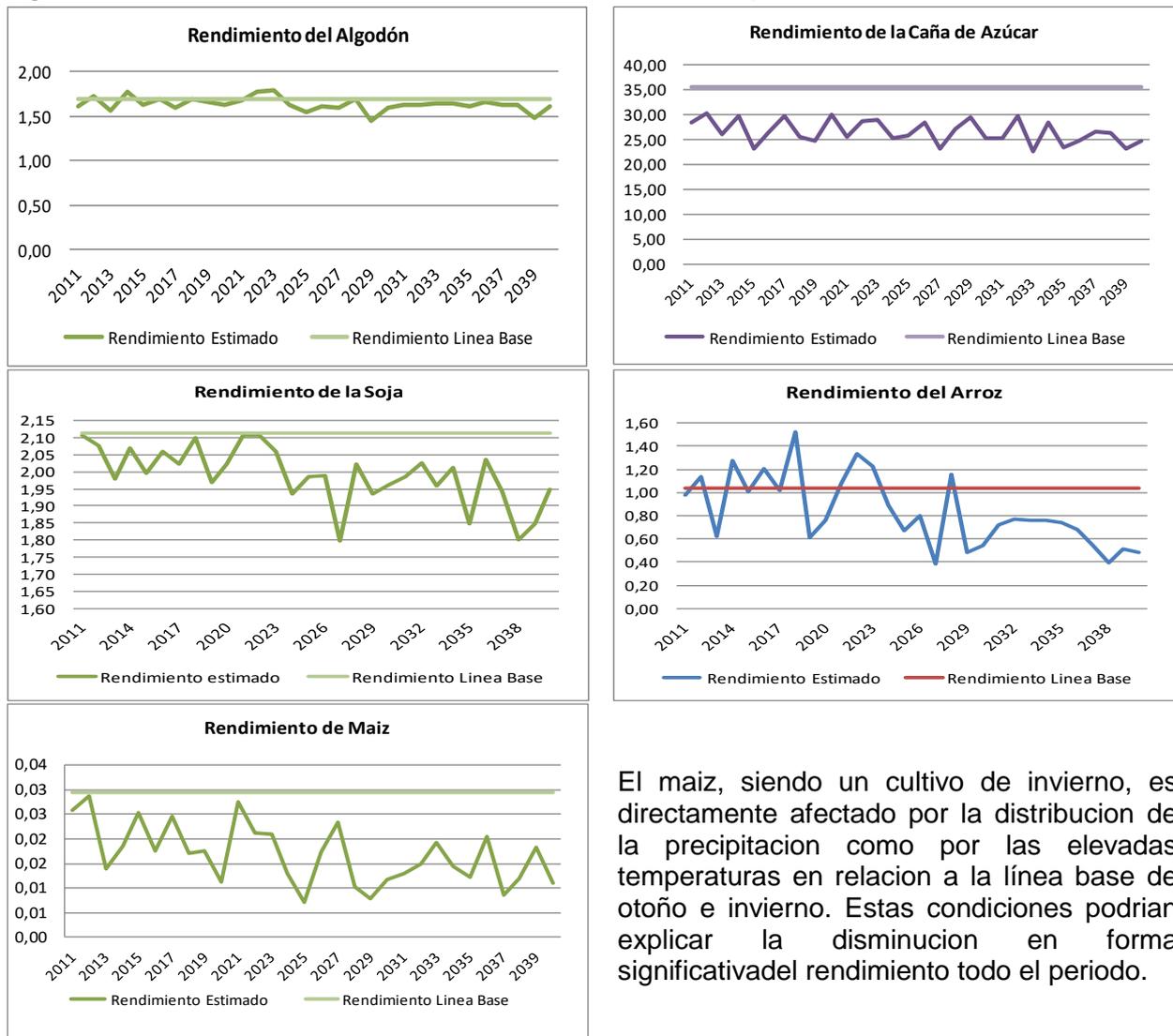
Fuente: Elaboración propia con datos del INPE

Se observa que los rendimientos de trigo y maíz son superiores a los de la línea base, comportamiento que se explica debido al aumento de la precipitación, a pesar de tener temperaturas elevadas. Estas condiciones en la estación de otoño e invierno (estaciones del ciclo fenológico de ambos cultivos) generan el aumento de la producción.

Sin embargo los cultivos con ciclos fenológicos en primavera y verano, como sorgo, poroto, soja, maní y algodón, se ven afectados debido a que presentan déficit de precipitaciones, a pesar de que las temperaturas promedio se mantienen similares a la línea base.

La Figura 135 ilustra los cultivos estudiados en la provincia de **Corrientes**. La misma indica que el rendimiento del algodón y de la caña de azúcar no varía significativamente en relación a la línea de base. Sin embargo, la soja y el arroz presentan caídas considerables a partir del año 2025. Este fenómeno se podría atribuir al incremento de la temperatura y la variación en la distribución de la precipitación en las estaciones del ciclo fenológico de los cultivos (primavera y verano).

**Figura 135: Variación de rendimiento de los rubros en la provincia de Corrientes**



El maíz, siendo un cultivo de invierno, es directamente afectado por la distribución de la precipitación como por las elevadas temperaturas en relación a la línea base de otoño e invierno. Estas condiciones podrían explicar la disminución en forma significativa del rendimiento todo el periodo.

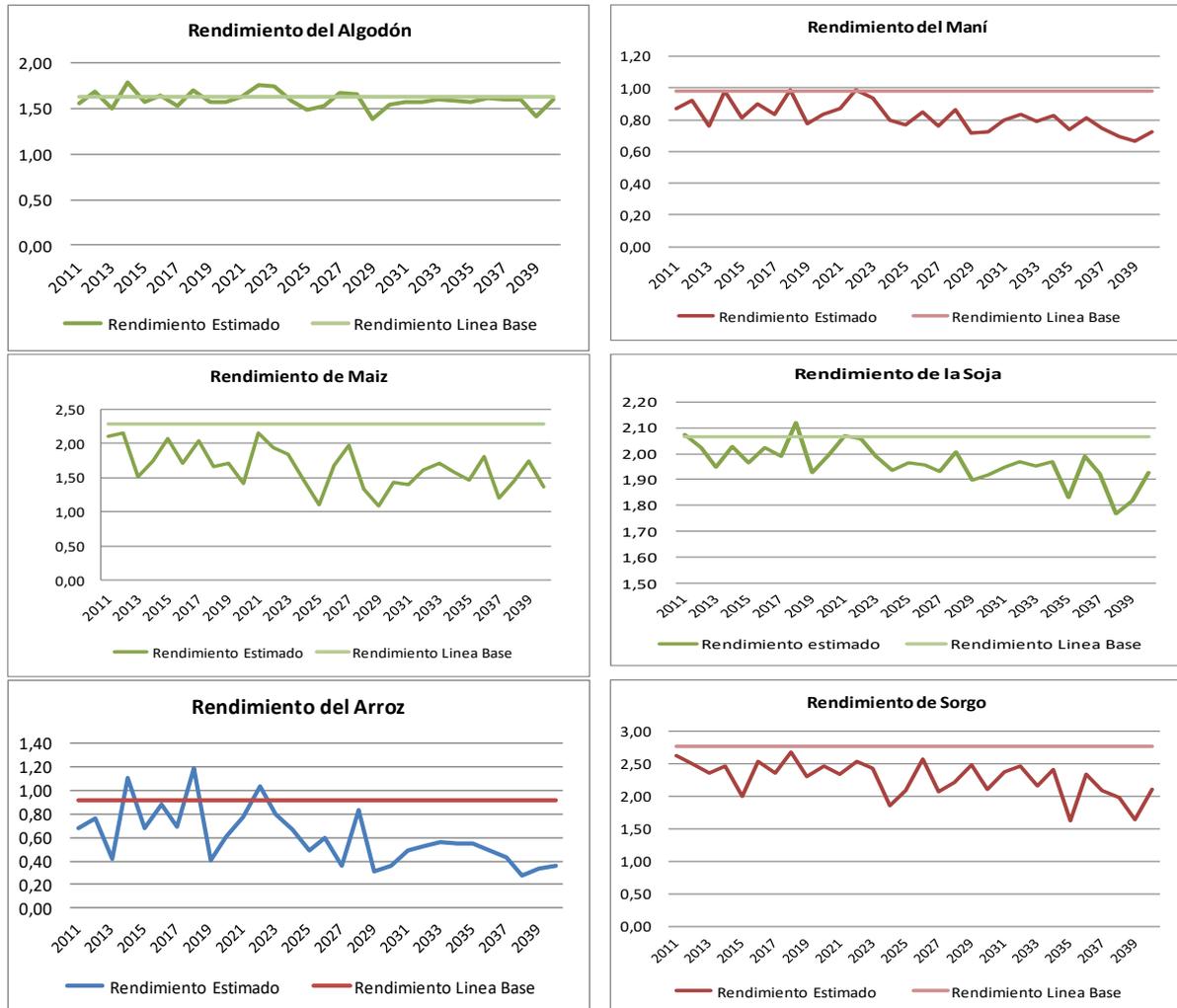
Fuente: Elaboración propia con datos del INPE

En la Figura 136 se observa los rubros analizados en la provincia de **Formosa**. El algodón mantiene un rendimiento similar a la de la línea base, con leve disminución en los últimos años del periodo. Por otra parte, el maní, el sorgo y la soja presentan un comportamiento similar, todos ellos con una disminución en el rendimiento en relación a la línea base, con caídas más significativas a partir del año 2020, llegando hasta un 30%. Este comportamiento se podría atribuir al déficit de la precipitación en las estaciones de verano y primavera, que son estaciones que abarcan el ciclo fenológico de los mismos.

Por otra parte el arroz, un cultivo con alto requerimiento hídrico, se ve aún más afectado por la misma situación de déficit hídrico en primavera y verano.

El maíz, con ciclo fenológico en otoño e invierno, y se ve muy afectado, mostrando pérdidas importantes. Los mismos se atribuyen al déficit hídrico y aumentos de temperatura, sobre todo a partir del año 2025.

**Figura 136: Variación de rendimiento de los rubros en la provincia de Formosa**

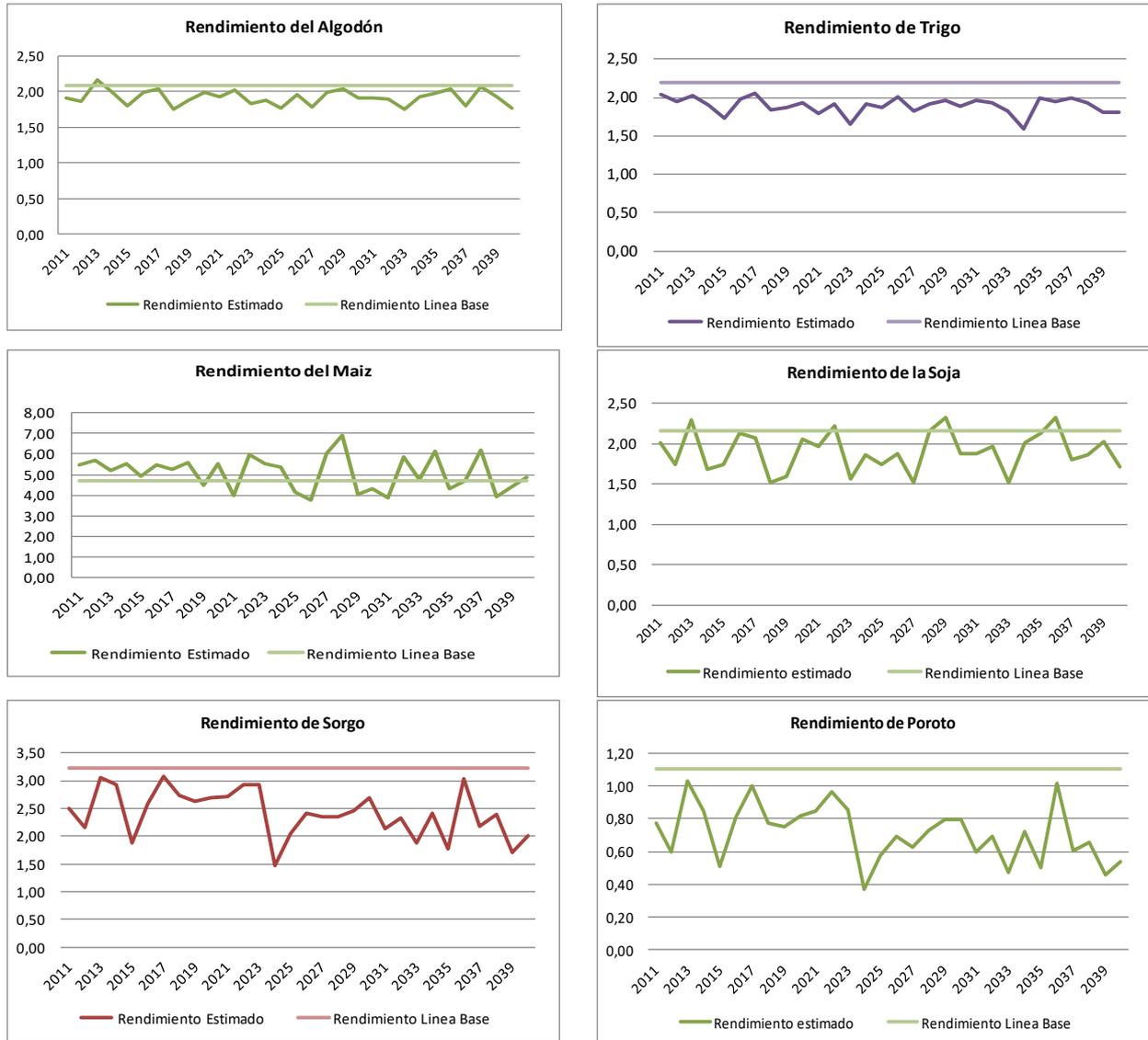


Fuente: Elaboración propia con datos del INPE

Los rubros analizados en la provincia de **Santiago del Estero** corresponden a algodón, trigo, maíz, soja, sorgo y poroto. El algodón y el trigo mantienen rendimientos similares a la línea de base. Sin embargo, el sorgo, la soja y el poroto presentan rendimientos por debajo de la línea de base. Esto se puede atribuir al déficit de precipitación en la estación de verano y primavera, estaciones que abarca el ciclo fenológico.

Por otro parte, el maíz presenta un rendimiento que en promedio se mantiene similar al de la línea base, efectos que podrían atribuirse al mismo comportamiento de la temperatura. Figura 137.

**Figura 137: Variación de rendimiento de los rubros en la provincia de Santiago del Estero**



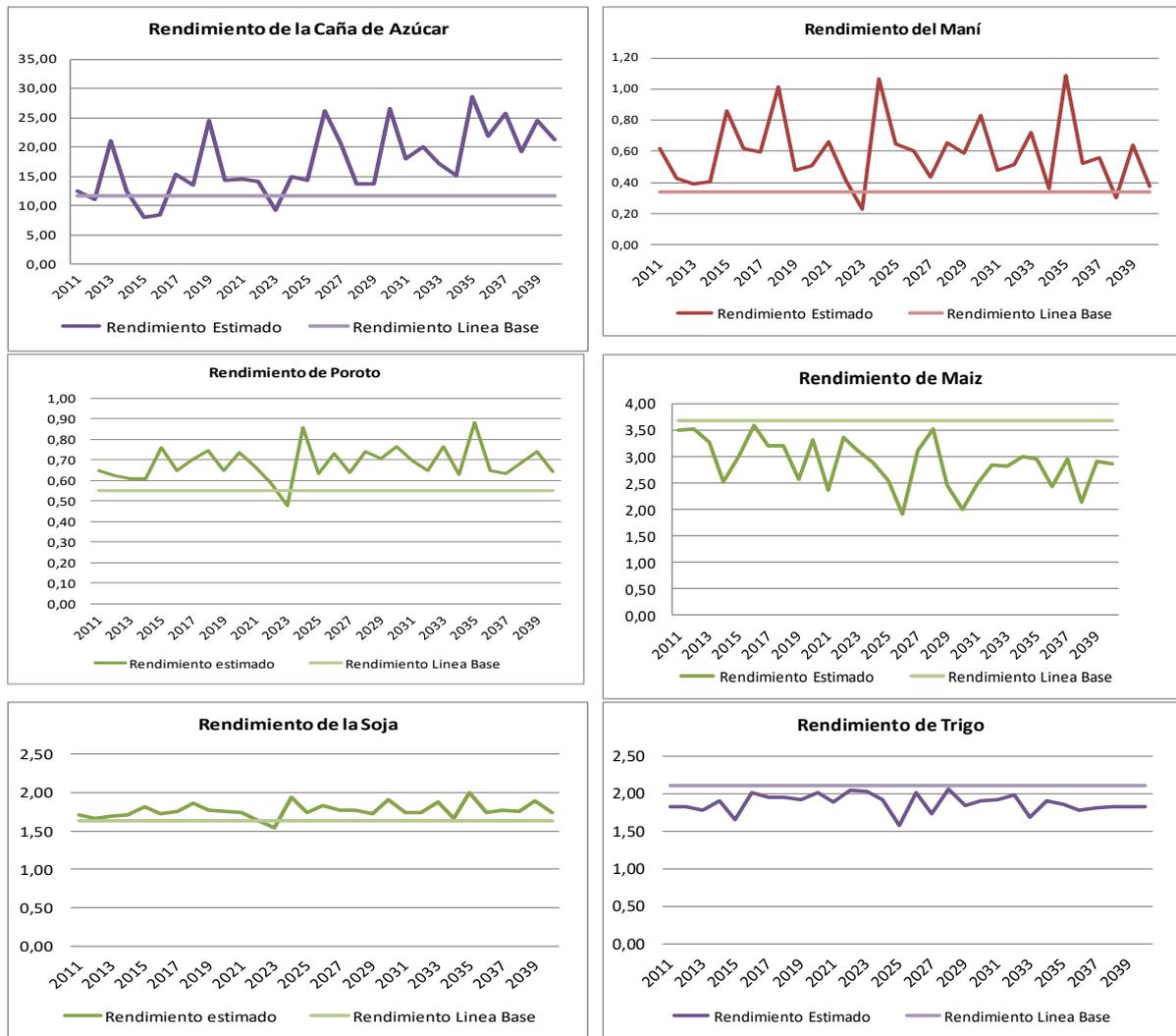
Fuente: Elaboración propia con datos del INPE

En la provincia de **Jujuy**, Figura 138, se analizan los rubros de caña de azúcar, maní, poroto, maíz, soja y trigo. La soja y el trigo presentan comportamientos y rendimientos muy similares a la línea base.

Sin embargo, el poroto, la caña de azúcar y el maní presentan incrementos significativos del rendimiento en relación al promedio histórico. Este fenómeno podría atribuirse a la variabilidad en la temporalidad de la precipitación alternando picos de incremento y decremento pronunciados en todo el periodo.

Por otra parte el maíz, siendo un rubro con ciclo fenológico que abarca las estaciones de invierno y otoño, presenta un rendimiento decreciente significativo. Este comportamiento se debe a que los meses de junio, julio y agosto presentan déficit hídrico.

**Figura 138: Variación de rendimiento de los rubros en la provincia de Jujuy**



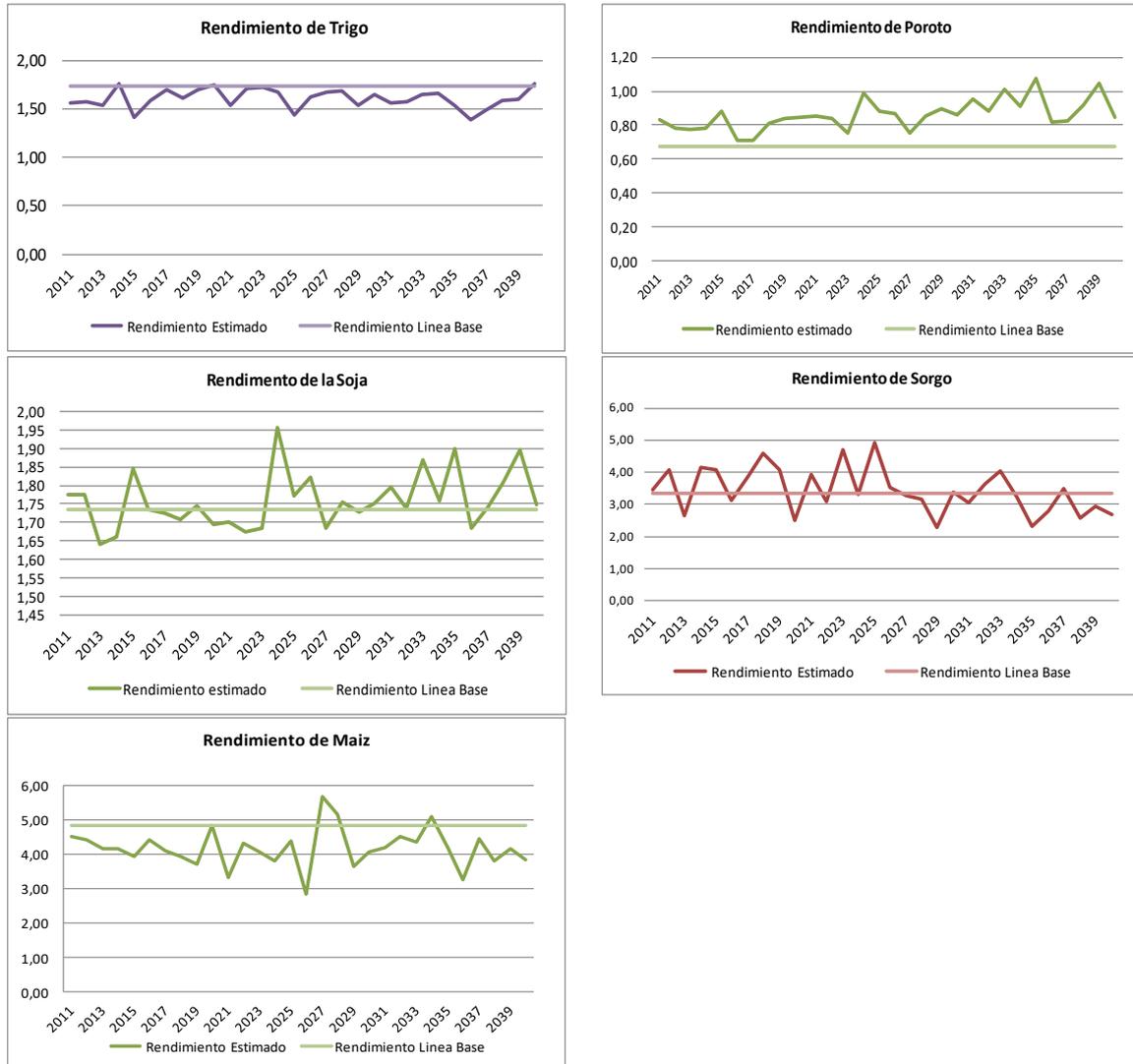
Fuente: Elaboración propia con datos del INPE

La Figura 139 ilustra los cultivos para la provincia de **Tucumán**, donde el poroto, el sorgo y la soja presentan rendimientos positivos en relación al promedio histórico, a pesar de que las temperaturas y las precipitaciones se mantienen similares a la línea base.

Contrariamente, el maíz presenta disminución del rendimiento en relación a la línea base, pese a que las precipitaciones son importantes en la estación invernal, considerando que es un cultivo que abarca dentro de su ciclo fenológico al invierno y otoño.

Este comportamiento podría atribuirse a una subestimación del modelo climático para la zona, considerando las distorsiones que pueden causar la altitud del área geográfica.

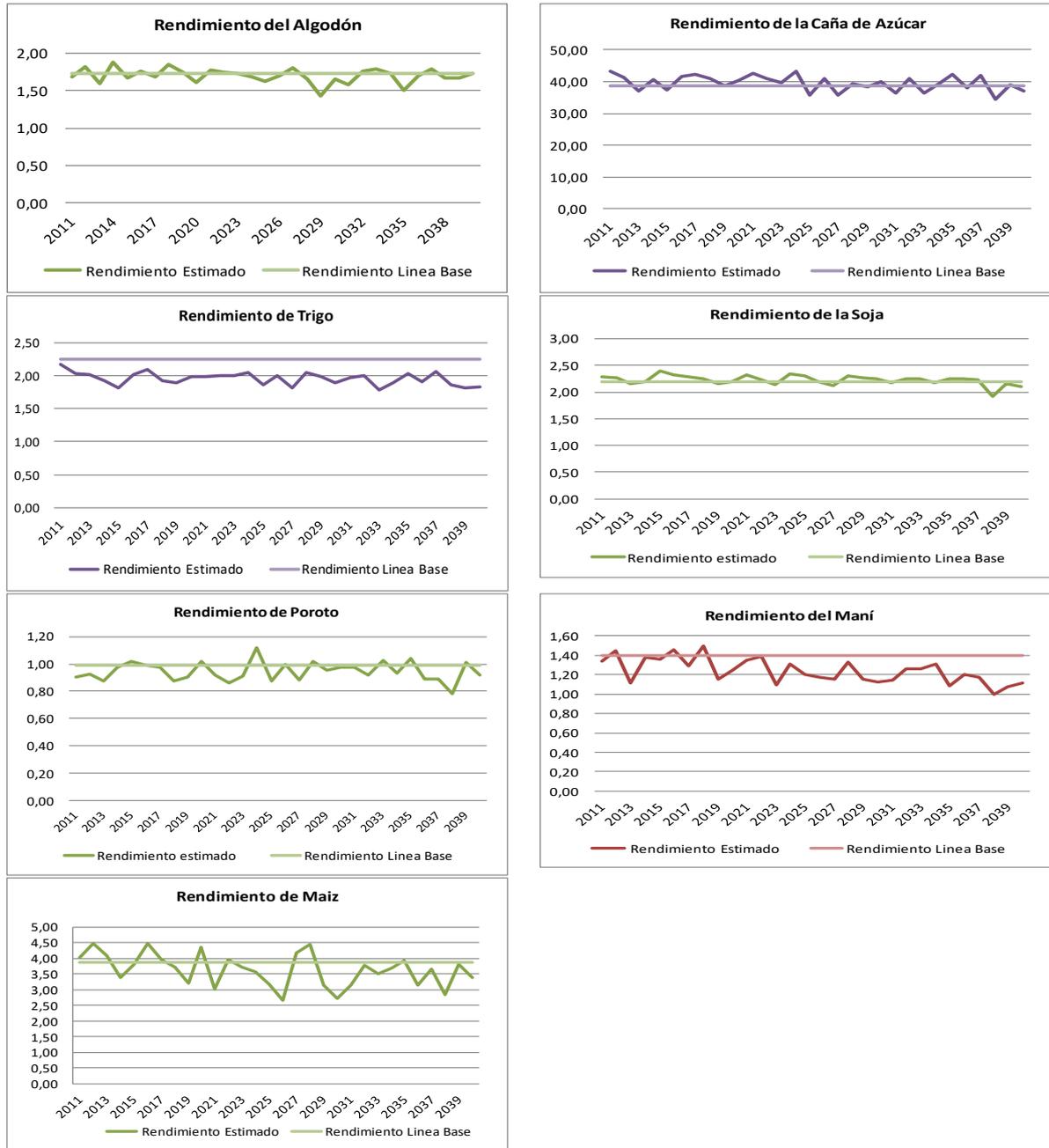
**Figura 139: Variación de rendimiento de los rubros en la provincia de Tucumán**



Fuente: Elaboración propia con datos del INPE

En la Figura 140 se ilustra el comportamiento de los rubros considerados en la provincia de **Salta**. Se observa que la mayoría de los rubros presentan un rendimiento similar al de la línea de base y esto coincide con la poca variación de la temperatura y precipitación en relación al periodo de referencia climático. Sin embargo, el maíz, rubro que contempla en su ciclo fenológico la estación de otoño e invierno, presenta una disminución significativa del rendimiento en todo el periodo a partir del 2030, año que coincide con la variabilidad de la temperatura comparando al promedio de la línea base.

**Figura 140: Variación de rendimiento de los rubros en la provincia de Salta**



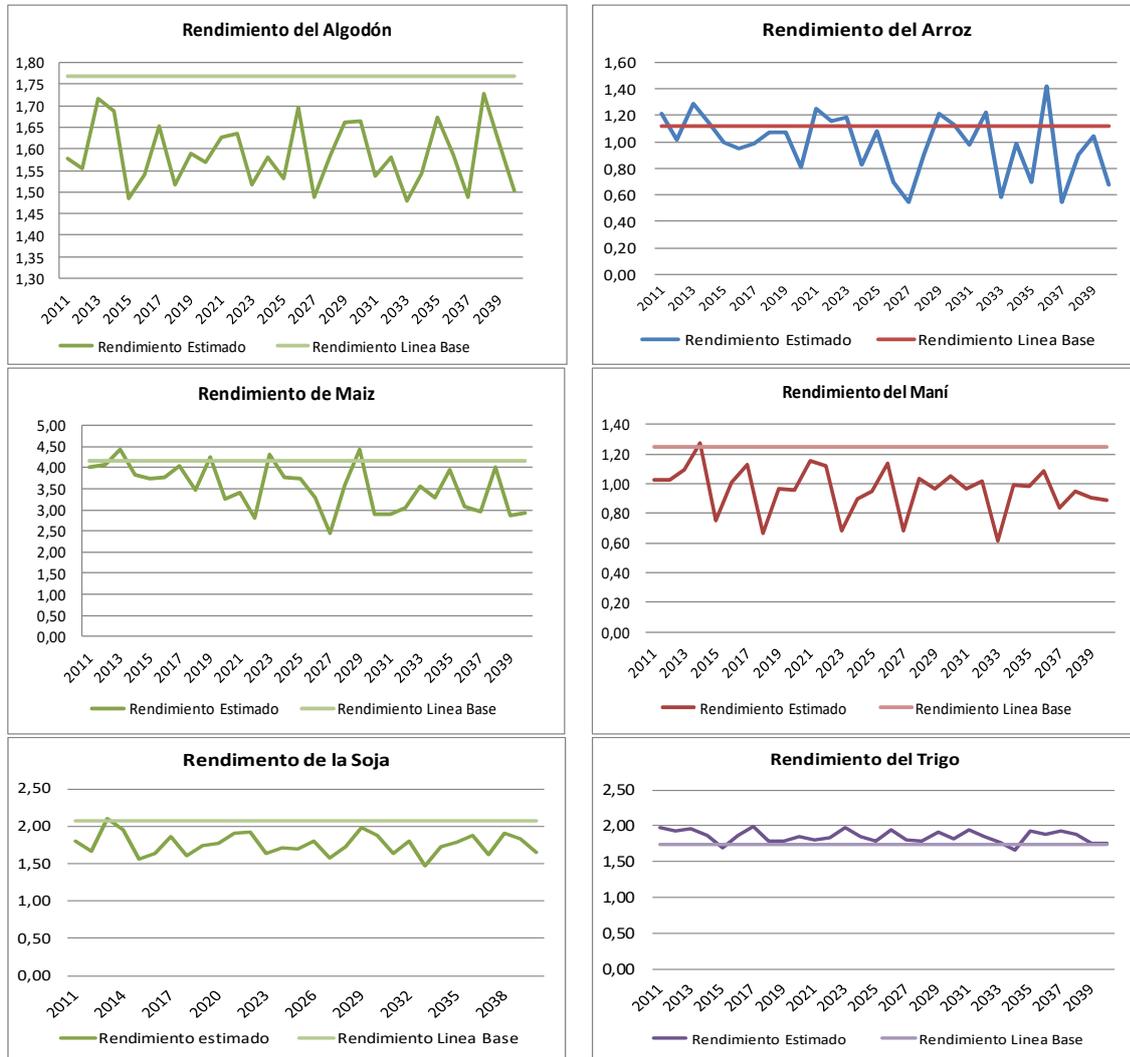
Fuente: Elaboración propia con datos del INPE

En la Figura 141 se observa los rubros analizados para la provincia de **Santa Fe**. Se observa que a excepción del trigo y la soja, rubros que mantienen un rendimiento similar a la línea base, el resto muestra una disminución importante en los rendimientos.

En el caso del algodón, maní y arroz, rubros con ciclos fenológico que abarcan primavera y verano, podría atribuirse la disminución la importante baja del rendimiento a un déficit de la precipitación en ambas estaciones.

Por otro parte, el maíz que contempla en su ciclo fenológico la estación de invierno y otoño, se debe al déficit de precipitación del invierno. Al déficit del recurso hídrico se suma la variabilidad de la temperatura y al aumento de la misma durante el periodo.

**Figura 141: Variación de rendimiento de los rubros en la provincia de Santa Fe**

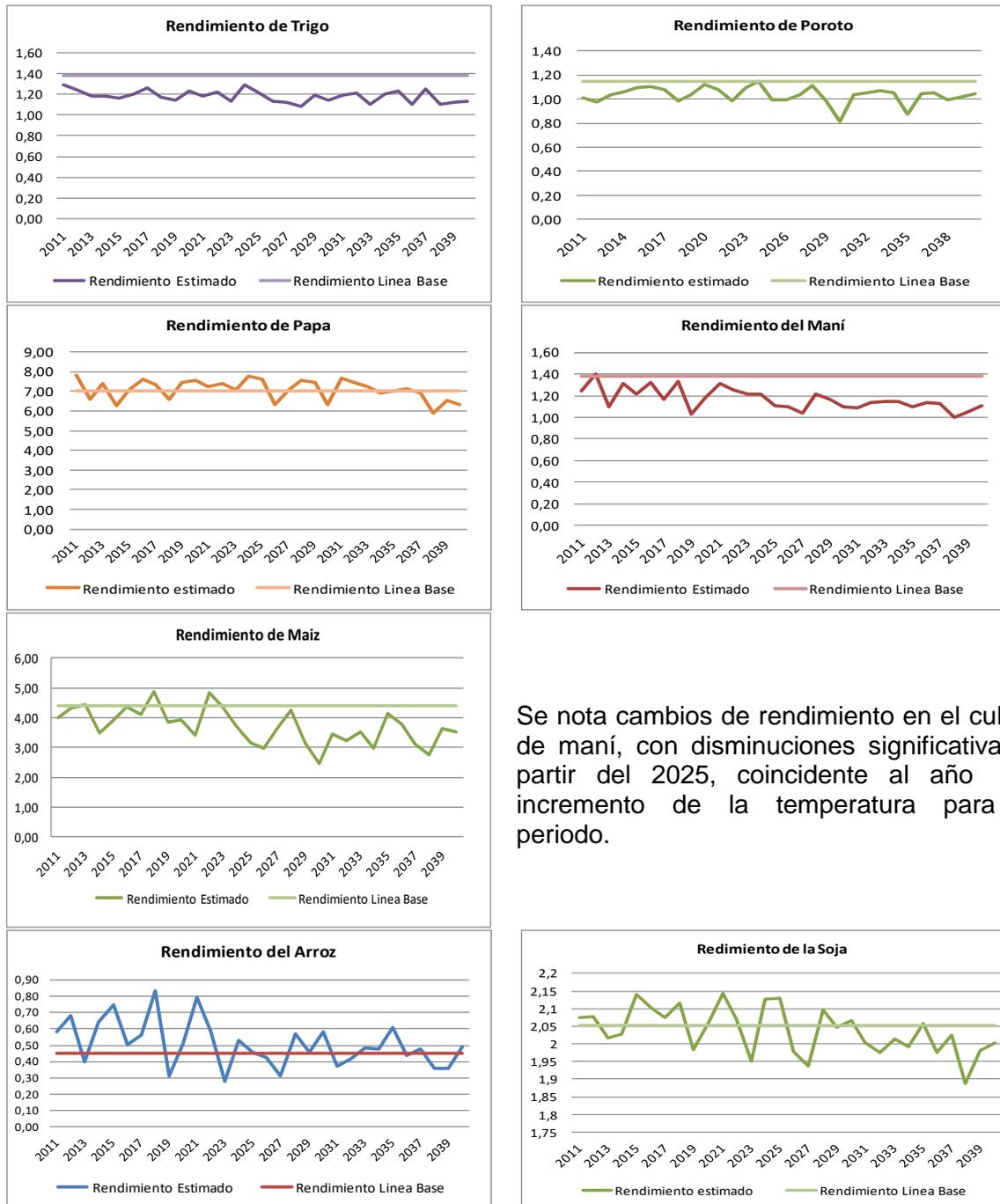


Fuente: Elaboración propia con datos del INPE

La Figura 142 ilustra los cultivos para el departamento de **Chuquisaca**, donde se nota que los rubros de trigo, poroto y papa mantienen el rendimiento promedio de la línea base.

Por otra parte, el arroz, la soja y el maíz presentan incrementos significativos del rendimiento en los primeros años. A partir del año 2025, la temperatura como la precipitación aumenta con relación a la línea base para la estación de invierno. Estas condiciones podrían afectar al maíz puesto que coincide con el ciclo fenológico.

**Figura 142: Variación de rendimiento de los rubros en el Departamento de Chuquisaca**



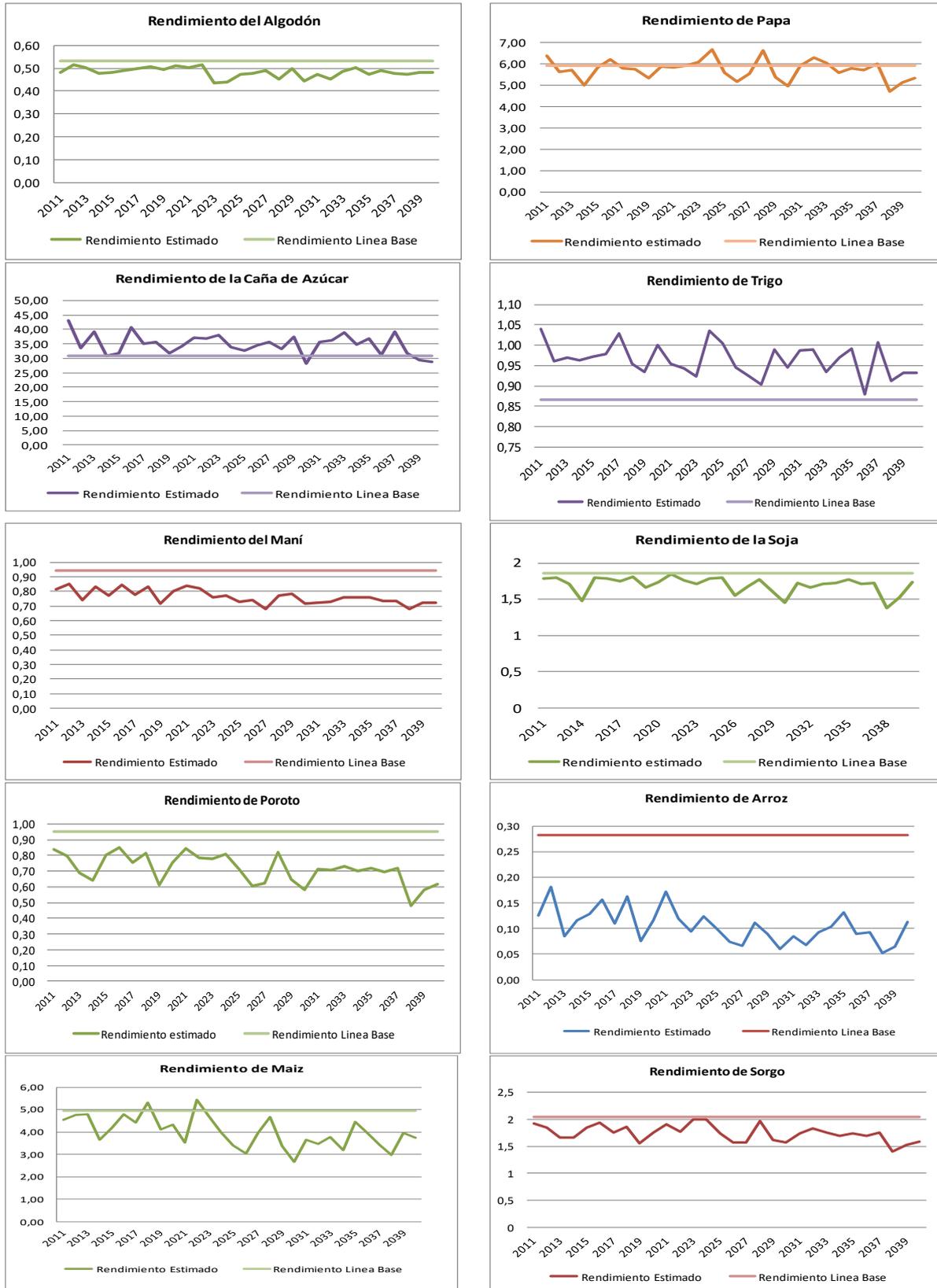
Se nota cambios de rendimiento en el cultivo de maní, con disminuciones significativas a partir del 2025, coincidente al año de incremento de la temperatura para el periodo.

Fuente: Elaboracion propia con datos del INPE

En la Figura 143 se observa el comportamiento de los rubros analizados en el departamento de **Santa Cruz**. Se nota que el algodón y la papa prácticamente mantienen un rendimiento similar al de la línea base.

La caña de azúcar y el trigo presentan rendimientos mayores a la línea base, el poroto y el arroz, presentan pérdidas de los rendimientos importantes, este efecto podría ser atribuido a un déficit hídrico en los meses de septiembre, octubre y noviembre (primavera).

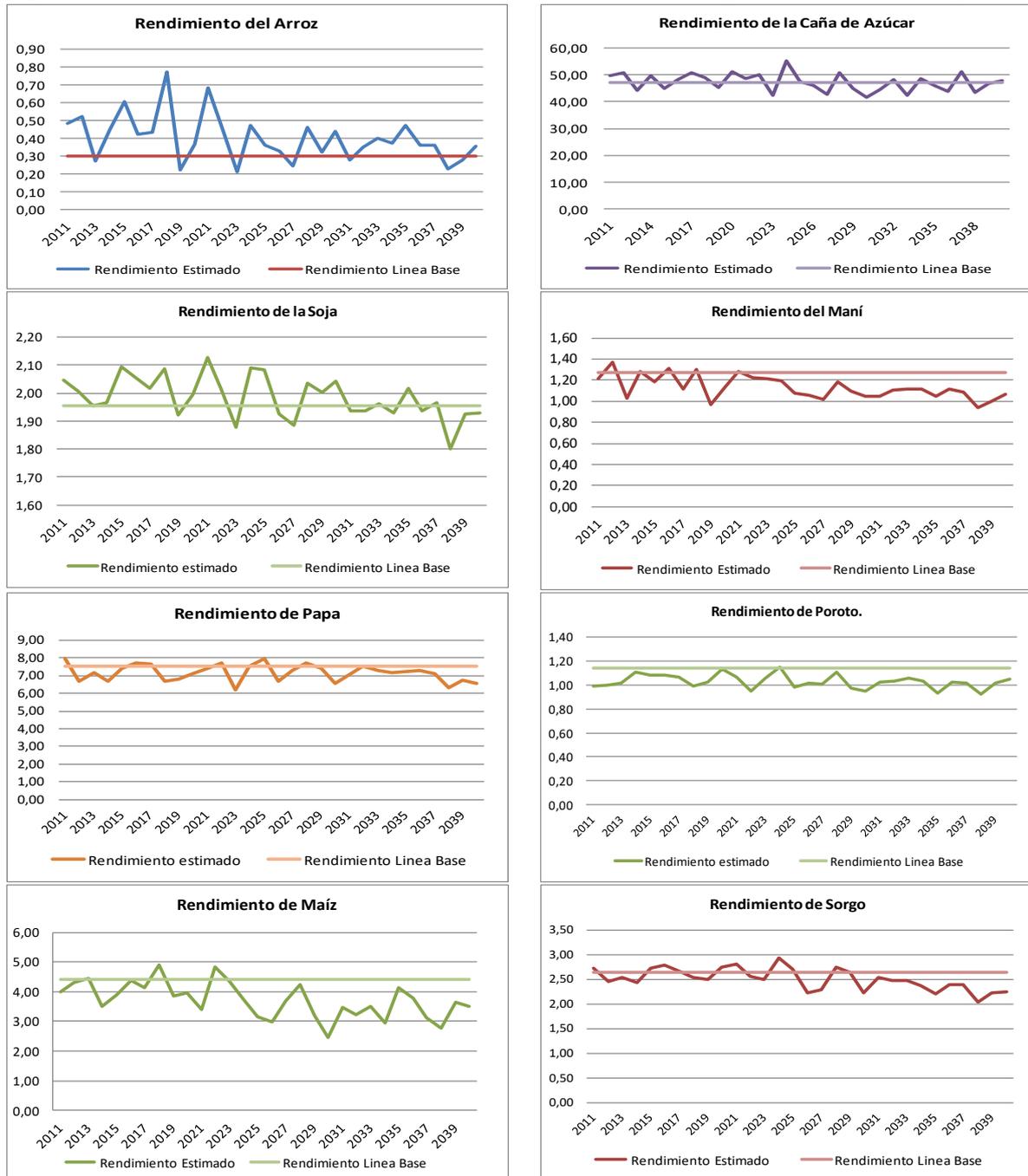
**Figura 143: Variación de rendimiento de los rubros en el Departamento de Santa Cruz**

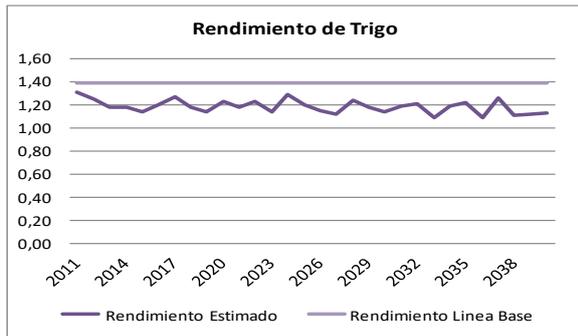


Fuente: Elaboración propia con datos del INPE

En la Figura 144 se observan los cultivos para el departamento de **Tarija**. La caña de azúcar, maní, poroto, trigo, papa y sorgo mantienen rendimientos similares a la línea base. Sin embargo, el arroz y la soja presentan incrementos en el rendimiento, los que podrían atribuirse a un aumento de la precipitación en la estación de invierno (junio, julio, agosto) y a la variación negativa de la temperatura con relación a la línea base.

**Figura 144: Variación de rendimiento de los rubros en el Departamento de Tarija**





Fuente: Elaboración propia con datos del INPE

Una vez determinada la variación de los rendimientos de cada cultivo por departamento se procedió al cálculo de la sensibilidad ponderada del sector. La misma consiste en la suma ponderada de los rubros según el valor determinado por los cinco criterios de priorización (superficie cultivada, valor producción, número de productores, número de unidad de análisis, participación en la canasta básica alimentaria), obteniendo las áreas en las cuales los cultivos tienden a tener una sensibilidad alta, media o baja. De la misma manera, se clasifican a los rubros según su rendimiento, en rubros de alta, media y baja sensibilidad.

**Figura 145: Sensibilidad; área geográfica y rubros agrícolas**



Fuente: Elaboración propia

### 3.2.3 Metodología de análisis de sensibilidad pecuario

Debido a que la producción de carne y de leche emplea diferentes razas, con prevalencia del ganado europeo de clima templado en la producción lechera; y genética de origen tropical, que incluye el de ganado de origen indio y africano, en la producción de carne, la respuesta al clima del ganado para carne y de leche es diferente.

Además, la tecnología de producción de la carne y la leche son distintas. En el caso de la carne, la forma de producción predominante sigue siendo la extensiva, esto es, en campos naturales, sustancialmente dependiente de la producción local de forrajes y pastos. En cambio, el ganado lechero se mantiene en confinamiento, con alimentación en base a balanceados y forraje guardados en silos, que actúan como amortiguador respecto a la disponibilidad local puntual de pasturas y forrajes.

Como consecuencia de las mencionadas diferencias, el análisis de sensibilidad de la producción de carne y leche se realiza en forma separada.

### 3.2.3.1 Producción de carne

La producción ganadera asienta sus bases en las fuentes de provisión de forrajes, de esta forma una buena base forrajera garantiza el éxito del sistema de producción y cualquiera sea el tipo de ganadería que se pretenda instrumentar (tambo, invernada, cría o sus combinaciones entre sí), el común denominador será que el problema de la alimentación toma vigencia capital en todos ellos.

Cuando la base de la alimentación son los pastizales naturales, que es el caso prevalente en el Chaco, el efecto de las precipitaciones (cantidad y época del año) adquiere una importancia relevante en el desarrollo de los pastos y, en consecuencia, el buen desempeño de los animales.

La región Chaqueña se caracteriza por tener un clima con lluvias de verano e inviernos secos, con particularidades zonales de mayor o menor precipitación. Ante esta situación, la disponibilidad de lluvia en la época de primavera es fundamental. Pues, en caso que al invierno seco le siga una primavera también seca, habrá serios efectos en la producción, expresado en bajas de carne y cría. Para apreciar lo último, debe tenerse en cuenta que tradicionalmente se estaciona la parición de las vacas hacia fines de invierno para que el posparto coincida con el rebrote primaveral de las pasturas (esto ocurre si llueve en los meses de agosto y septiembre).

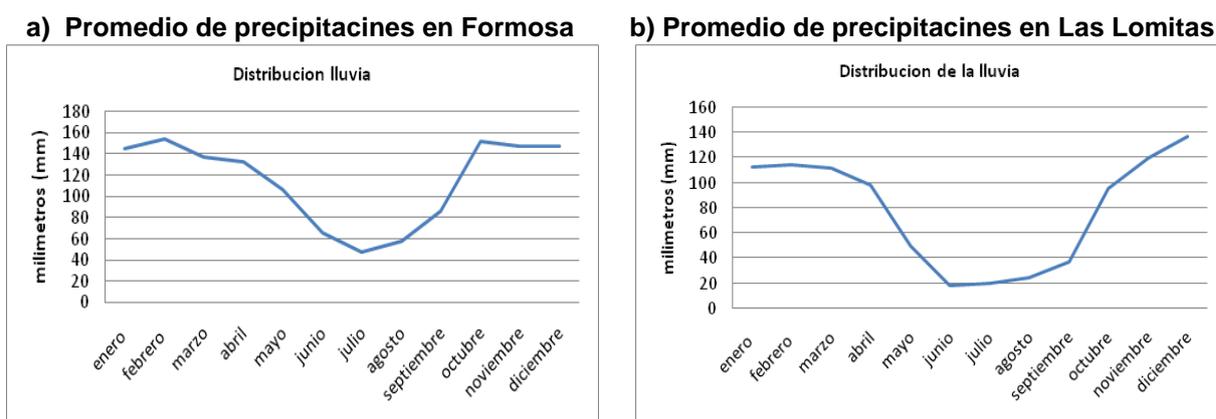
Como resultado, a pesar de que la oferta forrajera promedio anual para la región<sup>22</sup> pueda ser mayor a los requerimientos, al considerar el balance estacional puede haber escasez en ciertas épocas, y si la escasez ocurre en primavera, entonces puede tener consecuencias que se sientan en el presente, como por ejemplo, la baja en la producción de carne, o en el futuro, como ser la disminución de ganado para reposición.

Para ilustrar la estacionalidad, y cómo el patrón se mantiene en toda la región, abajo se muestra la distribución de la lluvia mensual para la zona de Formosa (1.390mm/año en años normales) y las Lomitas (940mm/año en años normales). Se observa que la tendencia de distribución es prácticamente la misma, con 300km de distancia Este – Oeste. Así mismo, la curva de producción de forrajes es prácticamente la misma, ya que acompaña las lluvias y temperaturas.

---

<sup>22</sup> Osvaldo Balbuena. Suplementación en Rodeos de Cría de Chaco y Formosa. – Pág. 6. Hoja de Divulgación Técnica Nº 12. INTA, Centro Regional Chaco-Formosa. EEA Colonia Benítez. 01 de Diciembre de 2011.

**Tabla 26: Comparativo de la tendencia de la precipitación en la región**



Fuente: Elaboracion propia

Por otra parte, Bavera (2000) estudió los factores que determinan la productividad del ganado de carne en la Argentina, llegando a la conclusión de que durante la primavera es relativamente fácil lograr ganancias de 800-900 gr/día cuando la oferta y calidad del forraje se aproxima a la óptima. Pero, si no hay lluvia suficiente, la ganancia no se dará.

Resumiendo, la incidencia directa de las **precipitaciones**, principalmente la de primavera, sobre el pasto es determinante en el desempeño productivo de los animales.

En cuanto a la **temperatura**, debido el tipo de ganado que se cría en el Chaco, su influencia sobre la producción de carne es indirecta (vía la producción de pastos) y su efecto puede ser paliado si caen lluvias adecuadas. Por ejemplo, si a un invierno seco acompañan heladas, que secan aún más el pasto, y luego sigue una primavera con poca lluvia, habrá serios problemas. Pero, si al invierno seco y con heladas sigue una primavera con buena lluvia, habrá recuperación del pasto, forraje suficiente para las nuevas crías y ganancia de peso. Cabe notar, el efecto de las temperaturas bajas (heladas) sobre el crecimiento de los pastos.

Como resultado de lo expuesto y considerando que si el ganado sufrió en un año dado y luego sigue otro año con escasa lluvia, entonces el efecto puede ser aún mayor que la mera consecuencia del presente. Y si al mal año sigue una primavera con buena lluvia, la ganancia no es tan alta como el que la misma circunstancia siga a un año bueno. En base a estas consideraciones se construyó un modelo dinámico que conecta las variables producción y precipitación en primavera.

Para un determinado año t, corresponde un promedio de precipitación diaria (L1 y L2), así como de producción (p1 y p2).

**Tabla 27: de relación precipitaciones-producción**

Precipitación L1	Precipitación L2	Se considera lluvia	Producción p1	Producción p2	Variación en la producción kg/ha/año
1	1	Mucha	1	1	Alta
1	0	Regular	1	0	Media
0	1	Poco	0	1	Baja
0	0	Muy poco	0	0	Muy Baja

La conexión lógica se realiza mediante la siguiente ecuación booleana

$$P1_t = (L1_t * p1_{t-1}) + (L1_t + L2_t * p2_{t-1})$$

$$P2_t = (p1_{t-1} * p2_{t-1}) + (L1_t * L2_t * \neg p2_{t-1}) + (L1_t * \neg L2_t * \neg p1_{t-1} * p2_{t-1})$$

Donde \* representa la conjunción lógica y + la disyunción.  $\neg$  es la negación lógica.

Posteriormente se establece el rango de producción de carne, quedando definido lo siguiente:

Rango	Variación en Kg/ha/año	Producción
Valores mayores a	70	Alta
Valores entre	50-30	Media- Baja
Valores menores a	30	Baja

### 3.2.3.2 Producción de leche

Una de las condiciones ambientales que más influye en la variación de la producción lechera es la temperatura (Gates, 1970), que junto con la humedad determina lo que se denomina la temperatura efectiva. Esta temperatura efectiva es importante, puesto que cuando sobrepasa la zona de termo neutralidad o confort del animal, se generan condiciones de estrés calórico que se traducen en un impacto negativo sobre la producción.

Para poder medir el grado de estrés calórico, los investigadores del sector utilizan con frecuencia el Índice de Temperatura y Humedad (ITH) (Leva y otros, 2.000). En este estudio la humedad se mantuvo constante porque la misma no es un problema mayor en la región. Este índice permite evaluar el grado de disconformidad de los animales.

Los valores del índice ITH fueron estimados mediante la siguiente ecuación:

$$ITH = (1,8 Ta + 32) - (0,55 - 0,55 HR/100) (1,8 Ta - 26)$$

Dónde:

T = temperatura del aire en °C

HR= valor de la humedad relativa.

A partir de esta fórmula, se determina el valor de corte a partir del cual el animal sufre stress, entonces se realiza la estimación del porcentaje de tiempo en la estación de verano en la que se supera este valor de punto corte (31,65°C).

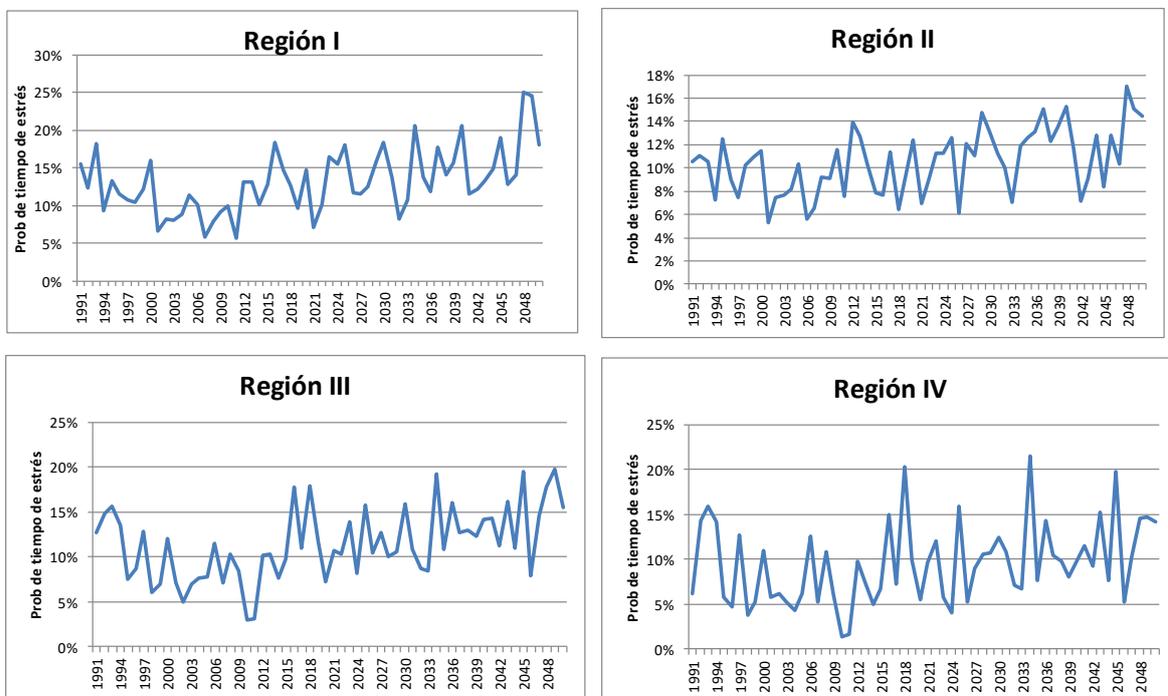
Para llevar a cabo la estimación del porcentaje de tiempo, se asume que la temperatura tiene un nivel normal, como el modelo de predicción meteorológica que se utiliza (PRECIS) provee la temperatura media, así como la temperatura máxima y temperatura mínima estimada para cada estación, entonces es posible calcular el porcentaje de tiempo de stress del animal por zonas.

Posteriormente, se establece el rango de grado de estrés, dada la probabilidad de tiempo en que podrían encontrarse las vacas lecheras. Así pues queda definido lo siguiente:

Grado de estrés	Probabilidad de tiempo de estrés
Leve	Menor a 8%
Mediano	entre 8% y 17 %
Grave	Mayor a 17%

A continuación se ilustran las probabilidades de tiempo de estrés por región. Las regiones fueron conformadas por las unidades de análisis que muestran prácticas y tipos de ganadería, así como condiciones climáticas similares.

**Tabla 28: Probabilidad de tiempo de estrés en que caen las vacas lecheras por región. Periodo 1991 - 2050**



Fuente: Elaboracion propia

Finalmente, se establece la relación entre los grados de estrés y la producción de leche, en el siguiente cuadro:

Grado de estrés	Producción – lts/vaca/día
Leve	Mayor a 18 lts
Mediano	Entre 10-18 lts
Grave	Menor a 10 lts

### 3.2.3.3 Resultados de la sensibilidad pecuaria

A continuación se observan los resultados de la producción pecuaria, que incluyen a la producción de carne como la producción de leche.

La producción de carne se expresa en términos de alta, media y baja producción, y son estimados en kg/ha/año, donde los valores mayores a 70 kg/ha/año corresponden a una producción alta, valores entre 50-30 kg/ha/año corresponden a valores medio-bajo y valores menores a 30 kg/ha/año corresponde a una producción baja.

La tabla siguiente resume las variaciones de producción de la carne por unidad de análisis. La misma indica que la tendencia en término medio, es un rendimiento estable para la mayoría de los departamentos.

Presentan excepción los departamentos de Catamarca, Jujuy, La Rioja, Santiago del Estero y Tucumán con caídas en la producción para la segunda década.

Sin embargo, los departamentos de Alto Paraguay, Presidente Hayes, Boquerón, Chuquisaca, Santa Cruz y Tarija presentan buenos rendimientos en todo el periodo.

**Tabla 29: Variación en la producción de carne.**



Fuente: Elaboración propia

Argentina contribuye con el 74% de la producción total del ganado en la región, seguida por Paraguay con el 14%, y Bolivia, con el 12%.

Entre las provincias argentinas, Santa Fe es el mayor productor, con un 23% de la producción regional, seguido por Córdoba con 21%, Corrientes con 14% y Chaco con 6%, respectivamente. Estas provincias muestran una tendencia estable en todo el periodo, por lo que no se vería amenazada la producción ganadera a nivel regional.

En relación a la producción de leche, la misma se expresa en términos de tiempo de stress alto, medio y bajo al cual es sometido el animal.

- Valores de tiempo con stress menor a 8% corresponde a un stress bajo, con una producción de leche diaria mayor a 18 lts/vaca.
- Valores de tiempo con stress entre 8-17% corresponde a stress medio, con una producción de leche diaria entre 10-18 lts/vaca.
- Valores de tiempo con stress mayores a 17% corresponde a stress alto, con una producción menor a 10 lts/vaca.

La tabla de abajo resume las variaciones de producción de leche por unidad de análisis. La misma indica que la tendencia de producción se mantiene en términos generales en un nivel medio para la mayor parte del periodo, con excepción de la última década donde la producción decae a un nivel bajo.

Presentan excepción los departamentos de Catamarca, Jujuy, La Rioja, Santiago del Estero y Tucumán con caídas en la producción para la segunda década.

En departamentos como Catamarca, Chuquisaca, Santa Cruz, Santiago del Estero, Tarija y Tucumán, se observan buenos rendimientos para las primeras dos décadas. Sin embargo, los departamentos de Alto Paraguay, Presidente Hayes y Boquerón presentan rendimientos bajos para todo el periodo. Esto coincide con las tendencias de los escenarios climáticos, sobre temperaturas extremadamente altas en la zona.

**Tabla 30: Variación en la producción de leche.**

<b>Sensibilidad producción leche</b>	<b>Década 2011-2020</b>	<b>Década 2021-2030</b>	<b>Década 2031-2040</b>
<b>BAJA</b>	Catamarca, Chuquisaca, La Rioja, Santa Cruz, Santiago del Estero, Tarija y Tucumán	Catamarca, La Rioja, Santiago del Estero y Tucumán	
<b>MEDIO</b>	Chaco, Córdoba, Corrientes, Formosa, Jujuy, Salta, Santa Fe	Chaco, Córdoba, Corrientes, Formosa, Jujuy, Salta, Santa Fe, Chuquisaca, Santa Cruz, Tarija	Catamarca, La Rioja, Santiago del Estero y Tucumán
<b>ALTA</b>	Alto Paraguay, Boquerón, Pte. Hayes	Alto Paraguay, Boquerón, Pte. Hayes	Chaco, Córdoba, Corrientes, Formosa, Jujuy, Salta, Santa Fe, Alto Paraguay, Boquerón, Chuquisaca, Pte. Hayes, Santa Cruz, Tarija

Fuente: Elaboración propia

## **Análisis de capacidad de adaptación**

#### 4.1 Análisis de capacidad de adaptación

La capacidad de adaptación se refiere a los medios con que cuenta una sociedad a fin de moderar los daños potenciales o aprovechar las consecuencias positivas del cambio climático. (IPCC, 2007).

Para estimar los medios de adaptación con que cuenta una determinada sociedad, se utiliza el concepto de capacidad, como fuente de capital<sup>23</sup>; donde mayor capital implica mayor capacidad de adaptación. A su vez, la capacidad es clasificada como capacidad humana, capacidad social, capacidad natural, capacidad económico-productiva, capacidad de infraestructura o construida, así como la capacidad institucional.

En algunos casos, las “*capacidades*” serán potenciales desarrollados y convertidos ya en herramientas de acción e inversión, y en otros, serán solo “potenciales” entendidos como fortalezas intrínsecas a los factores en cuestión (naturales, sociales, humanos, etc.) que pueden desarrollarse con la inversión de otros factores externos para convertirse en capital.

Se considera que la capacidad adaptativa no debe verse como generada por un conjunto de elementos separados, sino como un conjunto de elementos que hacen a la integralidad de los sistemas de vida o “*complejos de vida*”. Los complejos de vida no son una suma de elementos sino de componentes interdependientes y complementarios.

- *Capacidad humana*: refleja el conocimiento de la sociedad así como su capacidad de adquirir y procesar información. Se emplea el índice de desarrollo humano como indicador de capacidad humana.
- *Capacidad social*: está dada por la organización y grado de cohesión de la sociedad para enfrentar una situación que requiere cambios. Se utiliza como indicador el porcentaje de fincas que pertenecen a asociaciones de productores, así como un indicador compuesto de fragilidad social, como *proxí* de cohesión social.
- *Capacidad natural*: está conformada por el stock de recursos ecosistémicos que genera un flujo de bienes y servicios ambientales. Se representa por el porcentaje de áreas naturales no modificadas a modo de revelar el grado de riqueza de los ecosistemas como el grado y disponibilidad de sus servicios. Estas áreas no modificadas incorporan comunidades indígenas, áreas silvestres protegidas y otras reservas productivas.
- *Capacidad físico (Infraestructura)*: está constituida por la infraestructura construida. Para este estudio interesa especialmente la infraestructura que más directamente podría facilitar la adaptación, tales como sistemas de riego, silos y estanques.
- *Capacidad económica-productiva*: está dada por la cantidad de dinero disponible, que podría utilizarse para financiar medidas de adaptación. El indicador utilizado es el valor *per cápita productor* de la producción agrícola.
- *Capacidad institucional*: está dada por las reglas que pautan la interacción entre los individuos y las organizaciones. En este estudio se evalúa el capital institucional por la existencia de planes de gestión y ordenamiento territorial, mecanismos formales de protección civil, gestión hídrica y protección ambiental.

La base de datos para los indicadores seleccionados se ha generada a partir de fuentes de información secundaria oficiales para cada país. Se ha tratado de utilizar la información más actualizada posible, datos de la Dirección General de Encuestas Estadísticas y Censos de Paraguay; Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) de Argentina y el Instituto Nacional de Estadística (INE) de Bolivia.

---

<sup>23</sup>Flora, Jan L., Cornelia B. Flora. 2006, “Social Capital and Advocacy Coalitions: Examples of Environmental Issues from Ecuador.”

De acuerdo con la unidad de análisis empleada para estimar la exposición y la sensibilidad, también la información concerniente a la capacidad de adaptación se procesó a nivel provincial/departamental.

En la tabla siguiente (Tabla 31) se muestran los indicadores por tipo de capacidad, que según la metodología adoptada y de acuerdo a la disponibilidad de la información, representan los medios con las que cuenta una sociedad al enfrentar a la variabilidad climática.

**Tabla 31: Dimensiones e indicadores de capacidad de adaptación**

Capacidad Humano	Índice de Desarrollo Humano (IDH)
Capacidad Social	Número de fincas perteneciente a asociaciones
	Índice de fragilidad social (IFS)
Capacidad Económico-productivo	Valor de la producción en USD por productor
Capacidad de infraestructura	Superficie cultivada bajo riego
	Número de silos e infraestructura de acopio
	Número de infraestructura de agua
Capacidad Natural	Porcentaje de áreas no modificadas
Capacidad Institucional	Existencia de planes de gestión y ordenamiento territorial, mecanismos formales de protección civil, gestión hídrica y protección ambiental

Fuente: Base a datos oficiales. Gobiernos de Argentina, Bolivia y Paraguay

Seguidamente, se hace una descripción de los indicadores que conforman cada uno de los capitales utilizados en la construcción del índice de capacidad de adaptación.

- i. *El Índice de Desarrollo Humano (IDH)*: Este índice representa una aproximación a la medición de los niveles de desarrollo humano de las personas en las distintas unidades administrativas. Reúne características de nivel de educación (años de educación promedio), longevidad (esperanza de vida al nacer) y nivel de vida (ingreso promedio per cápita), dándole a cada una la misma importancia. (PNUD, 1998).
- ii. *Índice de fragilidad social (IFS)*: entendida como la incapacidad de un sistema para absorber, mediante autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su ambiente, es decir, su inflexibilidad o incapacidad para adaptarse a ese cambio. Este índice compuesto, en el cual se considera la salud, la educación, el empleo e ingresos, tipo de vivienda y características de la población pone en evidencia a quienes menos se encuentran preparados, principalmente aquellos con problemas económicos, en condiciones de inequidad social, con falta de infraestructura adecuada, deficiente acceso a recursos naturales como el agua, etc.

Se utilizan los siguientes indicadores todos con el mismo peso:

- *Poblaciones con bajo acceso y cobertura médica, como a las que poseen una alta tasa de mortalidad infantil.*
  - *Población analfabeta (% de analfabetismo mayor que 15 años) y niños sin educación formal (% de 6-14 población que asiste escuela).*
  - *Población con bajos ingresos y desocupada.*
  - *Poblaciones cuyas viviendas carecen de la protección necesaria y podrían sufrir graves daños a causa de tormentas, o bien, que no estén adecuadas para soportar altas temperaturas.*
  - *Poblaciones que habitan en zonas rurales se verán expuestas a daños en la salud, economía y calidad de vida, además de requerir mayores servicios que reduzcan los impactos del cambio climático, como lo es el suministro de energía eléctrica, agua y seguridad en la alimentación.*
  - *Población vulnerable debido a su situación de género, lengua hablada (indígena) y de acceso a servicios (comunidades rurales).*
- iii. *Número de fincas que pertenecen a asociaciones:* indica el grado de organización de la sociedad, para enfrentar una situación que requiere cambios.
- iv. *Porcentaje de áreas naturales no modificadas (ANNM):* refleja la capacidad de resiliencia del ecosistema ante el cambio climático y por consecuencia son las áreas de mayor valor en relación a la disponibilidad de servicios ecosistémicos, como lo son la regulación del clima, la provisión de materiales y las de soporte de la biodiversidad.
- v. *Porcentaje de silos, infraestructura de agua y riego:* Este indicador busca señalar a las unidades de análisis con mayor inversión en infraestructura para la adaptación al cambio climático en actividades agropecuarias y disponibilidad de recursos hídricos.
- vi. *Densidad de estaciones meteorológicas (d EM):* Este indicador representa la disponibilidad de información climática con la que cuenta una sociedad por unidad de análisis.
- vii. *Valor per cápita/productor de la producción agrícola (Vp/cPA):* Indica los recursos financieros que dispone cada productor por unidad de análisis.
- viii. *Servicios y mecanismos del Gobierno (SOG):* Se refiere a los servicios que brinda a la población y los recursos con que cuenta el gobierno local en temas de prevención y adaptación al cambio climático, así como a la planificación y ordenamiento ambiental, protección de los recursos naturales, gestión de los recursos hídricos, protección civil, servicios meteorológicos. Este indicador de evaluación identifica los servicios o normativas considerados a nivel de unidad de análisis, en relación a los temas abordados, suponiendo que si existe servicios de información o normativas tendrán mayor capacidad en relación a los que no.

Una vez definido los indicadores, a través de revisión de literatura y de la disponibilidad de información de fuente oficial y homogénea, se elabora una matriz, donde se ordena las capacidades y sus indicadores correspondientes, por unidad de análisis. Para combinar las diferentes variables en un solo valor agregado, se ordenan los indicadores y luego se procede a obtener el promedio del orden correspondiente a cada unidad de análisis. Ver anexo VI.- *Matriz de indicadores capacidad de adaptación.*

El procedimiento anterior establece un orden, y de esta manera determina el nivel de capacidad relativa, esto permite conocer si un área tiene mayor capacidad que otra. Pero, para facilitar la interpretación, e identificar patrones que ayuden a los tomadores de decisión, es necesario agregar la información en categorías simples. Al efecto, siguiendo el mismo

procedimiento que el utilizado en la estimación de exposición y vulnerabilidad, se emplearon tres niveles alto, medio y bajo. Ver anexo I Análisis grupos de clusters.

Posteriormente, utilizando el resultado de la clusterización junto a conocimiento experto, se definieron las categorías. Así, el resultado del procedimiento descrito anteriormente, corresponde al índice según; Condiciones de capacidad Alta (Nivel 3), capacidad Media (Nivel 2) y capacidad Baja (Nivel 1)

Un punto importante a considerar es que el uso de técnicas estadísticas, como el de clusterización, sirve en este trabajo como apoyo. Sin embargo, el criterio fundamental para seleccionar los grupos y realizar asignaciones es que todos los resultados estén conectados por una clave de interpretación simple y consistente con el conocimiento experto de técnicos de la región.

Para seleccionar qué unidad corresponde a cada categoría –alta, media o baja- se toma en cuenta el orden de las unidades, como se muestra abajo, y luego se construyen las categorías tomando como referencia el resultado de clusterización y conocimiento experto.

Posteriormente, se ha clasificado en tres niveles de capacidad de adaptación alta (3), media (2) y baja (1).

Como se ilustra en la tabla32, las unidades de análisis con mayor capacidad de adaptación corresponden a cinco provincias argentinas, Córdoba, Chaco, Santa Fe, Corrientes, Salta y Jujuy. Seguidamente las provincias argentinas de Santiago del Estero, Formosa, Catamarca, Tucumán, La Rioja y los departamentos bolivianos de Chuquisaca, Santa Cruz y Tarija, caen dentro del rango medio de capacidad de adaptación. Finalmente el resto de las unidades administrativas, conformadas por los tres departamentos paraguayos Pte. Hayes, Boquerón y Alto Paraguay caen en el rango de capacidad de adaptación bajo.

**Tabla 32: Indicadores de capacidad de adaptación**

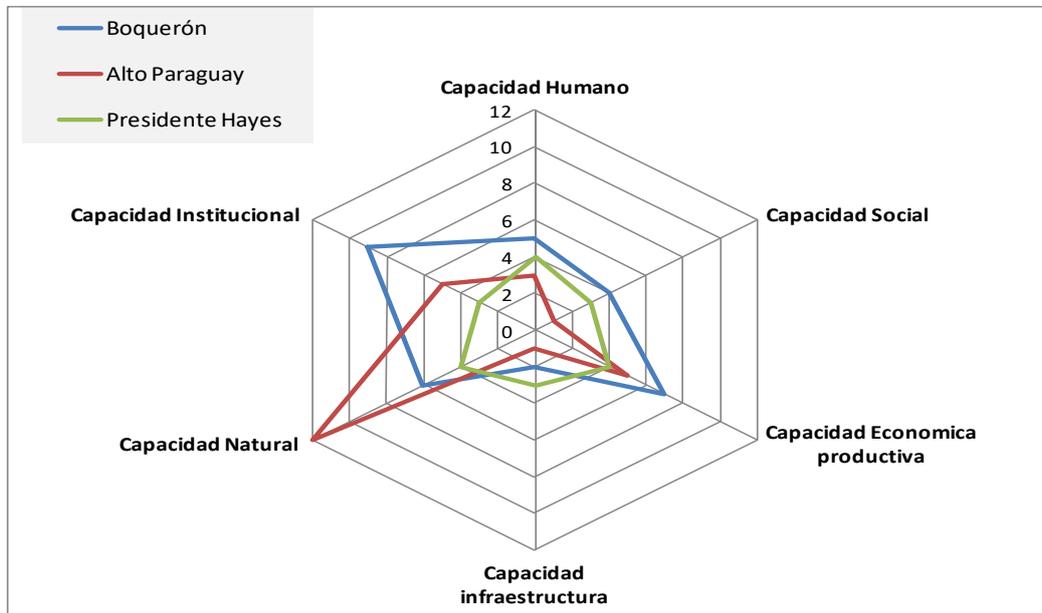
Provincias	Capacidad Humano	Capacidad Social	Capacidad Econ-prod	Capacidad infraestructura	Capacidad Natural	Capacidad Institucional	Niveles
Córdoba	17	15	17	13	5	11	3
Chaco	9	13	13	16	7	12	3
Santa Fe	13	17	15	14	2	7	3
Corrientes	11	12	10	17	3	13	3
Salta	14	9	16	7	14	4	3
Jujuy	10	10	11	5	15	8	3
Santa Cruz	2	11	9	12	8	16	2
Chuquisaca	1	8	1	15	16	17	2
Santiago del Estero	8	14	14	10	9	1	2
Tarija	6	5	3	9	17	15	2
Formosa	7	7	6	11	13	10	2
Catamarca	12	2	8	6	11	14	2
Tucumán	16	16	12	4	1	2	2
La Rioja	15	6	2	8	10	6	2
Boquerón	5	4	7	2	6	9	1
Alto Paraguay	3	1	5	1	12	5	1
Presidente Hayes	4	3	4	3	4	3	1

Fuente: Elaboración propia en base a datos oficiales de gobiernos de Argentina, Bolivia y Paraguay.

De esta forma, se observa en la Figura 146 que los departamentos paraguayos conformados por Pte. Hayes, Boquerón y Alto Paraguay, caen en el rango bajo de capacidad de adaptación.

Este comportamiento se atribuye a que la mayoría de los indicadores responde a valores bajos, en especial la capacidad social, infraestructura, institucional y humana, así como su aislamiento geográfico y aislamiento climático (debido a inundaciones, provocadas en las partes altas) y anegamientos de sus vías de acceso y comunicación, ya que las mismas son ocasionadas por los repuntes del bosque hacia el Río Paraguay.

**Figura 146: Indicadores de capacidad de adaptación. Nivel bajo**



Fuente: Elaboración propia

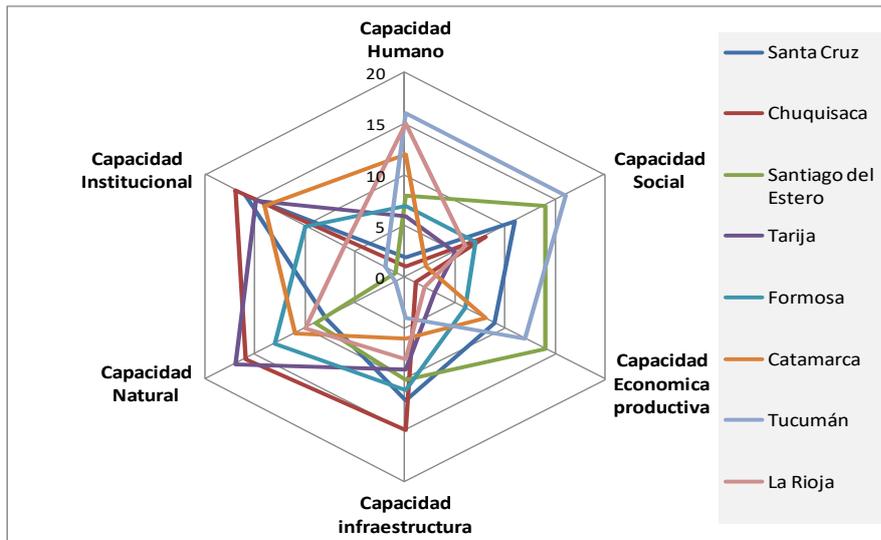
Se puede notar claramente que la región que corresponde a Paraguay es la que posee una capacidad menor en cuanto a recursos, capacidades y potencialidades de adaptación, a pesar de que poseen comunidades que pueden ser ejemplos en cuanto a la capacidad y potencial de producción y generación económica. Evidentemente, lo mencionado no es suficiente para alcanzar el nivel alto dentro del enfoque integral de capacidad o potencial de una comunidad, la que requiere además de otros tipos de capacidades.

Los departamentos bolivianos de Chuquisaca, Santa Cruz y Tarija caen en la clasificación de capacidad de adaptación media. Entre sus indicadores se identifica correlación con valores bajos en capacidad humana y económico-productiva, debido a su baja producción y agricultura de secano en gran parte. Por otra parte, los tres departamentos presentan una alta capacidad natural e institucional, lo que le confiere una buena gestión y servicios prestados por las instituciones gubernamentales, lo que justifica la capacidad adaptativa en un rango medio.

Adicionalmente, las provincias argentinas de Formosa, Catamarca, Santiago del Estero, Tucumán y La Rioja, donde predominan valores bajos en capacidad de infraestructura construida (silos, tajamares, aguadas entre otras) y capacidad en la gestión institucional de provisión de servicios, hacen que su rango de capacidad adaptativa sea media, a pesar de poseer alto potencial en capacidad humano y social. (Figura 147)

Por otro lado, la región correspondiente a Bolivia tiene una mayor integración entre los diferentes tipos de capacidades y potenciales al igual que algunas provincias argentinas, pudiendo alcanzar el rango medio.

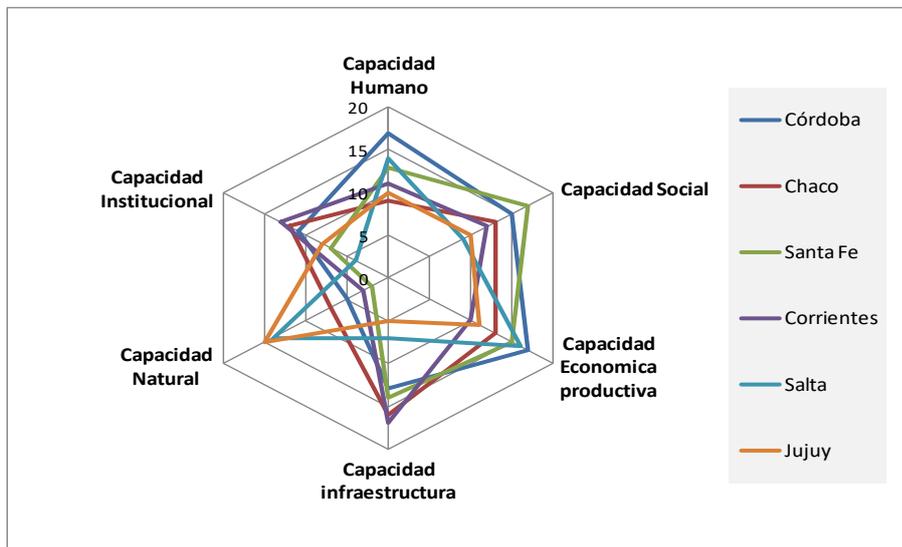
**Figura 147: Análisis de indicadores de capacidad de adaptación. Nivel medio**



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, las provincias argentinas de Córdoba, Chaco, Santa Fe, Corrientes, Salta y Jujuy pertenecen al rango de alta capacidad adaptativa. Esto es atribuido principalmente a un elevado ingreso per cápita, alta capacidad económico-productiva y a su potencial social, a pesar de mostrar valores bajos en la capacidad natural, ya que la misma está dada por la funciones del recurso suelo y las transformaciones del mismo han sido enfocadas hacia un desarrollo agropecuario intensivo. (Figura 148).

**Figura 148: Análisis de indicadores de capacidad de adaptación. Nivel alto**



Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, las provincias argentinas que conforman el grupo de alta capacidad adaptativa, han logrado encontrar una combinación de estas potencialidades, a pesar de algunas de ellas han descuidado el potencial natural y cuentan con un bajo apoyo institucional. Lo interesante es que han logrado, a través de las fortalezas de otras capacidades, como la social, la humana y la económico-productiva, construir un sistema que los vuelve menos vulnerables que otras.

Este análisis permite identificar para cada unidad de análisis, por un lado, las debilidades y por otro las “capacidades”. Estas últimas, pueden ser vistas como potenciales desarrolladores y convertidos ya en herramientas de acción, inversión y en otros casos serán solo “potenciales”, entendidos como fortalezas intrínsecas a los factores en cuestión (naturales, sociales, humanos, etc.) que pueden desarrollarse con la inversión de otros factores externos para convertirse en capacidades.

De esto modo, el resultado del análisis de capacidad de adaptación ilustra las zonas geográficas del Gran Chaco Americano con los niveles de capacidad adaptativa y que, per se representan un insumo importante para los gobiernos nacionales y locales de Argentina, Bolivia y Paraguay, para la definición de políticas públicas en materia de recursos y de gestión para reducir la vulnerabilidad al cambio climático.

## **Análisis de vulnerabilidad regional**

## 5.1 Metodología de vulnerabilidad

La vulnerabilidad y la capacidad adaptativa son multidimensionales, complejas y no son fenómenos de observación directa (Downing et al., 2001), de ahí la dificultad en su evaluación. Sin embargo, se tienen estudios que han abordado esta problemática desde diferentes enfoques. Por ejemplo, se ha evaluado la vulnerabilidad a un determinado estresor, como la elevación del nivel del mar (Nicholls, 2002), la sequía (Fowler et al., 2003) o tormentas tropicales (Connor and Hiroki, 2005). También en evaluación de impactos del cambio climático (Barr et al., 2010). En este enfoque tradicional, se analiza el estresor y su correspondiente impacto, para examinar el sistema que es estresado y su capacidad de respuesta (Luers et al., 2003).

Como ya se mencionó en la *sección 3: Alcance y enfoque metodológico*, para la identificación de la vulnerabilidad a nivel regional, se consideró la definición del IPCC 2001, la cual menciona que la vulnerabilidad es función de la variación a la que un sistema está expuesto, de su sensibilidad y de su capacidad de adaptación.

Por lo tanto, para determinar la vulnerabilidad, considerando los tres factores que componen la vulnerabilidad, se determina una función lineal, en donde los valores obtenidos de exposición y sensibilidad se adicionan, y luego se resta la capacidad de adaptación, obteniéndose como resultado el valor final de vulnerabilidad.

Para combinar las diferentes variables en un solo valor agregado, se construyen índices con las variables sectoriales. Por ejemplo, el índice de exposición se construye con tres variables: la desviación de la cantidad de precipitación del periodo en consideración con respecto al periodo base, la desviación de la temperatura con respecto al periodo base y la cantidad de eventos extremos.

Una vez obtenidos los índices, se ordenan las variables y luego se procede a obtener el promedio del orden correspondiente a cada unidad de análisis. Siguiendo el ejemplo de la exposición, las posiciones mayores corresponden a las áreas más expuestas. Al efecto, se emplearon tres niveles, que en el caso de la exposición indican nivel de exposición Alto, Medio y Bajo.

De la misma forma se procede para obtener el índice de sensibilidad agregando el sector hídrico (índice de escasez hídrica) y el sector agropecuario (utilizando índices del sector agrícola y pecuario).

A partir de esta información se construyen los mapas de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación para el periodo de análisis, agrupados en décadas.

Este procedimiento permite determinar el nivel de vulnerabilidad relativa, esto es, conocer si un área es más vulnerable que otra. Pero, para facilitar la interpretación e identificar patrones que ayuden a los tomadores de decisión, es necesario agregar la información en categorías simples.

En el *Anexo I: Análisis de grupos clustres*, se muestra que el proceso numérico expuesto genera resultados consistentes, a través del análisis de clústeres.

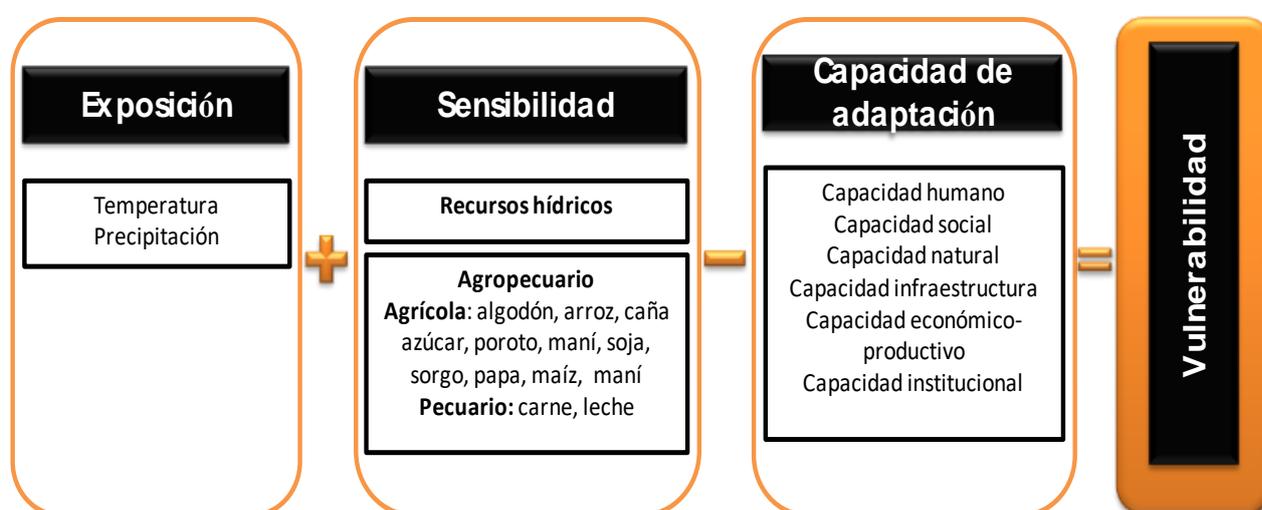
La información contenida en el estudio está conformada por datos cuantitativos y cualitativos, los cuales fueron categorizados para relacionarlos entre sí y lograr finalmente una valoración o índice que ayude a identificar el nivel de vulnerabilidad de la región frente al cambio climático.

A los tres componentes de la vulnerabilidad mencionados (exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación) se le asigna tres rangos (alto, medio y bajo) y a cada rango se le determino un valor según el rango (1, 2 y 3) como se ve en el cuadro siguiente.

Factor	Rango		
Exposición (E)	Alto (3)	Medio (2)	Bajo (1)
Sensibilidad (S)	Alto (3)	Medio (2)	Bajo (1)
Capacidad de adaptación (CA)	Alto (3)	Medio (2)	Bajo (1)

Luego, con las valoraciones asignadas a cada factor según el rango, se aplicó la fórmula de vulnerabilidad y se obtuvo un valor, el cual se define como índice de vulnerabilidad.

$$\text{Vulnerabilidad} = (\text{Exposición} + \text{Sensibilidad} - \text{Capacidad de adaptación})$$



Con las combinaciones de los diferentes valores:  $V = E (3, 2, 1) + S (3, 2, 1) - CA (3, 2, 1)$ , se obtienen como resultados las posibles composiciones:

Combinaciones	Índice	Rango de vulnerabilidad
$V1 = (1) + (1) - (3) = -1$	-1	Muy baja
$V2 = (1) + (1) - (2) = 0$	0	Baja
$V3 = (1) + (3) - (3) = 1$	1	Media baja
$V4 = (2) + (3) - (3) = 2$	2	Media moderada
$V5 = (3) + (3) - (3) = 3$	3	Media alto
$V6 = (3) + (3) - (2) = 4$	4	Alto
$V7 = (3) + (3) - (1) = 5$	5	Muy alto

Fuente: Elaboración propia

De esa manera se determina el índice de vulnerabilidad climática para la región como se observa en los gráficos 30 al 32.

## 5.2 Síntesis de los resultados

En la Figura 149 correspondiente a la primera década, se observa que la zona noreste y central son las que presentan mayor vulnerabilidad en la región. Esto se explica por el hecho de que es la zona que presenta la más alta exposición climática, en especial las temperaturas elevadas y eventos extremos, a pesar de que algunas unidades de análisis presentan alta capacidad de adaptación (Santa Cruz) o baja sensibilidad (Alto Paraguay), la exposición predomina sobre el resultado final de vulnerabilidad alta.

Vale la pena citar los departamentos paraguayos de Presidente Hayes, Alto Paraguay y Boquerón, áreas con alta vulnerabilidad. Las mismas se atribuyen, además de la alta exposición y sensibilidad, a la baja capacidad adaptativa de los mismos.

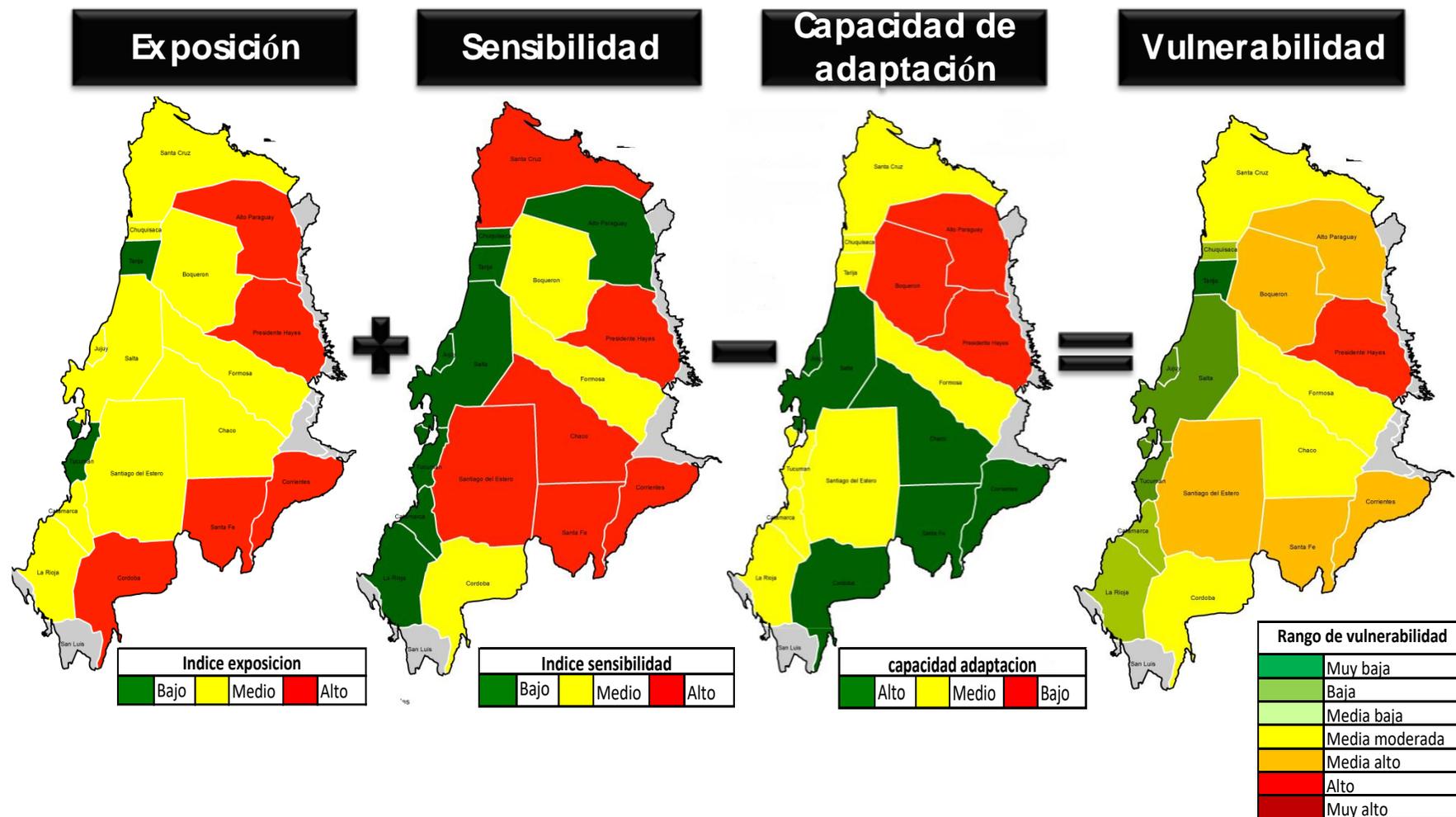
En la zona centro sur de la región, la vulnerabilidad se mantiene en rangos medios. Esto se debe a que a pesar de tener una exposición nivel medio y capacidad de adaptación alta, la sensibilidad es alta.

En contraste, la zona oeste, siguiendo la línea de la Cordillera de los Andes, es la zona que presenta menos vulnerabilidad a las condiciones climáticas. Este comportamiento se explica a que al tener una exposición media, con baja sensibilidad en la producción, alta capacidad de adaptación, la vulnerabilidad se mantiene en rangos bajos.

En la segunda década, la Figura 150 ilustra los componentes de la vulnerabilidad. El comportamiento no es muy diferente a la década anterior, a diferencia de que algunas unidades de análisis, como Córdoba y Tarija, aumentan su vulnerabilidad. Este aumento de vulnerabilidad es atribuido a la mayor sensibilidad de los rubros agropecuarios, en especial de los cultivos agrícolas.

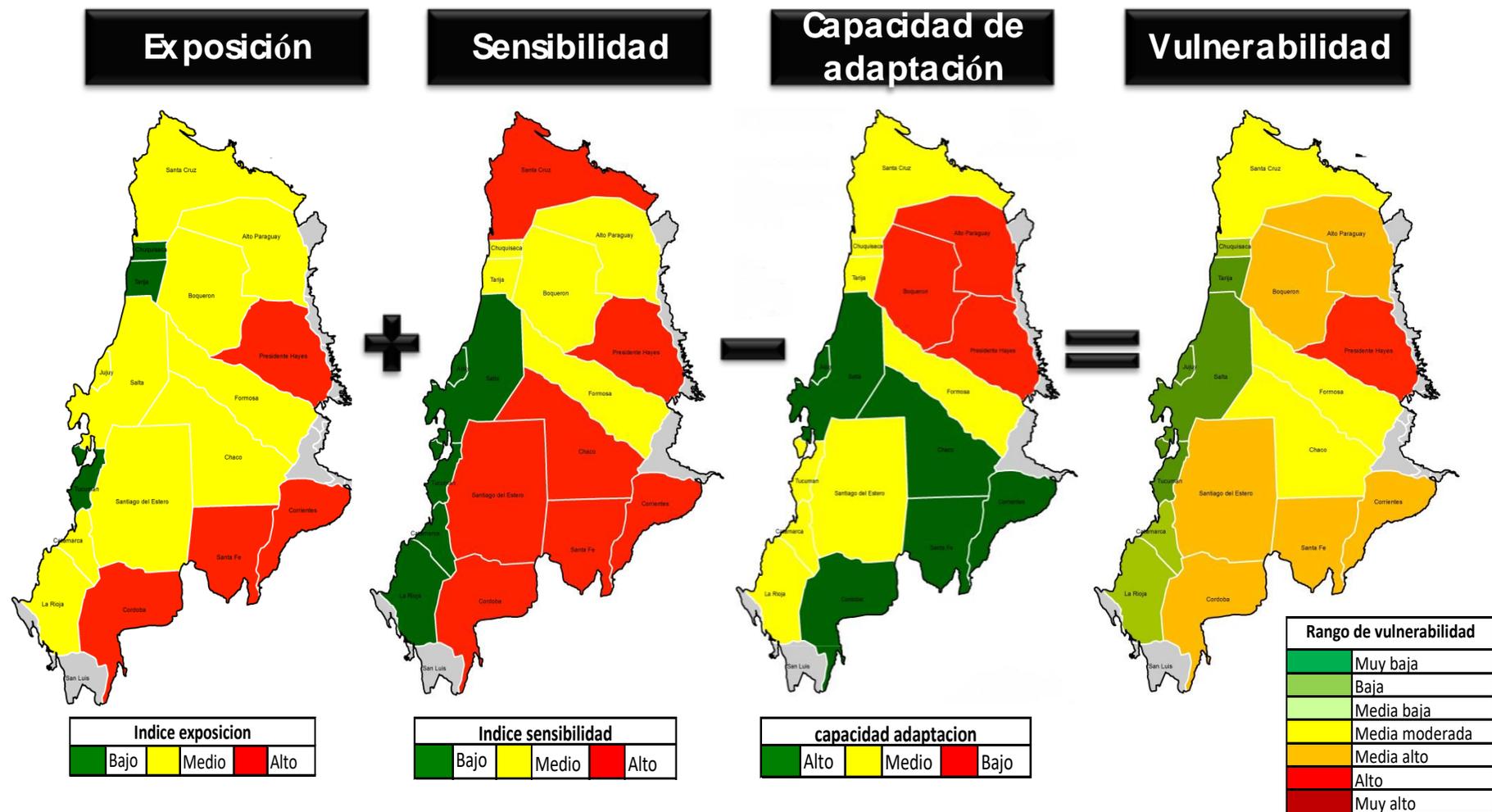
La Figura 151 ilustra los componentes de la vulnerabilidad para la tercera década. En la misma se puede notar que la exposición aumenta en toda la región, consecuente con el aumento de la temperatura y eventos extremos en los últimos años del periodo de análisis. Estas condiciones hacen que también la sensibilidad se vea afectada, en especial la producción agrícola, y la disminución de la disponibilidad hídrica. La alta vulnerabilidad del Chaco Paraguayo, además de la alta exposición y sensibilidad, es atribuida a la baja capacidad de adaptación, resultante de la poca gestión en sus recursos e instituciones.

Figura 149: Vulnerabilidad para la década 2011-2020



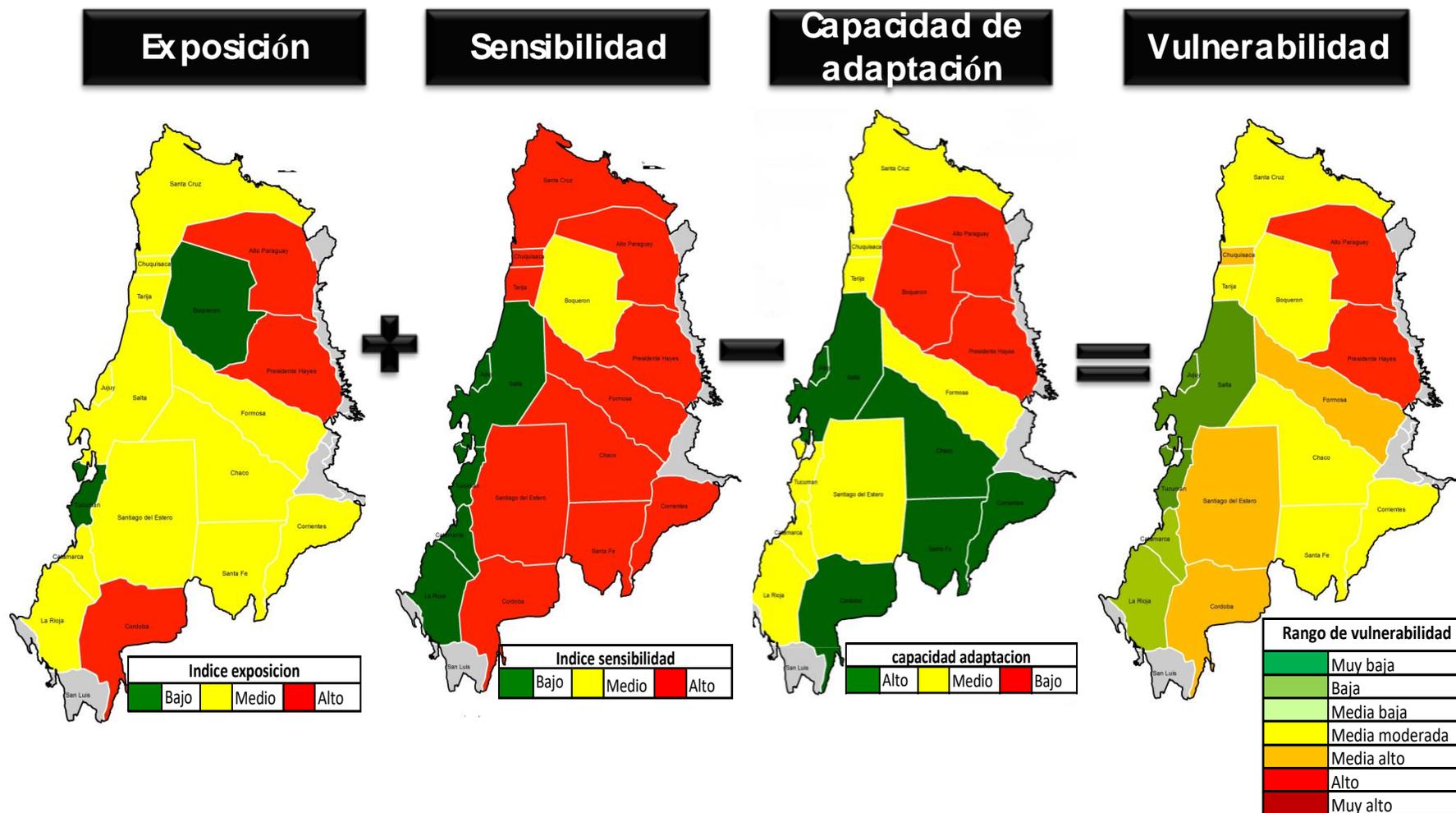
Fuente: Elaboracion propia

Figura 150: Vulnerabilidad para la década 2021-2030



Fuente: Elaboracion propia

Figura 151: Vulnerabilidad para la década 2031-2040



Fuente: Elaboracion propia

### 5.3 Análisis de vulnerabilidad – Periodo 2011-2040

En términos generales, se puede identificar tres grupos que mantienen el mismo comportamiento durante todo el periodo de análisis y es coherente con los niveles de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación en cada una de las décadas analizadas, por lo cual se pueden asociarlo a zonas del Gran Chaco.

Los departamentos/provincias que poseen una vulnerabilidad baja, caracterizada por niveles medio o bajo de exposición, baja sensibilidad en la producción agropecuaria y disponibilidad de los recursos hídricos y un alta o media capacidad de adaptación en cuanto a recursos e instituciones.

A este grupo pertenecen las provincias de Tarija, Jujuy, Salta, Tucumán, Catamarca, Chuquisaca y La Rioja, todas están ubicadas en la zona oeste de la región chaqueña, área que se caracteriza por buenas condiciones climáticas para todo el periodo de estudio. Esto implica temperaturas moderadas, leve incremento de las precipitaciones y pocos eventos extremos.

Las condiciones climáticas descritas antes favorecen a una baja sensibilidad, sea en la disponibilidad de los recursos hídricos así como en la producción agropecuaria.

Adicionalmente, se caracterizan por contar con recursos e instituciones que favorecen la capacidad de adaptación.

El grupo de departamentos/provincias de vulnerabilidad media se caracteriza por contar con niveles de exposición media, atribuida a las altas temperaturas y la mala distribución temporal de la precipitación, así como eventos extremos manifestados en olas de calor e inundaciones.

La sensibilidad es media y está dada por la disponibilidad media de los recursos hídricos, así como las caídas en la producción agropecuaria, en particular en rubros agrícolas. Y por otra parte la capacidad de adaptación se caracteriza por niveles medios de recursos e instituciones.

Pertenecen a este grupo, las provincias que se encuentran en la zona centro-sur de la región (Formosa, Chaco, Santiago del Estero) y al extremo norte (Santa Cruz).

Finalmente, se tiene el grupo de departamentos/provincias de vulnerabilidad alta. Las mismas se caracterizan por tener un índice de exposición alto, atribuido a las elevadas temperaturas y eventos extremos de precipitaciones, en particular en el Chaco paraguayo.

Consecuente con la alta exposición, la sensibilidad también es alta en estos departamentos y la razón es atribuida a la disminución de la disponibilidad de los recursos hídricos en forma estacional, así como las pérdidas en los rendimientos de los rubros agropecuarios.

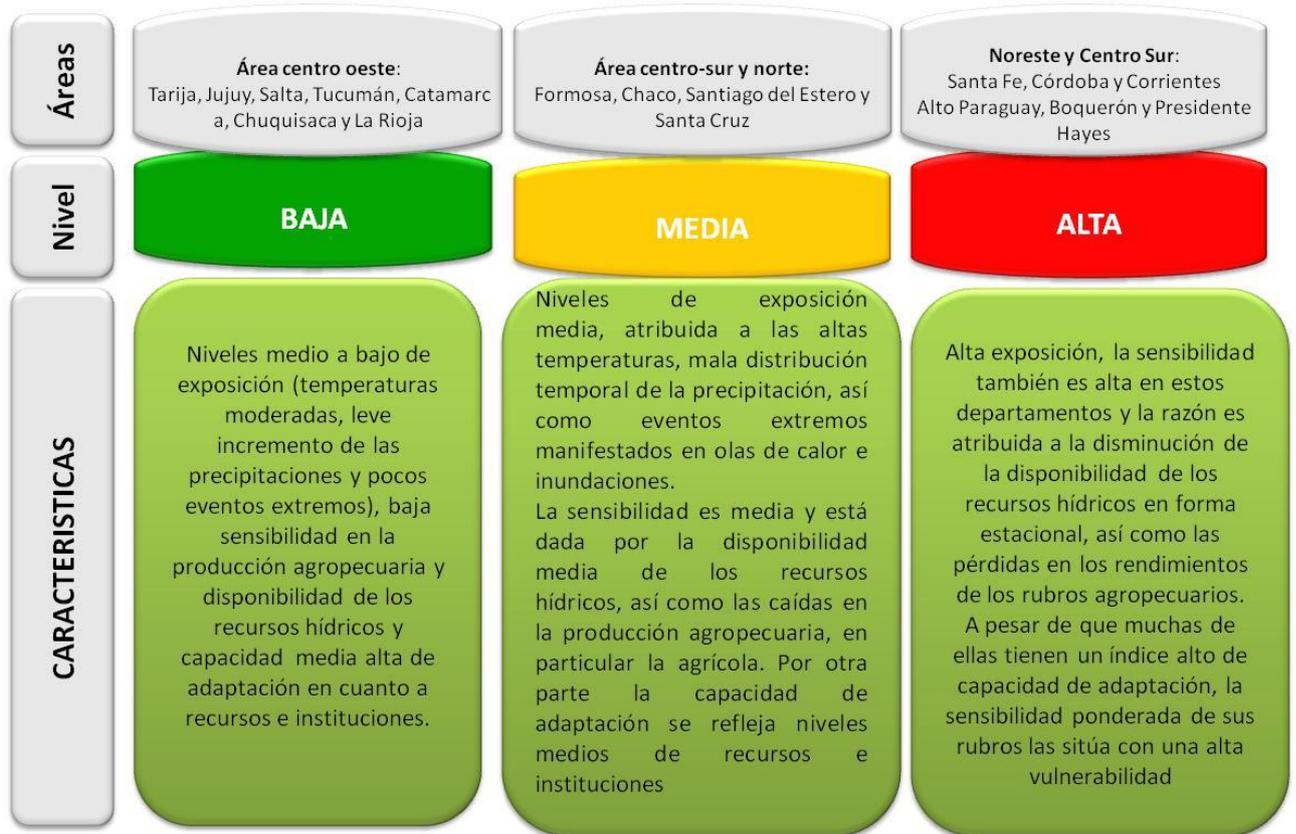
A pesar de que muchas de ellas tienen un índice alto de capacidad de adaptación, la sensibilidad ponderada de sus rubros las sitúa con una alta vulnerabilidad. Este es el caso de Santa Fe, Córdoba y Corrientes, no así los departamentos de Alto Paraguay, Boquerón y Presidente Hayes que contrariamente a los mencionados antes, poseen una baja capacidad adaptativa.

Esta zona corresponde al extremo sur-este de la región y todo el chaco paraguayo.

A continuación se ilustra en el primer grafico las tres zonas descriptas anteriormente, y en el segundo grafico las mismas zonas homogéneas vulnerables al cambio climáticocoincidentes con áreas de mayor vulnerabilidad social.

La figura 152 ilustra lo mencionado en un esquema sintetizando todo el periodo de análisis.

**Figura 152: Resultados de la vulnerabilidad regional 2011-2040**



Fuente: Elaboración propia

### 5.3.1 Análisis de vulnerabilidad - Alto Paraguay

En el departamento de Alto Paraguay, el clima presenta un índice de exposición alto en la primera y tercera década, mientras que en la segunda un índice medio. Esto se debe a las altas temperaturas y si bien la precipitación en media anual aumenta la distribución no es equitativa. Los eventos extremos estimados están asociados a las temperaturas elevadas que sobrepasan los niveles de P90, con incrementos medio anuales igual al 4%, en relación a la línea base.

En la zona sur del Departamento Alto Paraguay la disponibilidad de agua es menor que en el norte, debido a que la misma no pertenece a la cuenca del Timané, ni a la cuenca de Agua Dulce. La misma es parte del abanico Pilcomayo, con una situación menos drástica en relación al área de inundación del río Paraguay, puesto que está ubicado en el Chaco Seco. Los cauces hídricos en el norte del departamento se caracterizan por estar en zonas boscosas y aun sin intervención humana como, infraestructuras, represas etc., lo cual permite que se conserven y abastezca funciones ecosistémicas a los establecimientos pecuarios como a la población.

La principal actividad es la producción ganadera, en especial la producción de carne, que representa el 1% de la producción total de la región, mientras que la agricultura es mínima y orientada a rubros de autoconsumo.

La producción agrícola de consumo no es indiferente a las nuevas condiciones del escenario analizado. La misma predice una disminución en el rendimiento de los rubros analizados en

relación a la media de la línea base. Esto es debido a las altas temperaturas y la mala distribución de las lluvias durante todo el año.

Los periodos de largas sequías, que pueden llegar hasta 12 meses, hacen que los pequeños productores dependan solamente de los bienes y servicios ecosistémicos. Los bosques y las áreas no modificadas cumplen un rol muy importante en la provisión de alimentos y a la regulación del clima. Esta unidad de análisis aún conserva el 61% de sus bosques, del cual gran parte de esa superficie está bajo dominio Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas de Paraguay.

En lo que hace a la contribución de servicios de regulación, el más importante está dado en la amortiguación de eventos extremos e hídricos, así como también en los servicios de soporte de hábitat de pueblos originarios y hábitat de especies silvestre. A nivel transfronterizo, estos complejos ecológicos permiten una sucesión de especies forestales únicas, con valores altos en la provisión de alimentos, recursos genéticos, materiales de construcción. Los valores medio bajo están dados en la provisión de agua para consumo. Estos complejos ecológicos por estar en buen estado de conservación es hábitat de grandes mamíferos (guanaco chaqueño, yagareté, oso hormiguero, tapir, armadillo gigante, entre otros). Mantiene una gradiente altitudinal que va desde 70 a 440 msnm.

En términos de adaptación, los grandes productores pecuarios cosechan agua por medio de tajamares tipo australiano. El concepto de tajamar se refiere principalmente al uso ganadero. Por otra parte se construyen bio-reservorios, para uso de la población y de la vida silvestre en general, a los cuales se limita el uso ganadero.

Así el departamento de Alto Paraguay, debido a su exposición alta, sensibilidad media y capacidad de adaptación baja, cae en un nivel de vulnerabilidad medio-alto en las dos primeras décadas. La vulnerabilidad se incrementaría hasta alcanzar un nivel alto en la tercera década.

### **5.3.2 Análisis de vulnerabilidad - Boquerón**

Boquerón presenta un nivel de exposición medio en la primera y segunda décadas. Se prevén incrementos en términos medios de temperaturas y deprecipitación con respecto a la línea base. Sin embargo en la tercera década se estima una baja exposición, debido a los incrementos importantes de la precipitación.

La precipitación se caracteriza por concentraciones en algunos meses, con déficit en el resto del año. En cuanto a eventos climáticos se manifiestan extremos de temperaturas altas tanto la media, mínima, como máxima. Por otra parte, también son previstos varios eventos con precipitaciones mayores al percentil 90 en relación a la línea de base, para la década.

La zona norte mantiene una disponibilidad de agua, abastecidos por el sistema hídrico del Timané, mientras que el centro – oeste mantiene déficit de agua, lo que generará una situación de vulnerabilidad en los pueblos indígenas (Ayoreos, Angaité, entre otros) de esta zona, que no tienen ningún tipo de infraestructura, ni sistemas de producción.

Mientras que la zona sur y en el centro-este, aun cuando hay déficit del abanico Pilcomayo, el cual está ocupado por menonitas y estancieros, que si tienen sistemas de adaptación al clima.

Existen zonas que todavía mantienen funciones y servicios únicos, como el Complejo Ecológico de los Médanos del Chaco, que por su estructura y dimensiones provee de una función reguladora de eventos climáticos extremos, ya que la transformación de este ecosistema puede generar un cambio drástico de los paisajes, debido a que permitirá avanzar las arenas, cubriendo los suelos naturales y generando pérdidas en cultivos de pueblos originarios, así como para los emprendimientos ganaderos.

Las funciones ecosistémicas son bajas por la transformación de paisajes naturales debido a la colonización en el centro del departamento (31%), generando esto además muy pocos servicios que les son proveído por los bosques. Sin embargo, en zonas donde todavía existen formaciones naturales proveedoras de servicios (16% matorrales y sabanas), específicamente para la ganadería (zona oeste), ha hecho que la combinación de factores naturales convierta el manejo de la ganadería, en un producto de carne de sello ecológico, reconocido a nivel regional. Mantiene el 53% de sus bosques al norte del departamento, muchos de los cuales están en comunidades de pueblos originarios en contacto, como así también zonas de pueblos Ayoreos en aislamiento voluntario, que viven de los servicios ecosistémicos de los bosques.

En lo que hace a la provisión de agua para consumo humano, solamente se pueden obtener de acuíferos, donde el Parque Nacional Médanos del Chaco (614.000 ha.) localizado al Norte, protege el más grande e importante acuífero de la región: El Yrendá.

Esta zona, se caracteriza por un alto cambio de uso de la tierra, debido a los sistemas productivos vigentes, sobre todo en el centro del departamento.

Los principales rubros cultivados son el maní, poroto y sorgo, los que muestran caídas leves del rendimiento en relación a la línea base. Esto es atribuido a la disminución de la disponibilidad hídrica. La cual es consecuencia directa de una mala distribución de la precipitación y principalmente del aumento de la temperatura, para esta década.

La participación de los rubros agrícolas analizados, en relación a la región representa un valor muy bajo. Sin embargo, la producción ganadera y lechera es muy importante a nivel del Paraguay y contribuye en un 6% al de la región del Gran Chaco Americano.

A pesar de estimarse condiciones climáticas no favorables para el departamento, el índice de sensibilidad es medio, lo cual clasifica a la vulnerabilidad en un nivel medio alto, atribuido a la capacidad de adaptación baja del departamento en relación a la región, a pesar que las colonias menonitas y grandes explotaciones han desarrollado medio de adaptación considerable, como construcción de infraestructura, gestión de los recursos hídricos a través de la cosecha de la misma, asegurándola producción lechera, puesto que este departamento cuenta con una de las cuencas lecheras más importantes de Paraguay. Pero, estos medios están limitados a las mencionadas colonias y grandes explotaciones ganaderas.

### **5.3.3 Análisis de vulnerabilidad - Presidente Hayes**

El departamento posee una alta exposición climática en todo el periodo de análisis, se prevé aumentos importantes de la temperatura y una leve disminución de la precipitación sobre todo la época de verano, por lo cual hay una disminución de la disponibilidad hídrica por la alta evapotranspiración. Los eventos extremos están asociados a las altas temperaturas, tanto la media, mínima, como la máxima.

Con respecto a los ecosistemas, la mayor parte del departamento está ubicado en el Chaco Húmedo, por lo cual la disminución de la disponibilidad para esta década no es tan fuerte como en el abanico Pilcomayo del Chaco Seco; gracias a la planicie de inundación del río Paraguay y los ríos afluentes de la zona (Río Verde, Montelindo, etc.). El porcentaje de bosques en este departamento corresponde al 58% y el 23% a áreas inundables, lo cual asegura la provisión de alimentos a pequeñas comunidades rurales y pueblos indígenas. Esta zona de campos naturales y bosque de caranday en su mayoría, sufren incendios de temporada para renovación de sus pastos. La gran mayoría de estos complejos ecosistémicos presentes es adaptada al fuego para su mantenimiento y función.

Por otro lado, la gran mayoría de sus ecosistemas están asociados a campos y planicies de inundación, tanto al este con el Río Paraguay, como al oeste y suroeste con el Río Pilcomayo, proveyendo estos una dinámica asociada a la producción de ganadería extensiva, con pastos

naturales. Este departamento casi en su totalidad corresponde a la eco región del Chaco Húmedo, con una rica diversidad biológica, tanto terrestre como acuática.

La alta exposición del departamento afecta directamente el rendimiento de todos los rubros analizados: algodón, caña de azúcar, maní, los cuales decaen, siendo lo de mayor importancia el sorgo, el maní y la caña de azúcar. Este último cultivo es el que se va más afectado, lo cual es atribuido a la disminución de disponibilidad hídrica.

Los meses de enero, febrero, marzo y abril constituyen el período favorable para la maduración de la caña de azúcar en Paraguay y es la mejor época para la zafra, periodo en la cual se concentra la escasez de agua para el Departamento y, por lo tanto, demuestra una alta sensibilidad al mismo.

En cuanto a la producción de carne y leche, el departamento representa el 8% de la producción pecuaria a nivel regional.

El departamento se caracteriza por un índice de exposición y sensibilidad alta, un índice de capacidad de adaptación baja. En estas condiciones, el índice de vulnerabilidad es alto, y este comportamiento se mantiene durante todo el periodo de análisis.

#### **5.3.4 Análisis de vulnerabilidad - Formosa**

En la zona correspondiente a la provincia de **Formosa**, se estiman temperaturas y precipitaciones levemente por encima de la línea base, lo cual lo clasifica con una exposición media en las tres décadas.

Los ecosistemas están muy relacionados a la disponibilidad de recursos hídricos creando una fuerte interdependencia entre los bosques y este recurso, tanto en calidad como cantidad para producción y consumo humano. Dado que parte de la disponibilidad de los recursos hídricos está en función a los desbordes del Río Pilcomayo, al norte de la provincia, condicionado a los Acuerdos con la República de Paraguay, desde la década del 90. El Gobierno ha desarrollado un plan de gestión de los recursos con obras públicas y privadas destinadas a mejorar el acceso al agua. La disponibilidad hídrica en la provincia nota una leve diferencia entre la zona Este y Oeste, coincidiendo con la clasificación de Chaco Húmedo y Chaco Seco de la Región.

Formosa aun cuenta con un elevado porcentaje de áreas naturales o no modificadas, representadas por un 69% de bosques y con un 18% de campos inundables a lo largo del Río Pilcomayo, lo cual le confiere un valor medio alto de provisión de alimentos (tanto terrestre como de río), materia prima y agua, así como servicios de regulación del clima, atmosfera, e hídrica, así como servicios de soporte para pueblos indígenas que habitan en la ribera del río, y donde su economía está basada en la pesca. Corresponde ecoregionalmente al Chaco Seco y Chaco Húmedo, con zonas de transición muy marcadas. Mantiene el 13% de campos productivos, muchos de los cuales mantiene un sistema de riego con agua proveniente del río Pilcomayo como fuente principal.

La economía se basa en actividades agropecuarias. Entre sus principales cultivos se encuentra el maíz, el algodón y en los últimos años está tomando importancia la soja. Los rubros analizados presentan en su mayoría una disminución en relación al rendimiento promedio de la línea base. El rubro más afectado es el maíz con caídas alrededor del 20%, seguida por el sorgo (13%), trigo (10%) y arroz, con 7% en pérdidas. Por otra parte, se destaca que el algodón posee incrementos de 6% en relación al promedio de la línea base.

La producción pecuaria representa el 5% de la producción total de la región y en la provincia, es importante específicamente la producción de carne, la cual muestra un rendimiento estable. También la producción de leche se estima estable.

Si bien la provincia presenta ciertas condiciones climáticas y de accesibilidad que limitan el avance de la frontera agrícola, se están produciendo cambios en la infraestructura que favorecerán la expansión de cultivos y ganadería generando nuevas áreas deforestadas, para dar cumplimiento a los objetivos enmarcados en el Plan Estratégico Formosa 2015.

La provincia posee una capacidad de adaptación baja, aunque presenta índice de exposición y sensibilidad medio, lo que le confiere una vulnerabilidad media-alta en la primera y segunda década y una vulnerabilidad moderada en la tercera década.

### **5.3.5 Análisis de vulnerabilidad - Chaco**

La provincia de Chaco presenta una exposición media, debido al leve aumento de temperatura y disminución de la precipitación con respecto a la línea base.

En cuanto a los ecosistemas, se nota que posee un elevado porcentaje de áreas no modificados, aproximadamente 59% corresponde a bosques, 11% de matorrales y sabanas, y 8% de campos inundables, lo cual permite mantener un buen nivel relativo de servicios ecosistémicos. A pesar de que la provincia está muy relacionado con la explotación de los bosques, de quebracho principalmente, mantiene bosques con funciones ecosistémicas. Los emprendimientos agropecuarios mantienen un 22% de espacios manejados, en mayor importancia la ganadería. Su relieve geográfico y complejos ecológicos asociados a su gradiente, generan espacios de regulación y de provisión de agua de zonas altas por encima de 237 msnm y 70 msnm en el río Paraná.

La producción de algodón en la actualidad es uno de sus principales cultivos, convirtiéndole en la principal productora de Argentina, proveyendo el 60% de la producción total del país. A partir del 2010 y comienzos de 2011, el algodón volvió a ser el cultivo más importante para la provincia y la región con 368 mil hectáreas. Se estima una disminución leve del rendimiento del algodón con respecto a la línea de base (4%). Otros cultivos afectados por baja de rendimiento son la soja, el maíz y la caña de azúcar. Por otra parte, el arroz mantiene importantes aumentos en los rendimientos sobre todo en la primera década.

La producción pecuaria en la provincia es importante, representando el 6% del total de la región. No se estima variación importante en la producción ganadera.

En resumen, la provincia presenta un índice de exposición medio, una sensibilidad alta y una capacidad de adaptación alta, por tanto posee un índice de vulnerabilidad medio-moderado.

### **5.3.6 Análisis de vulnerabilidad - Corrientes**

La provincia de Corrientes posee una exposición alta en la primera y segunda década y media en la tercera década. Esto es debido al aumento de la precipitación, así como de las temperaturas sobre el nivel promedio de la línea base. Se estiman eventos extremos asociados a las altas temperaturas para el periodo. En estas condiciones la disponibilidad de los recursos hídricos disminuye debido a las altas temperaturas lo cual incrementa la evapotranspiración.

En relación a los ecosistemas, la provincia mantiene un porcentaje de áreas no modificadas igual a 90% de los cuales un 33% corresponde a bosques, 40% a áreas inundables, 3% a cuerpos de agua y un 17% a sabanas y matorrales, con una fuerte función ecosistémica en la regulación de eventos extremos, en la provisión de alimentos y en la de agua.

La provincia contribuye con un 15% de la producción total en la región, distribuidos entre el sector pecuario con un 14% y, en menor proporción, con rubros agrícola igual a 1%.

Entre los rubros agrícolas se destaca, el arroz, la soja, sorgo, trigo y algodón con caídas significativas en el rendimiento en relación a la línea base. Contrariamente, el maíz y la caña de azúcar presentan aumentos en el rendimiento en la primera década.

Por otro lado la producción ganadera es importante contribuyendo en un 14% en la región y se estima una producción normal en cuanto a la carne, mientras que para la producción de leche, se nota un aumento de la sensibilidad en la última década.

Debido a las condiciones climáticas no favorables y la alta sensibilidad, la vulnerabilidad de la provincia es medio-alta, a pesar de contar con una alta capacidad de adaptación.

### **5.3.7 Análisis de vulnerabilidad - Santiago del Estero**

En este departamento se observa una exposición media para todo el periodo, con aumento de la temperatura y de la precipitación. Así mismo, se estiman varios eventos extremos asociados a temperatura elevados para la década.

Las condiciones antes descritas permiten que la disponibilidad de los recursos hídricos disminuya levemente debido al incremento de la temperatura. Considerando que la provincia de Santiago del Estero está dividida en dos grandes zonas, también la disponibilidad hídrica varía en función a ello. Por un lado, el abanico del Salado, al norte, con una disminución de la escorrentía debido a la disminución de la lluvia y, por otra parte la cuenca endorreica de Mar Chiquita, con una mayor disponibilidad del recurso debido al aumento de la precipitación en la zona.

En relación a los ecosistemas, cuenta con 72% de áreas naturales, de las cuales el 51% corresponde a bosques, y el 21% a sabanas. A pesar de la importante proporción de áreas naturales, debe tenerse en cuenta la característica desértica, salinidad y pobreza de sus suelos. En cuanto a la provisión de alimentos y materia prima se considera a nivel medio, haciendo que sus condiciones climáticas mantenga una estabilidad en la dinámica de sus formaciones naturales por su gradiente altitudinal.

En cuanto a la producción, la provincia presenta el 6% de la producción agrícola de la región. Entre los rubros principales se encuentra la soja, el sorgo, el trigo y el algodón, los cuales presentan rendimientos decrecientes en relación a la media de la línea de base. Contrariamente, el maíz presenta aumentos importantes en todo el periodo de análisis.

La provincia presenta un índice de exposición medio, una alta sensibilidad en sus rubros agropecuarios y una capacidad de adaptación media, lo que le permite un índice de vulnerabilidad medio para todo el periodo.

### **5.3.8 Análisis de vulnerabilidad - Santa Fe**

En las dos primeras décadas se estima un nivel alto de exposición y en la tercera un nivel medio; esto es resultado de temperaturas muy elevadas y precipitaciones levemente por encima de la media. La disponibilidad hídrica disminuye levemente como consecuencia del aumento de la evapotranspiración. Se estiman años con eventos extremos asociados a las altas temperaturas y la sequías.

La provincia tiene el 49% de áreas no modificadas, de las cuales el 30% corresponde a bosques y el resto conformado por sabanas y matorrales. Es considerado como uno de las unidades de mayor producción de alimentos y en cuanto a regulación es considerado de nivel medio-bajo, con servicios ecosistémicos centrado en la zona ribereña del río Paraná, donde desagota los afluentes del abanico del Río Bermejo, creando áreas húmedas.

La sabana y matorrales (19%) y cuerpos de agua (14%) de la provincia son ideales para los 6,5 millones de cabezas de ganado (20% del stock nacional), que en la práctica no sólo es fuente de carne, sino de 2,6 millones de litros de leche por día (40% de la producción nacional). La funciones ecosistémicos presente en el 30% de sus bosques, asociados a las planicies del Río Paraná presentan una incidencia sobre disminución eventos extremos y regulación hídrica.

La economía de Santa Fe es la tercera más importante de la Argentina, representando el 8% del total de Argentina. A pesar de que la economía está bien diversificada, la agricultura sigue siendo la principal exportadora. Veintiún por ciento de las tierras cultivadas de la Argentina están en Santa Fe, cuyos cultivos principales son soja (principal productor nacional), maíz, trigo, sorgo y el algodón. En cuanto a la contribución regional esta provincia representa el 26% del total en relación a la producción agrícola y el 23% en relación a la producción pecuaria, destacándose la producción de carne y de leche. Es la segunda unidad administrativa más importante de la región en cuanto a producción agropecuaria con una contribución total de 49% el total producido en la región.

Todos los rubros analizados presentan caídas en el rendimiento con respecto a la línea base, resaltando caídas importantes en rubros como maní, arroz, sorgo y soja.

En cuanto a la producción de carne y leche, es importante mencionar que no se notan caídas importantes en la producción de los mismos, salvo para la producción de leche en la última década.

La provincia de Santa Fe muestra un alto grado de exposición y consecuentemente la sensibilidad también es alta, debido a que posee una alta capacidad de adaptación la vulnerabilidad de la misma es media-alta y luego moderada.

### **5.3.9 Análisis de vulnerabilidad - Córdoba**

Se estima una exposición alta, lo cual se atribuye a las temperaturas y precipitaciones con valores medios por encima de la línea base. Se observa un déficit de precipitación en épocas de verano, con alta temperatura y precipitación concentradas en invierno. Adicionalmente, se estiman eventos extremos, particularmente asociados a las temperaturas elevadas.

Estas condiciones climáticas de la provincia difiere según las zonas, por una parte la porción oriental de la provincia tiene un clima templado pampeano al sur y por otra parte un clima subtropical con estación seca al norte. De la misma manera las temperaturas al igual que las precipitaciones disminuyen de norte a sur y de este a oeste. Se estiman eventos extremos relacionados con las altas temperaturas.

Estas condiciones hacen que la disponibilidad hídrica también tenga el mismo comportamiento en cuanto a la distribuciones espacial del mismo. Así la provincia, específicamente en la porción noroccidental cuenta con varios ríos cortos de desagüe endorreico, los cuales son caracterizados por poseer aguas artificialmente embalsadas.

Los ríos más destacados nacen en las sierras Grande y de Comechingones y recorren la provincia en dirección oeste-este. Estos ríos y sus afluentes presentan máximos caudales durante el verano, con crecidas violentas e inesperadas tras las lluvias.

Es una provincia que posee decenas de represas y embalses multifuncionales, que sirven de reservorios de agua dulce, generadoras de energía hidroeléctrica y reguladoras de caudal hídrico, así como proveedora de aguas para riego.

En el noreste de la provincia se encuentra la gran laguna Mar Chiquita y en el sur, el río Chocancharava formando un importante humedal llamado "Baños del Saladillo".

La parte oriental de la provincia, diferenciada por dos subregiones: al norte asociada a la cuenca de la gran laguna de Mar Chiquita, y al sur, a la cuenca del río Quinto.

Al noroeste de las sierras, compartida con las provincias de Catamarca, La Rioja y Santiago del Estero, se encuentra una gran cuenca desértica, resto de un antiguo mar que actualmente es uno de los mayores salares del planeta. Esta región de clima muy continental se llama Salinas.

En el centro sur de la provincia se encuentra la reserva provincial de flora y fauna Laguna La Felipa, en cercanías de Ucacha. Más curiosa es la situación del río Popopis, ya que en el sur de la provincia de Córdoba forma una amplia y muy variable extensión de humedales y lagunas conocida como "Bañados de la Amarga" (antiguamente: "Laguna Amarga"). En ciertas épocas el mencionado río Popopis se subsume en dichos bañados, y en otras, cuando se incrementan los caudales, las aguas superan los Bañados de la Amarga y, sin un cauce preciso, el río se une con el río Salado bonaerense.

Las funciones ecosistémicas más importantes en contribución están dadas por dos de los cinco complejos ecológicos presentes, donde los valores más altos están en la regulación del clima y la regulación hídrica, siendo su contribución en la provisión de agua para consumo y clima habitable. En lo que hace a su contribución de soporte de hábitat para especies silvestre, es baja. Los valores relativos para sus servicios ambientales es medio alto, teniendo el 43% de sabanas y matorrales, con 11% de cuerpos de agua y 19% bosques. Los complejos, sin embargo, aportan nutrientes y generan un clima favorable para las actividades agropecuarias (25%).

En cuanto a la producción agropecuaria a nivel regional, la provincia está en primer lugar. Contribuye con 63% del total de la región, del cual el 21% corresponde a la agricultura y el 42% a la producción de carne y leche. Se cultivan principalmente soya, maíz, seguido por trigo y sorgo. Se destaca también la producción de maní, ya que concentra la casi totalidad de la producción nacional del rubro.

Según la estimación del modelo, los rubros sorgo, algodón, poroto, soja y maní tendrían caídas importantes en el rendimiento en relación a la línea de base. El maní y la soja tendrían un impacto económico importante puesto que son los dos rubros más significativos en la económica provincial con superficies anuales de cultivo próximas a los 4,5 millones de hectárea para la soja y 200 mil hectárea para el maní.

Por otra parte, se estima alzas importantes del maíz y el trigo. Estos rubros también son de significativa importancia económica para la provincia puesto que se cultivan cerca de 1,2 millones de ha en cada caso.

La ganadería vacuna se desarrolla principalmente en la región serrana y de la llanura oriental. La producción lechera es de gran relevancia y tiene un elevado rendimiento. Dado el buen resultado, hay numerosos tambos y plantas productoras de leche y sus derivados. En los valles de la zona serrana y en las llanuras semiáridas del oeste se cría ganado vacuno de carne principalmente. En términos generales la producción pecuaria no se vería afectada, salvo en la última década que muestra una alta sensibilidad en la producción de leche.

Dado que la exposición y en consecuencia la sensibilidad es alta, el índice de vulnerabilidad correspondiente a esta provincia se mantiene entre media-moderada y luego media-alta, debido a su alta capacidad de adaptación.

### **5.3.10 Análisis de vulnerabilidad - Salta**

Es una de las provincias que posee un índice de exposición medio. Esto se atribuye a que se estiman temperaturas bajas y precipitaciones medias por encima de la línea de base, lo que permite tener una disponibilidad alta de agua en toda la provincia.

El clima se caracteriza por los paisajes contrastados principalmente según la altitud, donde la región occidental (la más elevada) predomina un clima árido y frío con bruscas variaciones térmicas entre el día y la noche.

Con excepción de algunas zonas de la Puna, que forman cuencas endorreicas, la mayor parte de la provincia de Salta se encuentra dentro de la cuenca del Plata.

La provincia de Salta posee importantes cursos de agua, aunque heterogéneamente distribuidos en el territorio. Los tres ríos más importantes y caudalosos son el Pilcomayo, el Bermejo, (tributarios delParaguay) y elJuramento, a estos se les suman una enorme cantidad de ríos menos prolongados, arroyos y arroyuelos, que descienden de los faldeos orientales andinos. Aprovechando la presencia de tal red fluvial se han construido algunos embalses de uso hidroeléctrico como para la producción y consumo.

Esta provincia presenta 8 complejos ecológicos, lo que le confiere una importante capacidad de provisión de servicios ecosistémicos diversos. Presenta el 68% de sus bosques en buen estado de conservación, permitiendo esto una alta capacidad de regulación del clima y secuestro de gases de efecto invernadero, además de hábitat importante para especies de vida silvestre y la provisión de alimentos.

La producción agrícola representa el 5% de la región. Entre los rubros más importantes se encuentra el trigo, el maíz, el algodón, la caña de azúcar, el poroto, la soja y el maní.

El análisis de sensibilidad indica que el trigo y el maíz son los que presentan rendimientos negativos en relación a la línea. Los rubros de algodón, maíz, maní y porotono presentan grandes variaciones en relación a la línea base, mientras que la caña de azúcar y soja presentan rendimiento positivos significativos.

La actividad ganadera es mínima. La cría de ganado vacuno se realiza en los valles y en zonas despejadas, con una contribución igual al 1% de la producción total de la región.

Siendo que la provincia cuenta con un índice de exposición medio, sensibilidad baja y una alta capacidad de adaptación, le corresponde un índice de vulnerabilidad bajo.

### **5.3.11 Análisis de vulnerabilidad - Jujuy**

La provincia posee nivel de exposición medio durante todo el periodo, puesto que el modelo predice temperaturas y precipitaciones tales que permite tener una baja evapotranspiración y alta disponibilidad del recurso agua.

La provincia se caracteriza por la diferenciación de dos zonas, la de lasSierras Sub-andinas, con un clima más cálido y húmedo, clima subtropical. Contrariamente a la región de la altiplanicie de lapunajujeña, con un clima extremadamente frío y con escasas precipitaciones en la mayor parte del año, caracterizándose por sus llanuras y mesetas de altura y las enormes variaciones de temperatura registradas entre las máximas de verano y mínimas de invierno. Por consiguiente, Jujuy es una de las provincias con mayor diversidad climática de la Argentina ya que posee diversos ecosistemas (yungas, quebrada, punay valles).

Mantiene el 81% de su territorio con bosques, confiriéndole altos valores de regulación climática, que asociado al 7% de matorrales y sabanas, permite una alta disponibilidad de sus funciones y servicios eco-sistémicos con altos valores relativos. Su gradiente altitudinal es de importancia ya que es el punto más alto (1.000 a 727 msnm). Es el límite oeste de la eco-región del Gran Chaco Americano. El uso agropecuario es bajo en relación a otras provincias, solo el 11% del total está dedicado al uso agropecuario.

Dentro de la estructura agropecuaria los cultivos que se destacan son: caña de azúcar, poroto, soja y maíz. En menor escala se cultivan trigo y maní. La caña de azúcar, el maíz y el trigo muestran caídas en el rendimiento en relación a la línea base. Por otra parte, la soja es un cultivo con rápida expansión en los últimos años, el poroto y el maní muestran rendimientos positivos importantes.

La provincia, se caracteriza por un índice de exposición medio, un índice de sensibilidad baja y un nivel de capacidad adaptativa alto, condiciones que la sitúan en un rango de vulnerabilidad baja

### **5.3.12 Análisis de vulnerabilidad - Tucumán**

Se estiman temperaturas bajas y altas precipitaciones en relación a la línea base. Además se identificaron pocos eventos extremos, lo que le confiere una exposición baja para todo el periodo.

En relación a la disponibilidad de los recursos hídricos es alta debido a la baja evapotranspiración.

Los cordones montañosos se encargan de detener los vientos húmedos del Atlántico, provocando que se eleven. La condensación de humedad en esta zona provoca sobre las laderas orientales lluvias y nevadas que reciben el nombre de precipitaciones orográficas que rondan los 3.000mm anuales en algunas zonas. Esta cantidad de precipitaciones da lugar a una zona de vegetación abundante que justifica que la provincia sea conocida en Argentina como «El jardín de la República».

En relación a las áreas naturales no modificadas posee un 49% distribuidas principalmente en 26% de bosques y 23% de sabanas y matorrales, que por su localización altitudinal confieren una importancia en los complejos ecológicos presentes, tanto en su contribución y valores relativos para las funciones de regulación y provisión de alimentos, agua y mitigación de eventos extremos. Por ser una zona de transición denominada Chaco Monte, mantienen un alto potencial en el soporte de especies de la vida silvestre y un clima habitable, siendo los puntos más altos en su gradiente utilizados para la generación de energía a partir de agua.

Es importante mencionar que el departamento cuenta con complejos hidroeléctricos para la producción de energía hidroeléctrica, para el riego de los cultivos y para el consumo humano de poblaciones. También cumple función importantísima de reserva de agua dulce de montaña. El conjunto de nieves eternas se encuentra en las alturas superiores a los 3.500 msnm.

Prácticamente la totalidad de las aguas pluviales originadas en la ladera oriental de las Cumbres Calchaquías y la Sierra del Aconquija portan sus aguas al río Salí, uno de los dos más importantes de INOA (Noroeste Argentino). Este río, conocido como Río Dulce en la mayor parte de su curso es el eje vertebrador de la provincia.

En la actividad agrícola tiene gran relevancia la caña de azúcar, siendo el primer productor de la Argentina, ya que representa el 65% de la producción total, y los complejos azucareros más importantes se centran en esta provincia. Por otra parte, cultivos intensivos como soja, maíz, trigo, sorgo y poroto, representando el 3% de la producción total en la región. Las variaciones de rendimientos estimados por el modelo predicen importantes caídas en maíz y trigo. Contrariamente, se predicen rendimientos levemente superiores para el poroto, soja y sorgo.

La provincia posee un índice bajo de vulnerabilidad, debido a las buenas condiciones climáticas, la baja sensibilidad en sus cultivos y un alto grado de capacidad adaptativa.

### **5.3.13 Análisis de vulnerabilidad - La Rioja**

Este departamento posee una clasificación media en cuanto a exposición, lo que se explica por el aumento de la temperatura como de la precipitación. Se estiman eventos extremos relacionados a las altas temperaturas, característico del territorio semiárido y con escasa humedad. La Rioja presenta características propias de un clima continental. Los inviernos son suaves y secos, con temperaturas medias por encima de los 10 °C y escasas lluvias, así como una alta oscilación diaria. Los veranos son lluviosos y extremadamente cálidos con temperaturas máximas promedio de 36 °C (y mínimas promedio de 25 °C), y máximas absolutas en torno a los 45 °C, una de las más altas de Argentina. Es además frecuente encontrar periodos de dos o tres días consecutivos con temperaturas máximas diarias en el rango de 38 a 40°C, con un fuerte componente de humedad atmosférica.

El clima árido y la escasa precipitación han generado comunidades vegetales únicas para este piso ecológico, donde solo se tienen 4% de bosque, 67% de sabanas y matorrales y el 27% a pastizales. Sin embargo, por su posición geográfica y altitudinal presenta altos valores de contribución en lo que hace a sus funciones de regulación del clima, atmosférica, hídrica y de formación de suelos. En lo que hace a sus funciones y servicios de provisión, los valores más altos están en alimentos y agua.

Cabe mencionar que los cultivos analizados en este estudio, característicos del Gran Chaco, no se cultivan en esta provincia y esto es debido a la falta de disponibilidad de agua.

El índice de vulnerabilidad de la provincia corresponde a un nivel medio-baja. Esto se debe a que presenta un índice de exposición media y una sensibilidad baja y una capacidad de adaptación media.

#### **5.3.14 Análisis de vulnerabilidad - Chuquisaca**

La exposición para el departamento se estima de un nivel medio, debido a aumentos importantes de la precipitación y un leve incremento de las temperaturas sobre el promedio de la línea base. Este comportamiento del clima indica una disponibilidad de los recursos hídricos, debido a la baja evapotranspiración.

Los ríos más importantes del departamento son el río Cañón Verde, el que hace todo su recorrido en el departamento de Chuquisaca. El río San Pedro forma frontera entre los departamentos de Potosí y Chuquisaca. El río Grande que nace en las confluencias de los ríos Caine y San Pedro y desde este punto forma frontera entre los departamentos de Chuquisaca con Cochabamba y Chuquisaca con Santa Cruz. El río Pilcomayo, un extenso río, que discurre por Bolivia, Argentina y Paraguay. El río Parapetí, río que nace en los Andes, atraviesa el Chaco boliviano y desemboca finalmente en la depresión tectónica de los Bañados de Izozog, que constituyen un gran humedal situado en la parte central del departamento de Santa Cruz).

En relación a los ecosistemas se puede notar que el departamento presenta un 93% de sus áreas no modificadas, de las cuales el 73% corresponde a bosques y 19% a matorrales y sabanas. La contribución de sus funciones ecosistémicas de regulación, así como de provisión les confieren altos valores en las zonas más de pre montaña. Sin embargo, en el sector noreste tiene una formación natural denominada de los Médanos del Chaco, por ser una formación eólica de la zona del río Parapetí y que ingresa al lado Paraguayo formando un ecosistema único para la zona, con registros de especies endémicas y de distribución restringida a este lugar, muchas de ellas consideradas recursos genéticos de importancia global.

En lo que hace a las funciones de soporte de hábitat presenta valores son altos, ya que es sitio de grandes mamíferos, así como territorio de pueblos originarios, muchos de ellos dedicados a la caza y recolección como sustento y medio de vida.

Con el fin de proteger la biodiversidad, en el departamento de Chuquisaca se han creado dos áreas protegidas: el Parque Nacional y Área Natural Serranía del Lago y el Área Natural de Manejo Integrado El Palmar.

El departamento contribuye con casi el 3% de la producción agropecuaria regional, entre los cultivos principales tenemos el maíz, trigo con rendimientos decrecientes en relación a la línea base. Por otra parte, se tiene importantes producciones de legumbres, como el poroto que mantiene los rendimientos similares a la línea base; y rubros como el arroz, que se estiman incrementos importantes en el rendimiento.

La producción pecuaria corresponde al 2% de la producción total de la región y se predicen rendimientos buenos para la carne para todo el periodo, no ha así para la leche que se predicen bajas en el rendimiento en la última década.

El índice de exposición es medio en la primera y última década. En la segunda década el índice de exposición es bajo. La sensibilidad es baja en la primera década, media y alta en la segunda y tercera, respectivamente. En estas condiciones y con un índice de capacidad de adaptación medio, Tarija posee un índice de vulnerabilidad medio-bajo en las dos primeras décadas y medio-alto en la tercera década, consecuente con la sensibilidad en aumento

### **5.3.15 Análisis de vulnerabilidad - Santa Cruz**

Para el departamento de Santa Cruz se estiman incremento de precipitación leve, así como incrementos de la temperatura por encima de la media para todo el periodo, con eventos asociados a esta variable, lo que lo atribuye un nivel de exposición media. De las condiciones climáticas anteriores se puede estimar que la disponibilidad de recursos hídricos se ve en disminución.

El clima fresco debido al predominio de un relieve llano que ofrece escaso obstáculo a los avances de los frentes eólicos. De este modo existen dos estaciones muy diferenciadas: un verano cálido (como es de suponer en esta altitud) con temperaturas que rondan los 30°C y un invierno fresco e incluso hasta en ocasiones bastante frío en los meses de junio y julio. De esta manera existen también, aunque menos notorios, un otoño y una primavera, en las cuales son frecuentes las tormentas y las lluvias, aún en plena estación cálida, época en la que se produce una zona ciclónica-sin que esto signifique tormentas-. Debido a las bajas presiones atmosféricas tras jornadas de calor, se pueden producir irrupciones de vientos procedentes de la Antártida-surazos- con bruscas bajas de la temperatura. Las áreas más septentrionales, más orientales y más occidentales son las más húmedas mientras que el centro y sur del territorio es seco.

Los ríos que cruzan el departamento de Santa Cruz pertenecen a dos vertientes que son la cuenca del Amazonas y la del Sur o Cuenca del Plata. En los grandes ríos se realiza importante pesca y merced al agua de éstos también se practica una incipiente piscicultura, en especial de tilapias.

Las maderas de los bosques cruceños son de gran calidad y están destinadas a satisfacer la demanda nacional e internacional. Industrialmente se produce en Santa Cruz madera terciada, madera prensada, machihembrado, parquet, etc. Se producen muebles de finísima calidad y acabado. La proporción de conservación de bosques es baja, con un 50%, que asociado al 27% de matorrales y sabanas, proporcionan funciones y servicios ecosistémicos medios altos en promedio, focalizados en diferentes complejos ecológicos. Esta provincia es una de las más grandes de Bolivia y proporciona diversas contribuciones de beneficio regional, como son la explotación de gas y minerales, así como las áreas naturales protegidas más grandes del país.

Los complejos ecológicos presentes son 8 (ocho), los cuales confieren una importancia como proveedora de bienes y servicios ecosistémicos de alto valor, ya que se manifiestan como parte de una gradiente altitudinal desde 1.750 a 90 msnm. En lo que hace a su contribución en servicios de regulación sus valores relativos están dados por la amortiguación de eventos extremos y agua de buena calidad, así como el secuestro de gases de efecto invernadero. En lo que a hace a su contribución como servicio de provisión, sus valores más altos están dados en alimentos, recursos genéticos, combustible/energía, materiales de construcción y fibras; y medio bajo en la provisión de agua para consumo.

Sin embargo, en lo que hace a la contribución de los ecosistemas en los servicios de soporte de hábitat para pueblos originarios y hábitat de vida silvestre, mantiene altos valores en relación a otros. Dentro de estas cualidades, que le provee el hábitat asociado a grandes áreas naturales protegidas a nivel transfronterizo con Paraguay, permite que pueblos Ayoreos en aislamiento voluntario todavía sobrevivan a los embates de los cambios en los paisajes naturales. Estos grupos humanos están considerados a nivel global como los últimos

sobrevivientes de un pueblo ancestral, y recomienda la salvaguarda de los mismos, donde los países deben aplicar políticas públicas para el efecto.

Este departamento contribuye con 16,5% del total de la producción de la región, de los cuales 8,5% corresponde a rubros agrícolas y el 8% a la producción pecuaria.

Entre los rubros agrícolas se destaca la producción de soja, maíz, sorgo, trigo y caña de azúcar; en menor proporción algodón, poroto, papa y maní.

En cuanto a la sensibilidad, los rubros arroz, poroto, sorgo, soja, maíz y maní son los que presentan rendimientos decrecientes en relación a línea base, con caídas importantes. Por otra parte, los rubros que presentan incrementos en los rendimientos son la caña de azúcar, el trigo y el algodón.

En cuanto a la producción pecuaria se estiman cambios importantes en carne, no así para la producción de leche donde a partir de la segunda década se proveen aumentos de la sensibilidad.

El departamento posee un índice de exposición medio, un índice de sensibilidad alto y una alta capacidad de adaptación, por lo que le corresponde un índice de vulnerabilidad media-moderada, en todo el periodo.

### **5.3.16 Análisis de vulnerabilidad - Tarija**

Tarija presenta leves alzas de temperatura y aumentos significativos de precipitación en relación a la línea de base. Adicionalmente, no se estiman eventos extremos, lo que lo confiere un nivel de exposición baja. En general, el clima en Tarija durante la mayor parte del año es templado o mesotérmico. Sin embargo, durante los inviernos (especialmente durante el mes de julio) la temperatura suele bajar hasta 0° C.

El departamento conserva el 74% de sus bosques, que conjuntamente con el 19% de matorrales y sabanas, le confiere una importancia alta para la provisión de bienes y servicios ecosistémicos. En esta porción geográfica del departamento de Tarija, confluyen 5 complejos ecológicos que aportan especies y rasgos naturales únicos, que generan un eco tono, asociados en gran parte al Río Pilcomayo, que divide en dos al Departamento. En lo que hace a la contribución de bienes y servicios ecosistémicos, sus valores relativos son altos. Contribuye con valores altos a la regulación hídrica, climática y atmosférica, y en la provisión de alimentos, agua para consumo, combustible/energía y materiales de construcción y fibras.

En lo que hace a su contribución en las funciones de soporte de hábitat para pueblos originarios y especies de vida silvestre, sus valores son medios altos, ya que mantiene grandes áreas naturales protegidas, así como sitios de patrimonio de pueblos indígenas. Su gradiente altitudinal también le confiere características únicas con valles interandino, que van desde 1.874 a 536 msnm, iniciándose en este punto la planicie del Gran Chaco.

La producción agrícola es mínima en relación a la producción regional. No obstante son importantes el cultivo de maíz, caña de azúcar, papa, trigo y arroz. Los modelos predicen caídas en el rendimiento del maíz, papa y trigo, mientras que para los cultivos de caña de azúcar y arroz se predicen aumentos importantes en relación a la línea base.

Al departamento le corresponde una vulnerabilidad muy baja, baja y media-baja para la primera, segunda y tercera década, respectivamente. La misma se debe a que, concomitantemente, poseen una baja exposición y una sensibilidad baja, media y alta para la primera, segunda y tercera década.

## Identificación y priorización de acciones

## 6.1 Identificación y priorización de acciones

La vulnerabilidad es el resultado de la exposición, la sensibilidad y la capacidad de adaptación; los mismos no desconocen la pobreza por necesidades básicas y calidad de vida, ya que afecta más a la población pobre en parte como resultado del proceso de deterioro ambiental y de sus interacciones con la inseguridad económica.

Cuanto mayor es la dependencia económica de la población respecto a las actividades que dependen a su vez directa o indirectamente del clima, mayor es la vulnerabilidad de la población ante los efectos de esa variabilidad climática.

**El objetivo de analizar las aristas que hacen al cambio climático** como la exposición, la sensibilidad, la vulnerabilidad, así como posibles impactos que pueda tener las variaciones, en las estructuras productivas como de relacionamiento social, radica en el hecho de anticiparnos a estos fenómenos con la intención de reducir o moderar los impactos negativos manteniendo así las mismas condiciones de vida de una población.

Para poder **lograr la integración de las reflexiones del cambio climático en los procesos de planificación y elaboración de las políticas públicas**, de manera que consideren los impactos y las oportunidades que la variabilidad climática nos brinda y podamos crear y fortalecer la capacidad de adaptarnos con una visión a largo plazo, debemos tener en cuenta lo siguiente:

Para ello, resulta importante considerar algunos aspectos:

- Las políticas públicas de carácter ambiental, no son de inherencia exclusiva del Estado, de ella deben participar todos los actores de una sociedad (público, privado, organización no gubernamental, universidades y la población en general) de modo a lograr la legitimación;
- Las cuestiones de carácter ambiental son de larga duración, no siendo las políticas de un ciclo de gobierno suficiente para entender y observar acciones de carácter antrópicas;
- Los gobiernos deben cooperar en la transferencia y uso de tecnologías que permitan que los problemas que hacen a la variabilidad climática, sean recogidas con el menor margen de error posible;
- Los temas relativos a la variabilidad climática deben ser comunicadas teniendo en cuenta el receptor del mensaje, adecuando el vocabulario a estas realidades.
- Todas las acciones en cambio climático deben estar enfocadas a reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas y velar por el bienestar de las comunidades.
- La rica diversidad biológica de la Región, constituye una estrategia valiosa para hacer frente al cambio climático, con acciones concretas que involucre a los ecosistemas como una estrategia de mitigación y adaptación.
- Evitar tomar decisiones que no sean sostenibles en un contexto de variabilidad climática y que generen una mala adaptación y que a lo largo conllevan a situaciones peyorativas.
- No perder la visión integrada de los problemas del Gran Chaco desde la perspectiva climática, orientada a la toma decisiones de políticas públicas.

### 6.1.1 Proceso participativo

Con el objetivo de identificar y priorizar las medidas de adaptación se llevaron a cabo talleres participativos donde se presentaron y discutieron los resultados del estudio enfocados en los impactos del cambio climático. En los mismos participaron actores claves regionales y locales.

Cada taller se desarrolló recurriendo a una metodología participativa, que promueve el análisis, la discusión y la construcción de propuesta como de validación de las medidas de Adaptación al cambio climático basadas en ecosistemas <sup>24</sup>en base a los resultados del estudio.

Las propuestas de acciones para aumentar la capacidad de adaptación o disminuir los impactos ante la variabilidad climática, surgieron del proceso de interacción entre actores de diferentes sectores y niveles de participación de la sociedad (gobierno, privado, sociedad civil e investigación)

Las medidas propuestas son orientativas y pueden ser útiles para los gobiernos locales y centrales así como para la cooperación bi-multilateral y para las organizaciones de la sociedad civil al momento de diseñar e implementar los proyectos de desarrollo.

La metodología participativa utilizada se estructuró de forma tal, que en una primera instancia se hacía una inducción sobre el enfoque metodológico y los resultados claves por parte del equipo técnico, para poder, en un segundo momento obtener los insumos por parte de los participantes.

- a. Presentación del enfoque y los resultados del estudio e impactos para los sectores agropecuario, hídricos y recursos ecosistémicos
- b. Trabajo en grupos para la identificación, discusión y selección de medidas de adaptación.
- c. Priorización de las medidas de adaptación seleccionadas y caracterización de las medidas de adaptación.

Posterior a la presentación del enfoque y resultados, se conformaron grupos de trabajo para discutir los impactos identificados para la región y se presentaron las medidas de adaptación sugeridas por el equipo consultor; las medidas se consensuaron con los participantes y posteriormente ellas se priorizaron con la utilización de criterios también acordados con los participantes.

Los criterios que se tuvieron en cuenta para la priorización fueron:

- **Costo:** Es el valor monetario que tendrá la implementación de la medida de adaptación.
- **Aceptabilidad:** Se refiere a la aceptación de la medida de adaptación por la población afectada.
- **Sustentabilidad:** La medida de adaptación logra conciliar los aspectos económicos, ambientales y sociales.
- **Viabilidad de Implementación:** Esta en relación a la viabilidad de implementación político y/o tecnológico.
- **Beneficiarios Potenciales:** Se refiere a la cantidad de personas que serán beneficiadas a través de la implementación de la medida.
- **Atención a sector/personas vulnerables:** La medida logra atender a los sectores más vulnerables y comunidades más pobres.

---

<sup>24</sup> La Adaptación basada en Ecosistemas (AbE) es definida como la utilización de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas (CBD, 2009), como parte de una estrategia más amplia de adaptación, para ayudar a las personas a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático.

- **Potencial Productivo Agroecológico:** La medida de adaptación, tiene un alto potencial productivo agro ecológico.
- **Marco Normativo:** Conjunto general de normas, criterios, metodologías, que establecen la forma en que deben desarrollarse las acciones para alcanzar los objetivos propuestos.
- **Saberes Locales:** La medida logra rescatar los conocimientos y saberes ancestrales de la comunidad

Los participantes se dispusieron en grupos de trabajo, donde se discutieron las medidas de adaptación propuestas y luego se asignaron una puntuación para lograr la priorización de ellas en relación a los impactos identificados.

Una vez obtenidas las medidas priorizadas, fueron caracterizadas identificando las barreras o limitaciones, oportunidades o potencialidades que presentan cada una de ellas, así como el alcance geográfico que tienen y los actores claves involucrados para lograr su implementación.

## **6.2 Memorias del taller para el Chaco Argentino**

El taller de identificación y priorización de medidas de adaptación se realizó en la ciudad de Formosa, Argentina el día 02 de julio de 2013. donde participaron 66 (sesenta y seis) representantes de la Secretaria del Ambiente de la Nación, de los Ministerios de la Producción y del Ambiente de provincias del Chaco, Santiago del Estero, Salta, Comisión Rio Pilcomayo, Instituto Nacional del agua de Corrientes, Directores y técnicos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de las provincias de El Colorado, Colonia Benítez, Ing. Juárez. Facultad de Recursos Naturales, estuvieron presente además profesionales técnicos del Instituto Universitario Formosa, Guyra Paraguay, Proyecto Sistema Regional de Sanidad Forestal en los países del Cono Sur y Bolivia, Redes Chaco, Parques Nacionales, Comisión Rio Pilcomayo y coordinadores del proyecto GEF.

En la tabla 33 se detallan los impactos para cada sector y las medidas de adaptación propuestas por el equipo consultor, insumos utilizados en el desarrollo del taller.

**Tabla 33: Identificación de los impactos por sector y selección de las medidas de adaptación**

SECTOR	IMPACTOS	MEDIDAS PROPUESTAS
<b>AGROPECUARIO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de rendimientos en las oleaginosas y cereales.</li> <li>• Disminución en la producción lechera</li> <li>• Pérdida de pastizales por incendio (sequedad y altas temperaturas)</li> <li>• Salinización y erosión de suelo</li> <li>• Pérdidas de cosechas y ganado por sequías</li> <li>• Daño a cultivos por eventos extremos</li> <li>• Disminución en escorrentía</li> <li>• Escasez hídrica</li> </ul>	<p><b>Medidas de adaptación basadas en Ecosistemas (EbA)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover agricultura de siembra directa</li> <li>• Promover practicas de agricultura de conservación</li> <li>• Promover semillas, variedades y cultivos que se adapten</li> <li>• Recuperación de prácticas productivas ancestrales</li> <li>• Fomento de las áreas protegidas</li> <li>• Promover la conectividad de los corredores biológicos</li> <li>• Promover practicas de restauración y reforestación</li> <li>• Promover el uso de barreras rompe vientos</li> <li>• Promover el mantenimiento del caudal ecológico</li> <li>• Promover la adopción de producción mixtas, por ejemplo agro-silvo-pastoril</li> <li>• Uso de fertilizantes orgánicos</li> </ul> <p><b>Infraestructura</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover la cosecha y captación de agua de lluvia</li> <li>• Direccionamiento de agua para captación y drenaje</li> <li>• Sistemas de alerta temprana</li> <li>• Promover construcción de canales (camellones), tajamares y tanques</li> </ul> <p><b>Planes y programas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejecución de los Planes de Gestión territorial de cada Provincia</li> <li>• Fomentar la ejecución de los planes de Gestión de Recursos Hídricos</li> <li>• Promover la elaboración y ejecución de planes distritales de gestión territorial</li> <li>• Promover agricultura con riego y fertilización de precisión</li> <li>• Facilitar créditos agrícolas para acceder a la tecnificación (riego, agricultura precisión, ect).</li> </ul> <p><b>Tecnología e información</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Difusión y promoción de uso de información agro climática</li> <li>• Implementación de sistemas de monitoreo y medición del uso de agua para riego</li> <li>• Implementar programas de seguro agrícola para pequeños productores</li> <li>• Impulsar programas de seguros agrícolas comerciales</li> <li>• Mejorarlas cadenas productivas con la vinculación a mercados</li> <li>• Promover la capacitación de mejores prácticas agrícolas</li> </ul>
<b>RECURSOS HIDRICOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambios en la distribución temporal y espacial del agua</li> <li>• Salinización de cuerpos de agua</li> <li>• Menor disponibilidad hídrica</li> <li>• Sedimentación</li> <li>• Menor recarga de acuíferos</li> <li>• Desección de cuerpos de agua</li> </ul>	
<b>ECOSISTEMAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución en la capacidad de regulación hídrica y climática.</li> <li>• Perdida de especies de flora y fauna terrestre</li> <li>• Perdida de especies de flora y fauna acuáticas</li> <li>• Perdidas de aves</li> <li>• Disminución en servicios de provisión</li> <li>• Cambios en ecosistemas por salinización de agua y suelo</li> </ul>	

A continuación la tabla 34 resume las medidas de adaptación priorizadas y caracterizadas para el Chaco Argentino.

**Tabla 34: Análisis de las medidas de adaptación propuesta para el Chaco Argentino**

Área	Medidas de adaptación priorizadas
Conocimiento información climática	<p><b>Sistemas de Alerta Temprana.</b>            La generación y difusión de la información agroclimática tiene como objetivo fortalecer el conocimiento y reducir la vulnerabilidad            Las principales barreras de implementación de esta medida de adaptación se deben a la falta de estaciones climáticas suficientes en el territorio que provean información acertada y la creación de capacidad para el mantenimiento de las ya existentes.            Sistema de gestión e interpretación de datos climáticos con difusión masiva utilizando delegaciones regionales de coordinación para asegurar la vinculación de técnicos y tomadores de decisión. Una sociedad bien informada, con conocimiento y conciencia, es un elemento importante para mejorar la gestión del agua, aplicar prácticas agrícolas adecuadas y con esto la adaptación al cambio climático.            Los actores claves involucrados en generar y utilizar la información climática</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fuerza Aérea y Aeropuertos</li> <li>- Delegaciones Regionales</li> <li>- Gobiernos Nacionales, Provinciales y Municipales</li> <li>- Universidades</li> <li>- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria</li> <li>- Asociaciones de productores</li> </ul>
Recursos hídricos	<p><b>Planes de Gestión de Recursos Hídricos.</b>            Una implementación apropiada de los planes de Gestión de los Recursos Hídricos, puede generar un ambiente propicio en el que los actores involucrados con intereses diversos planeen de manera conjunta medidas de adaptación específicas, las mismas contemplarán la construcción de canales (camellones), tanques, tajamares y otros sistemas de cosecha de lluvia, captación y drenaje de agua.            La falta de políticas públicas y de consenso político, de monitoreo y capacitación son barreras para la implementación apropiada de los planes.            La creación de instancias encargadas de la gestión de recursos hídricos, la socialización y conocimiento de los planes de gestión por la población dará al estado la oportunidad de fortalecer su rol en el cumplimiento de las regulaciones y vincular a distintas jurisdicciones.            Los actores claves involucrados en la implementación de los planes son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El estado Argentino y los países vecinos</li> <li>- Los comités de cuencas</li> <li>- Las asociaciones de productores</li> <li>- Gobiernos Nacionales, Provinciales y Municipales</li> <li>- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria</li> </ul>
Planes y programas institucionales	<p><b>Planes de Gestión Territorial</b>            En el marco de un proceso participativo establecer planes de gestión territorial con miras al desarrollo integral del territorio.            Fortalecer el rol de estado en cumplimiento de regulaciones, vincular a distintas jurisdicciones socializando y haciendo visibles los planes que identifiquen los Fondos y Créditos Multilaterales.            Los actores involucrados en la creación e implementación de los planes de gestión territorial son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Poder Legislativo</li> <li>- Asociaciones de productores</li> <li>- Gobiernos en distintas escalas (Nacionales, Provinciales y Municipales)</li> <li>- Cámaras de comercio y empresas</li> </ul> <p><b>Fortalecimiento de capital social y económico</b>            Fortalecer los componentes del capital social y económico de la sociedad a través de la</p>

Área	Medidas de adaptación priorizadas
	<p>recuperación de los conocimientos ancestrales incluir e inculcar el concepto de asociativismo (integrar esfuerzos).</p> <p>La falta de continuidad de las políticas públicas, la exclusión del sistema financiero, la rentabilidad a corto plazo, la dificultad de acceso a créditos, son barreras que impiden el fortalecimiento del capital social y económico.</p> <p>Los actores claves identificados para fortalecer el capital social y económico son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Las comunidades y asociaciones de productores</li> <li>- Las empresas dedicadas a las micro finanzas</li> <li>- Gobiernos en distintas escalas (Nacionales, Provinciales y Municipales)</li> </ul>
Agropecuario	<p><b>Buenas Prácticas Agropecuarias y practicas silvopastoriles</b></p> <p>Los sistemas silvopastoriles ofrecen mayor resiliencia a la variabilidad climática, las plantas pueden entonces servir de suplemento dietético y de forraje alternativo. Estos sistemas también proveen servicios ambientales, como por ejemplo, sombra para el animal, reduciendo la temperatura para el ganado así también conservan la humedad del suelo manteniendo la actividad biológica.</p> <p>El cambio de cultivos y la diversificación, junto con mejores prácticas pecuarias y de manejo de recursos, son claves para que haya un cambio ascendente.</p> <p>La falta de políticas públicas locales y regionales, la falta de planes de manejo de suelo, la falta de financiamiento adecuado, las barreras culturales, los costos y la complejidad de las técnicas en muchos casos impiden las buenas prácticas agropecuarias y silvopastoriles.</p> <p>Los actores identificados para lograr el uso de buenas prácticas agropecuarias y silvopastoriles son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Las asociaciones de productores</li> <li>- Gobiernos en distintas escalas (Nacionales, Provinciales y Municipales)</li> <li>- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca</li> <li>- Secretarías técnicas y académicas a nivel provincial</li> <li>- Cámaras de comercio y empresas</li> </ul>

### 6.3 Memorias del taller para el Chaco Boliviano

El taller de identificación y priorización de medidas de adaptación, se llevo a cabo en la ciudad de Tarija los días 09 y 10 de abril de 2013, asistieron 76 (setenta y seis) participantes entre estos estuvieron presente los ministros de Medio Ambiente y Agua y de Planificación del Desarrollo diputados nacionales, autoridades de los municipios de Camiri, Charagua, Caraparí, Villa Vaca Guzmán (Muyupampa), Villamontes, San Lorenzo y Cabezas; representantes de la Gobernación de Tarija y de la Asamblea Departamental, el Gobierno Autónomo Regional del Chaco, el Servicio Nacional de Áreas Protegidas, la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho; dirigentes de la Federación Sindical Única de Centrales Campesinas de Tarija y el Concejo de Capitanes de la Nación Guaraní, representantes de la sociedad civil.

En la tabla 35 se detallan los impactos para cada sector y las medidas de adaptación propuestas por el equipo consultor, insumos utilizados en el desarrollo del taller en Bolivia.

**Tabla 35: Identificación de los impactos por sector y selección de las medidas de adaptación**

SECTOR	IMPACTOS	MEDIDAS PROPUESTAS
<b>AGROPECUARIO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdidas de la productividad relacionados a arroz, poroto, sorgo, soja, maíz, maní presentan significativa disminución el rendimiento en relación a la línea base.</li> <li>• Comportamiento similar a la LB en el rendimiento de el algodón y la papa</li> <li>• Producción similar para la producción de carne y leche en relación a la línea base</li> <li>• Rendimientos positivos para la caña de azúcar y trigo en relación a la línea de base</li> <li>• Disminución en la producción lechera</li> <li>• Pérdidas de cosechas y ganado por sequías</li> </ul>	<p><b>Medidas de adaptación basadas en Ecosistemas (EbA)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manejo agro silvo-pastoril y aprovechamiento forestal.</li> <li>• Agricultura sostenible y ecológica que rescate saberes ancestrales y el enfoque agroecológico</li> <li>• Manejo sostenible de la actividad ganadera</li> <li>• Promover el uso de barreras rompe vientos</li> </ul> <p><b>Infraestructura</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Infraestructura hidráulica (presas, embalses)</li> <li>• Cosecha de agua (uso productivo)</li> <li>• Cosecha de Agua (a pequeña escala)</li> <li>• Ampliar y mejorar infraestructura para el acceso a agua segura</li> <li>• Desvío de agua y drenaje (camino)</li> <li>• Techos apropiados para la colecta de agua</li> </ul>
<b>RECURSOS HIDRICOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambios en la distribución temporal y espacial del agua</li> <li>• Salinización de cuerpos de agua</li> <li>• Menor disponibilidad hídrica</li> <li>• Sedimentación</li> </ul>	<p><b>Planes y programas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley Marco de Agua (discusión, aprobación, reglamentación y cumplimiento)</li> <li>• Planes de ordenamiento territorial</li> <li>• Formación de educadores sobre el tema ambiental.</li> <li>• Fortalecimiento de instituciones sociales</li> <li>• Fortalecimiento de Gobiernos municipales (capacidad de gestión CC)</li> <li>• Fortalecimiento autonomías indígenas</li> <li>• Fortalecimiento de gobiernos departamentales</li> <li>• Fortalecimiento de la autonomía regional del Chaco</li> <li>• Fortalecimiento del gobierno nacional (gestión de agua transfronteriza)</li> </ul>
<b>ECOSISTEMAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución en la capacidad de regulación hídrica y climática.</li> <li>• Pérdida de especies de flora y fauna terrestre</li> <li>• Disminución en servicios de provisión</li> <li>• Mantiene altos valores en la contribución de los ecosistemas en los servicios de soporte de hábitat para pueblos originarios y hábitat de vida silvestre</li> </ul>	<p><b>Tecnología e información</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación de nuevas tecnologías para uso eficiente de agua</li> <li>• Programas de manejo integral sustentable de cuencas</li> </ul>

A continuación la tabla 36 resume las medidas de adaptación priorizadas y caracterizadas para el Chaco Boliviano.

**Tabla 36: Análisis de las medidas de adaptación propuesta para el Chaco Boliviano**

Área	Medidas de adaptación priorizadas
<b>Agua</b>	<p><b>Implementar nuevas tecnologías para el uso eficiente de agua y mejorar la infraestructura para el acceso de agua segura</b></p> <p>La implementación de nuevas tecnologías para uso eficiente de agua y el mejoramiento de infraestructuras para el acceso a agua segura, garantizan el acceso al agua de las comunidades, a costos accesibles y .esto mejora las condiciones tanto de la salud humana como las condiciones de productividad agropecuaria y salud animal. El mejoramiento de la calidad de vida favorece mejores capacidades de adaptación a las condiciones climáticas adversas.</p> <p>El alto costo económico por las distancias entre las comunidades y las fuentes, las deficiencias de las empresas constructoras, las modificaciones inadecuadas realizadas por los técnicos municipales son barreras para la implementación de nuevas tecnologías y mejoramiento para el acceso de agua.</p> <p>Un mayor apoyo económico, un mejor control de las constructoras, el mejoramiento de las capacidades de control social y la administración directa son soluciones identificadas para las barreras.</p> <p>Además se debe buscar un financiamiento establecido entre los actores y capacitar en planificación y ejecución de los proyectos.</p> <p>Los actores claves identificados son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Los municipios</li> <li>- Las comunidades</li> <li>- Los Gobiernos Departamentales</li> <li>- El servicio Nacional de Riego</li> <li>- Las Organizaciones No Gubernamentales</li> </ul>
<b>Socio cultural</b>	<p><b>Rescate de saberes ancestrales y el enfoque agroecológico para la agricultura sostenible y ecológica</b></p> <p>El rescate de los conocimientos de la sabiduría popular en cuanto al uso de sistemas alternativos para la producción, más amigables con la cosmovisión de los pueblos originarios, propicia mayor aceptación de estos sistemas.</p> <p>Entre las barreras identificadas se puede citar la dificultad de influir en la mentalidad de las personas, ya que muchas consideran que tiene un alto costo.</p> <p>La capacitación a técnicos de instituciones públicas, a los productores y que los programas públicos adquieran un enfoque agroecológico podrían ser soluciones a las barreras mencionadas. Para eso se deberá promover diagnósticos participativos, procesos de intercambio de experiencias en zonas donde se aplican las técnicas y buscar el financiamiento estableciendo alianza entre actores.</p> <p>Los actores involucrados en la implementación de la medida de adaptación son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Los Municipios y las comunidades</li> <li>- Las Gobernaciones</li> <li>- Los programas Nacionales</li> </ul>
<b>Institucional</b>	<p><b>Fortalecimiento del gobierno nacional</b></p> <p>Se considera útil la constitución de una institucional para el tema del Cambio Climático, aprobación de la Reglamentación de la Ley de la Madre Tierra y Desarrollo Integral.</p> <p>La falta de voluntad política, el enfoque centralista de gestión en el tema de cambio climático y la falta de socialización son barreras para el fortalecimiento del gobierno nacional.</p> <p>La descentralización de las instancias operativas, un mayor compromiso técnico y la capacitación de los técnicos municipales son pasos a seguir para fortalecer el gobierno nacional.</p> <p>Los actores involucrados para lograr el fortalecimiento del gobierno nacional son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Los municipios</li> <li>- Gobierno Nacional</li> </ul>

	- Gobiernos Departamentales
	<p><b>Ley Marco de agua</b>  Las discusiones sobre esta ley deben seguir sus cursos hasta lograrse la aprobación, reglamentación y cumplimiento, a fin de lograr una mejor gestión del recurso agua .La baja voluntad política es una barrera para la Ley Marco de agua.  Los actores identificados son:  Los Municipios, las comunidades y las gobernaciones</p>
<b>Productiva</b>	<p><b>Manejo agrosilvopastoril sostenible</b>  Los sistemas agrosilvopastoriles ofrecen mayor resiliencia a la variabilidad climática. Estos sistemas también proveen servicios ambientales, al tiempo que proporcionan sombra, conservando la humedad del suelo y reduciendo la temperatura para el ganado. Las buenas prácticas agrícolas y pecuarias y de manejo de recursos, son claves para evitar el deterioro de este ecosistema frágil y con ello tener mejores condiciones de enfrentar el cambio climático. Se debe mejorar las técnicas de aprovechamiento forestal.</p>

#### 6.4 Memorias del taller para el Chaco Paraguayo

En la ciudad Asunción se llevó a cabo el taller de identificación y priorización de medidas de adaptación para Paraguay el día 31 de julio de 2013, el mismo contó con la presencia de 44 (cuarenta y cuatro) referentes del medio ambiente de varias instituciones, como la Secretaría del Ambiente, el Instituto Nacional Forestal, Asociación Rural del Paraguay, Secretaría Nacional de Turismo y Ministerio de Agricultura y Ganadería, profesionales técnicos de la Facultad de Ciencias Químicas y Politécnica de la Universidad Nacional de Asunción, Unión Industrial Paraguaya, Fundación Yvy Pora y el Centro para el Desarrollo de la Investigación Científica.

**Tabla 37: Resumen de impactos Chaco Paraguayo y propuestas de medidas de adaptación**

SECTOR	IMPACTOS	MEDIDAS PROPUESTAS
<b>AGROPECUARIO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminución del rendimiento de cultivos</li> <li>Degradación y salinización de suelos</li> <li>Perdidas de cosecha y ganado por clima extremo</li> </ul>	<p><b>Medidas adaptación basadas en ecosistemas (EbA)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Manejo agro silvo pastoril.</li> <li>Manejo sostenible de la ganadería</li> <li>Creación de jardines botánicos</li> <li>Recuperación de saberes tradicionales en manejo de bioterritorios y ecosistemas</li> <li>Restauración y reforestación con especies nativas.</li> </ul> <p><b>Infraestructura</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cosecha de agua (uso productivo y domestico)</li> <li>Infraestructura hidráulica (bioreservorios, acueductos, etc)</li> <li>Sistema de alerta, monitoreo de las variables climáticas y difusión.</li> <li>Sistema de distribución de agua</li> <li>Preparación de forrajes</li> </ul> <p><b>Planes y programas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Planes integrales a nivel municipal (ordenamiento territorial, gestión de riesgos, salud, manejo de agua,</li> </ul>
<b>RECURSOS HIDRICOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Variación en la disponibilidad temporal y espacial del agua</li> <li>Disminución de la disponibilidad hídrica</li> <li>Salinización de cuerpos de agua y suelo</li> </ul>	

SECTOR	IMPACTOS	MEDIDAS PROPUESTAS
ECOSISTEMAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminución en la capacidad de regulación hídrica y climática</li> <li>Disminución de los servicios de provisión</li> <li>Erosión y sedimentación</li> <li>Perdidas de fauna y flora terrestres</li> </ul>	<p>educación, soberanía y seguridad alimentaria)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Creación y fomento de ASP y corredores bioculturales</li> <li>Instrumentos de incentivos económicos (PSA, REDD, otros)</li> <li>Establecer un fondo de financiamiento para acceso a tecnología e infraestructura</li> </ul> <p><b>Tecnología e información</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoreo de los cauces y la disponibilidad</li> <li>Registro eventos extremos y de los efectos</li> <li>Monitoreo del uso de suelo y los cambios en el uso.</li> <li>Sistema de distribución de agua</li> <li>Establecer un banco de semillas</li> <li>Investigación en cultivos resistentes</li> </ul>

A continuación la tabla 38 resume las medidas de adaptación priorizadas y caracterizadas para el Chaco Paraguayo.

**Tabla 38: Análisis de las medidas de adaptación propuesta para el Chaco Paraguayo**

Área	Medidas de adaptación priorizadas
Socio-cultural	<p><b>Fortalecimiento de la capacidad de las comunidades</b> Fortalecer los componentes del capital social y económico de la sociedad a través de la recuperación de los conocimientos ancestrales incluir e inculcar el concepto de asociación (integrar esfuerzos). Las barreras financieras y la gestión deficiente hacen que la implementación se dificulte, para paliar la situación es fundamental identificar las necesidades y adecuar planes Los actores identificados son</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El Gobierno Central y Local</li> <li>- EL Ministerio de Obras Publicas y Comunicaciones</li> <li>- El Ministerio de Educación y Cultura</li> </ul>
Institucional	<p><b>Planes de Gestión Territorial</b> En marco de un proceso participativo establecer planes de gestión territorial con miras al desarrollo integral del territorio. Fortalecer el rol de estado en cumplimiento de regulaciones, vincular a distintos jurisdicciones socializando y haciendo visibles los planes que identifiquen los Fondos y Créditos Multilaterales. Las barreras identificadas para la implementación de planes de gestión ambiental son la falta de articulación y los problemas estructurales y económicos. Para poder crear e implementar los planes debe existir una coordinación interinstitucional, participación ciudadana una integración del sistema de información. Los actores involucrados en la creación e implementación de los planes son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Los Gobiernos Locales</li> <li>- Los Ministerios</li> <li>- Las Comunidades</li> <li>- Las Organizaciones no gubernamentales</li> </ul>

Área	Medidas de adaptación priorizadas
Ecológicas	<p><b>Conservación, restauración y reforestación con especies nativas</b></p> <p>Reforestar con especies nativas, representa un valor adicional por su colaboración por sus funciones y servicios ecosistémicos y además de representar un potencial ingreso económico.</p> <p>El lento crecimiento de las especies, la baja rentabilidad y el alto costo, la falta de promoción y programas, la falta de insumos e infraestructuras y la credibilidad de los mecanismos son barreras para la implementación de la medida.</p> <p>Establecer asociaciones, incentivos, crear viveros y realizar acciones mixtas contribuyen a combatir las barreras.</p> <p>Los actores involucrados en la implementación de la medida son</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Instituto Forestal Nacional</li> <li>- La Secretaria del Ambiente</li> <li>- El Ministerio de Hacienda</li> </ul>
Conocimiento información climática	<p><b>Sistemas de Alerta Temprana.</b></p> <p>La generación y difusión de información agro-climática con el objetivo de fortalecer el conocimiento ayuda a reducir la vulnerabilidad.</p> <p>La principal barrera de implementación para los sistemas de alerta temprana es la deficiencia en la gestión, la cual podría mejorarse construyendo banco de datos y sistemas de información.</p> <p>Un sistema de gestión e interpretación de datos climáticos con difusión masiva, un sistema de alerta sanitario y de eventos asociados al cambio climático y eventos extremos utilizando delegaciones regionales de coordinación, aseguran la vinculación de técnicos y tomadores de decisión. Una sociedad bien informada, con conocimiento y conciencia, es un elemento importante para mejorar la gestión del agua, aplicar prácticas agrícolas adecuadas y con esto la adaptación al cambio climático.</p> <p>Los actores identificados para la implementación de los sistemas de alerta temprana son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La secretaria de Emergencia Nacional</li> <li>- La secretaria del Ambiente</li> <li>- El Ministerio de Agricultura y Ganadería</li> <li>- Los Gremios de Producción</li> <li>- Las Organizaciones no Gubernamentales</li> </ul>
Productiva	<p><b>Manejo agrosilvopastoril sostenible</b></p> <p>Los sistemas agro silvo pastoriles ofrecen mayor resiliencia a la variabilidad climática. Estos sistemas también proveen servicios ambientales, al tiempo que proporcionan sombra, conservando la humedad del suelo y reduciendo la temperatura para el ganado.</p> <p>Las buenas prácticas agrícolas y pecuarias y de manejo de recursos, son claves para evitar el deterioro de este ecosistema frágil y con ello tener mejores condiciones de enfrentar el cambio climático. La siembra directa o labranza mínima constituye un sistema de gestión particularmente valido para ecosistemas frágiles como el chaco paraguayo.</p> <p>La falta de información, la resistencia al cambio, la inversión a largo plazo, la falta de coordinación interinstitucional son barreras para un buen manejo agrosilvopastoril sostenibles.</p> <p>La difusión intensiva, el delineamiento de las funciones y coordinación de las instituciones, las reglamentaciones y acuerdos de descentralización son posibles soluciones a las barreras encontradas y para lograr su implementación se debe contar con acceso a fondos y créditos, difusión y organización institucional y aumentar la voluntad política.</p> <p>Los actores claves identificados son</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Instituto Forestal Nacional</li> <li>- La Secretaria del Ambiente</li> <li>- El Fondo Ganadero</li> <li>- La Asociación Rural del Paraguay</li> </ul>

Área	Medidas de adaptación priorizadas
	<p><b>Desarrollar sistemas de Infraestructura hidráulica (bioreservorios, acueductos, etc.).Cosecha de agua (uso productivo y domestico)</b></p> <p>La inversión en infraestructura que no colisione con la cultura local y la diversidad biológica, constituye un paso fundamental para lograr el despegue económico de la zona y con ello aumentar las condiciones de respuesta ante eventuales situaciones adversas derivadas del cambio climático.</p> <p>El alto costo, la falta de programas gubernamentales, la coordinación institucional, el financiamiento y las licencias ambientales son las barreras identificadas para la implementación de la medida de adaptación propuesta.</p> <p>Los subsidios, los incentivos, un programa estatal, una línea presupuestaria y la descentralización darían lugar a que se puede llevar a cabo la implementación.</p> <p>Los actores involucrados identificados son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El Ente regulador de servicios Sanitarios</li> <li>- La secretaria de Ambiente</li> <li>- Las Cooperativas y gremios de producción</li> <li>- La Secretaria de Emergencia Nacional</li> <li>- Las Organizaciones no Gubernamentales</li> </ul>

En cada uno de los grupos se obtuvieron resultados similares, lo cual confirma que las medidas de adaptación sugeridas y propuestas son coherentes con los impactos comunes para los sectores analizados, sin embargo también el resultado diferenciado resalta las particularidades de cada país, sea en términos de preferencias en sus políticas de desarrollo y sistemas de producción, así como en las particularidades en relación a su ecosistemas y su estado de conservación.

Se considera que este tipo de análisis es de suma importancia para los gobiernos nacionales y locales, así como para la integración de los actores y la identificación de acciones transfronterizas en relación a la preservación de los ecosistemas y el desarrollo de políticas productivas como adaptativas ante una amenaza en el cual no tenemos muchas oportunidad de injerencia en forma directa.

A partir de este estudio se ha advertido, en todo el transcurso de su ejecución, una fuerte necesidad de tener mayor información en relación a este tipo de estudio sobre análisis de los posibles impactos y vulnerabilidades de la variabilidad climática, interés en la creación de mayores espacios de discusión e intercambio de información, insuficiencia capacidad y conocimiento en relación a la variabilidad climática y sus posibles impactos, mayores estudios de investigación específicamente en relación al desarrollo de metodologías.

Adicionalmente sirvió de espacios de integración de sectores e instituciones que no siempre tienen la oportunidad de llevar a cabo un análisis de información integrada e identificar interrelaciones.

- Argollo, Jaime. El río Parapetí y los Bañados el Izozog, Bolivia. Revista UnG Geo ciencias V.5, N.1, 2006, 38-44.
- Aello, Mari; Burges, Julio. Eficiencia energética de la cría vacuna. Parición de invierno vs parición de otoño. INTA. Balcarce. En: sitio argentino de producción animal. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)
- Agua para todos. Agua para la vida. Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. World Water Assesment Programme.
- Alves, L., Marengo J., 2010: Assessment of regional seasonal predictability using the PRECIS Regional climate modeling system over South America. Theoretical and Applied Climatology, 100, 337-350.
- Atlas ambiental del Paraguay, GTZ, SEAM.
- Atlas del Gran Chaco Americano, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Argentina y la Cooperación Técnica Alemana (GTZ), en el marco del Proyecto "Manejo Sostenible de los Recursos Naturales en el Chaco Sudamericano".
- Atlas digital de los Recursos Hídricos de la Argentina (SSRH, 2004).
- Atlas Geográfico del Chaco Paraguayo, Unidad GIS-REDIEX, Mayo 2009, Asunción, Paraguay.
- Arias, RA; Maderb, TL. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. Arch. Med Vet 40, 7-22 (2008)
- ARGOLLO, Jaime El río Parapetí y los Bañados el Izozog, Bolivia.. Revista UnG Geociencias V.5, N.1, 2006, 38-44.
- ARMOA, J, PASTEN, M, BENÍTEZ, S. 2008. Efectos de las variables meteorológicas sobre el aumento de las enfermedades por el *Aedes aegyptis*. San Lorenzo: UNA, DGICT. s.p
- BALVANERA, P. 2012. Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. En: Ecosistema21 (1-2): 136-147. España. <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=709>
- Barletta, Luis. Manejo de la vaca en el periparto. 2001. En : Sitio Argentino de Producción Animal. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar).
- Barros, V., Clarke R., Silva Días P., 2006: El cambio climático en la cuenca del plata. 1ª ed. Buenos Aires: Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas – CONICET, 230 p., ISBN: 950-692-066-4.
- BIDEGAIN, Mario; CORONEL, G; RIOS, N y DE LOS SANTOS, B. Escenarios climáticos futuros para Paraguay. *Meteorológica*. 2012, vol.37, n.2, pp. 47-55.
- Cane, Mark A., 1992: Comments on "the fast-wave limit and interannual oscillations". J. Atmos. Sci., 49, 1947–1949.
- Cafaro, E.D. et all. 2009. Distribución espacial de patrones de cauce en Abanicos aluviales Chaqueños. RIO%-2009. Salta Argentina.
- Cartografía Hídrica Superficial Digital de la República Argentina. Instituto del Agua y del Ambiente INA.
- Castellano, E. Comisión Regional del Río Bermejo COREBE. Aprovechamiento Integral de la Cuenca del Río Bermejo, Argentina.
- CARTER, Parry, Harasawa y Nishioka. IPCC Technical Guidelines for Assessing Climate Change Impacts and Adaptations. 1994 (Part of the IPCC Special Report to the COP1)
- Comisión Europea, 2008. Documento Base del Plan de Gestión. Cuenca del río Sali Dulce.
- Cuenca del río Sali Dulce. Documento Base del Plan de Gestión.
- CESPEDES, R.L. & L.S. RIOS. 1985. Análisis de las Inundaciones en el Paraguay. Buenos Aires. 24 pp.
- CESPEDES, R. L.; RIOS, L. S. Análisis de las Inundaciones en el Paraguay. 1985. Buenos Aires, AR: s.n. 24. p.

- Efectos del estrés calórico en la producción y reproducción del ganado lechero. En: [www.monografias.com/trabajos93/efectos-del-estres-calorico-produccion-y-reproduccion-del-ganado-lechero](http://www.monografias.com/trabajos93/efectos-del-estres-calorico-produccion-y-reproduccion-del-ganado-lechero).
- Estudio hidrológico e hidráulico con el fin de delimitar zonas inundables en la cuenca baja del río Grande. Departamento de Santa Cruz, Bolivia. Comisión Europea, 2008.
- Evaluación Preliminar General de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático, 840 pp, MIMAM 2005
- Factores asociados del estrés calórico y producción de leche sobre la tasa de gestación en bovinos en sistemas intensivos. Renato I Lozano Domínguez, et al. / Téc Pecu Méx 2005;43(2):197-210
- FAO, 2009. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. (4) El ganado y el medio ambiente.
- FCCC/SBSTA/2004/INF.13. Application of methods and tools for assessing impacts and vulnerability, and developing adaptation responses. Background paper. November 2004.
- Fernandez Mayer, Anibal. La calidad nutricional de los alimentos y sus efectos sobre la producción de carne y leche. Serie didáctica N° 8. Ediciones INTA. Julio de 2008. ISSN 03626-2626.
- Fernández Pazos, Carlos. Factores que influyen en sistemas Pastoriles. Revista Brangus, Bs. As., 34(64):82-94. 2012.
- Fernando Canosa. Los puntos críticos para mejorar los Porcentajes de marcación. Conferencia. 5ª Convención Anual de Angus, SRRC, Río Cuarto, Argentina. 2004.
- Figueroa, Silvio Nilo, Prakki Satyamurty, Pedro Leite Da Silva Dias, 1995: Simulations of the summer circulation over the south American region with an eta coordinate model. J. Atmos. Sci., 52, 1573–1584.
- FUNDACIÓN DE LA CORDILLERA. 2012. ¿Negociando el Clima?. Cambio Climático – Negociaciones Internacionales. En: RUTA CRÍTICA Año 1, N° 1. Fundación de la Cordillera – Universidad de la Cordillera. Bolivia. 117 pp.
- Gallardo, MR; Onetti SG, Castillo AR, Nari JO. 1996. Proteína en leche y su relación con el manejo nutricional. En: Temas de producción lechera. Publicación miscelánea N° 81: 133-151. EEA Rafaela INTA.
- Gallardo, M.; Valtorta, S. 2011. Estrés por calor en ganado lechero: impactos y mitigación. Producción y bienestar animal. Hemisferio Sur. 124 p.
- Garzón Alfoso, J.E. cambio climático: ¿cómo afecta la producción ganadera?. REDVET. 2011 Volumen 12 N° 8 – En: - <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n080811.html>.
- GÓMEZ-BAGGETHUN, E. & R. de GROOT. 2007. Capital natural y funciones de los ecosistemas: explorando las bases ecológicas de la economía. En: Ecosistemas 16 (3): 4-14.
- GRANIZO, T. y M. RÍOS (Eds.). 2011. Aprovechamiento económico del bioconocimiento, los recursos genéticos, las especies y las funciones ecosistémicas en el Ecuador. Memorias del Seminario. Ministerio Coordinador de Patrimonio. Quito, Ecuador. 100 pp.
- GRASSI, B. 2001. Reducing the Impacts of Environmental Emergencies through Early Warning and Preparedness: The Case of the 1997-98 “El Niño”-Southern Oscillation”. CD ROM.
- GRASSI, B, PASTEN, M, ARMOA, J. 2004. Análisis de la tendencia de la temperatura en el Paraguay. San Lorenzo: UNA, DGICT. s.p.
- GRASSI, B, PASTEN, M, ARMOA, J. 2005. Un análisis de la tendencia de las precipitaciones en el Paraguay. San Lorenzo: UNA, DGICT. s.p
- Hastenrath, S., L. Heller, 1977: Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 103, 77-92.
- IICA et al. 2007. Estrategia de Lucha contra la Desertificación, la Degradación de la tierra y los efectos de la Sequía. IICA – PNUMA – GTZ – UNCCD – The Global Mechanism. Uruguay. 84 pp.
- Iriondo, Martin. CONCET. “El Chaco Santafesino – Neógeno y Geomorfología”. Facultad de Ingeniería y Ciencias Hidráulicas. U.N.L.
- Iriondo et all, 2000. El abanico aluvial del Pilcomayo, Chaco (Argentina – Bolivia – Paraguay), características y dignificado sedimentario.
- Indicadores, tendencias y escenarios hidrológicos para el Cambio Climático. Programa Conjunto de Integración de Ecosistemas y Adaptación al Cambio Climático en el Macizo Colombiano. Junio 2012.

- IWGIA. 2007. Pueblos Indígenas en Aislamiento Voluntario y Contacto Inicial en la Amazonía y el Gran Chaco. Actas del Seminario Regional de Santa Cruz de la Sierra. Copenhague. 386 pp.
- Kousky, Vernon E., 1989: The global climate for september–november 1988: high southern oscillation index and cold episode characteristics continued. *J. Climate*, 2, 173–192.
- KOUSKY, V.E.; GAN, M.A. Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic. *Tellus*, 33(6):538551, 1981.
- LHUMEAU, A. & D. Cordero. 2012. Adaptación basada en Ecosistemas: una respuesta al cambio climático. UICN, Quito, Ecuador. 17 pp.
- MALDONADO, P. 2006. Atlas del Gran Chaco Americano. Agencia Alemana de Cooperación (GTZ). Buenos Aires. 96 pp.
- MAYNART, S & S. CORK. 2011. Classification and prioritization of ecosystem services. Issue paper Prepared for Expert Group Meeting on Ecosystem Accounting. Ecosystem Services Project Manager, SEQ Catchments. Australia. 18 pp.
- Manual IMTA, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Elaboración de balance hídrico integrado por cuencas hidrográficas. PHI-UNESCO.
- MONTE DOMEQ, R. et al. 2003. Inundaciones Urbanas en la América del Sur. Cap. 7 PARAGUAY. P. 325-378. En: TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. Inundaciones Urbanas en la América del Sur. Porto Alegre, RGS, BR: Asociación Brasileña de Recursos Hídricos.
- Melo, Oscar E. Restricciones a la producción en pastoreo. Congreso Ganadero del Norte Argentino. Octubre de 2006.
- MORELLO, J. & A. FERNÁNDEZ. 2009. El Chaco son bosque: la Pampa o el desierto del futuro. UNESCO/MaB – Grupo de Ecología del Paisaje y Medio Ambiente (GEPAMA) - Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU) de la Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires. 432 pp.
- MORÍNIGO, A. et al. 1983. Efectos Sociales de las Inundaciones en el Paraguay. Asunción: Conferencia Episcopal Paraguaya. Equipo Nacional de Pastoral Social.. Pag. Irreg.
- Moura, Antonio D., Jagadish Shukla, 1981: On the dynamics of droughts in northeast Brazil: observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *J. Atmos. Sci.*, 38, 2653–2675.
- Nogués-Paegle, Julia, Kingtse C. Mo, 1997: Alternating wet and dry conditions over south america during summer. *Mon. Wea. Rev.*, 125, 279–291.
- New, Mark, Mike Hulme, Phil Jones, 1999: Representing twentieth-century space–time climate variability. part i: development of a 1961–90 mean monthly terrestrial climatology. *J. Climate*, 12, 829–856.
- Nobre, Paulo, J. Srukla, 1996: Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America. *J. Climate*, 9, 2464–2479.
- OFICINA ESPAÑOLA DE CAMBIO CLIMÁTICO - S. G. para la Prevención de la Contaminación y del Cambio Climático - Ministerio de Medio Ambiente. *Plan Nacional de adaptación al cambio climático, Marco para la coordinación entre administraciones públicas para las actividades de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático-2006.*
- ORELLANA, René, AGUA Y SANEAMIENTO EN BOLIVIA. Avances en Institucionalidad e Inversiones en el marco del Proceso de Cambio, en [https://docs.google.com/fileview?id=0B7\\_0\\_E1m4hKVM2ZiMTA4YjEtZGYwZS00ZTkxLWlxNGItZmM0YjZkMDNkZDE4&hl=es&pli=1](https://docs.google.com/fileview?id=0B7_0_E1m4hKVM2ZiMTA4YjEtZGYwZS00ZTkxLWlxNGItZmM0YjZkMDNkZDE4&hl=es&pli=1)
- ORELLANA, Rene, AGUA Y CAMBIO CLIMATICO. Criterios y enfoques sobre el cambio climático en Planes Sectoriales de Agua, Riego y Cuencas, en la Ley de Autonomías y en las Políticas Públicas de Bolivia, en [https://docs.google.com/leaf?id=0B7\\_0\\_E1m4hKVMtG3ODA2M2MtMWJkYi00ZjE0LWJiMTItMWQ4N2RmODczZTE2&hl=es&pli=1](https://docs.google.com/leaf?id=0B7_0_E1m4hKVMtG3ODA2M2MtMWJkYi00ZjE0LWJiMTItMWQ4N2RmODczZTE2&hl=es&pli=1)
- ORELLANA, René/SUAREZ, Gary, Sequia y Eventos Extremos en el Chaco Boliviano. Impactos Social y Agropecuario, en Cambio Climático, Sequía y seguridad alimentaria en el chaco Boliviano, Ed- Universidad de la Cordillera – Fundación de la Cordillera, 2012, <http://www.ucordillera.edu.bo/documentos/investigaciones/ARTICULO%20CHACO.pdf>
- ORTUÑO, Carlos, Inversiones y Acciones Públicas vinculadas a la gestión de riesgos en el Chaco, en Cambio Climático, Sequía y seguridad alimentaria en el chaco Boliviano, Ed- Universidad de la Cordillera – Fundación de la Cordillera, 2012, <http://www.ucordillera.edu.bo/documentos/investigaciones/ARTICULO%20CHACO.pdf>

- Osvaldo Balbuena. Suplementación en Rodeos de Cría de Chaco y Formosa. – Pág. 6. Hoja de Divulgación Técnica N° 12. INTA, Centro Regional Chaco-Formosa. EEA Colonia Benítez. 01 de Diciembre de 2011.
- PACHECO BALANZA, Diego, Características sociales y productivas del Chaco boliviano, en Cambio Climático, Sequía y seguridad alimentaria en el chaco Boliviano, Ed- Universidad de la Cordillera – Fundación de la Cordillera, 2012.
- <http://www.ucordillera.edu.bo/documentos/investigaciones/ARTICULO%20CHACO.pdf>
- PARAGUAY. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). Unidad de Gestión de Riesgo. MAG (en línea). Boletín (2036); 2007.
- PASTEN, A. M., 2007. Análisis de eventos meteorológicos extremos en el Paraguay. Universidad Nacional de Asunción. Asunción.
- PASTEN, M, ARMOA, J, BENÍTEZ , S. 2006. Efectos de El Niño en la agricultura en el Paraguay. San Lorenzo: UNA, DGICT. s.p.
- Peel, N., Stevens, N.R., Basto, R., Raff, J.W. 2007. Overexpressing centriole-replication proteins in vivo induces centriole overduplication and de novo formation. Curr. Biol. 17(10): 834--843.
- Producción animal en pastoreo/editado por: Carlos A Cangiano y Miguel A Brizuela – 2da ed. – Buenos aires: Ediciones INTA, 2011. 514P. : il.
- Raúl Eduardo Ortiz. Más terneros con las mismas vacas en el norte argentino. AACREA, Congreso Ganadero del Norte Argentino, 2006.
- RENGGER, J.R. 2010. Viaje al Paraguay en los años 1816 a 1826. Traducción al Castellano por Alfredo Tomasini y José Braunstein. Tiempo de Historia. Asunción. 358 pp.
- RIOS, Fabiola; Et Al, "Estrategia de adaptación para el cambio climático de la Capitanía comunal de Chimeo", Municipio de Villamontes - Tarija, inedito. 2011.
- Rodríguez, A. Expo Zaragoza 2008. Avabces en la Institucionalidad de la cuenca del río Pilcomayo.
- Ropelewski, C. F., M. S. Halpert, 1989: Precipitation patterns associated with the high index phase of the southern oscillation. J. Climate, 2, 268–284.
- ROSACHER, Conrado. Salinas Grandes de Córdoba, Aspectos Ambientales.
- Salinas Grandes de Córdoba, Aspectos Ambientales. Rosacher, Conrado.
- Saulo, C., M. Nicolini y Sin Chan Chou, 2000. Model characterization of the South American low-level flow during the 1997-1998 spring-summer season. Clim. Dyn., 16, 867-881.
- SOUTULLO A, BARTESAGHI L, ACHKAR M, BLUM A, BRAZEIRO A, CERONI M, GUTIÉRREZ O, PANARIO D y RODRÍGUEZ-GALLEGO L. 2012. Evaluación y mapeo de servicios ecosistémicos de Uruguay. Informe Técnico. Convenio MGAP/PPR – CIEDUR/ Facultad de Ciencias/Vida Silvestre Uruguay/Sociedad Zoológica del Uruguay. 20 pp.
- Special Report IPCC Working Group II. The Regional Impacts of Climate Change. An Assessment of Vulnerability. 1998.
- Strés lechero: condiciones e impacto - Año I - N° 10. Ficha Técnica. [Marta María SUERO](#), Daniel Manelli y [Alejandro René CENTENO](#). febrero de 2013
- Special Report IPCC Working Group II. The Regional Impacts of Climate Change. An Assessment of Vulnerability. 1998.
- TAR IPCC Working Group II – Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability, 2001
- Trenberth, Kevin E., Julie M. Caron, 2000: The southern oscillation revisited: sea level pressures, surface temperatures, and precipitation. J. Climate, 13, 4358–4365.
- UNFCCC Secretariat. Compendium on methods and tools to evaluate impacts of, and vulnerability and adaptation to, climate change. Final draft report (and the brochure on the Compendium). December 2004
- U.S. Country Studies Program (USCSP). Climate Change: Mitigation, Vulnerability and Adaptation in Developing and Transition Countries. October 1999.
- Valtorta S, M Gallardo. 2004. Evaporative cooling for Holstein dairy cows under grazing conditions. Int J Biometeorol 48, 213-217.
- Valtorta S. E., Comerón E.A., Romero L.A., Migliore C., Estrada M. de, Aronna M.S. y Quaino O.A. 2003. Comportamiento de vacas Holando, Jersey sus cruizas durante la época estival. 2, Efecto de las variables meteorológicas y el tiempo de pastoreo. Rev. Arg. Prod. Anim.; 23(1): 293-294
- Valtorta S., Leva P., Castro H., Gallardo M., Maciel M., Guglielmone A. y Anzani O. 1998. Producción de leche en verano. Santa Fe: Universidad Nacional del Litoral. 109 p.

- Valtorta S. E., Leva P. E., Gallardo M., Fornasero L.V., Veles M.A. y García M.S. 1997. Producción de leche: respuestas a la alta temperatura. Arch. Latinoam. Prod. Anim.; 5(1): 399-401.
- Valtorta S. E. y Gallardo M. R. 1996. El estrés por calor en producción lechera. In Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Ed.) Miscelánea; (81): 173-185
- VILLASEÑOR, V., Nina Laura, J.P. & Gonzales Pérez, F. 2012. El Clima Cambia, Cambia Tú También. Adaptación al cambio climático en comunidades locales de Bolivia. Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA), Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN.Sur), Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), Fundación para la Conservación del Bosque Chiquitano (FCBC), y Agrónomos y Veterinarios sin Fronteras. Lima, Perú
- Virji, Hassan, 1981: A preliminary study of summertime tropospheric circulation patterns over South America estimated from cloud winds. Mon. Wea. Rev., 109, 599–610.
- World Water Assesment Programme. Agua para todos. Agua para la vida. Informe de las Naciones Unidas sobre el Desar
- Zhang Y., Y. Xu, W. Dong, L. Cao and M Sparrow (2006) "A Future Climate Scenario of Regional Changes in Extreme Climate Events over China using the PRECIS Climate Model", Geophys. R PASTEN, M, ARMOA, J, BENÍTEZ , S. 2006. Efectos de El Niño en la agricultura en el Paraguay. San Lorenzo: UNA, DGICT. es. Lett., 33, L24702, doi:10.1029/20