

LA ECONOMÍA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL PARAGUAY



NACIONES UNIDAS

CEPAL



GOBIERNO NACIONAL
Construyendo Juntos Un Nuevo Rumbo



TEKOKHA
RESAJ
SAMBYRYHA
SECRETARÍA DEL
AMBIENTE



MINISTERIO DE
HACIENDA

La economía del cambio climático en el Paraguay

Alicia Bárcena
Secretaria Ejecutiva

Antonio Prado
Secretario Ejecutivo Adjunto

Joseluis Samaniego
Director
División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos

Ricardo Pérez
Director
División de Publicaciones y Servicios Web

Las opiniones expresadas en este documento, son de exclusiva responsabilidad de los funcionarios y consultores que colaboraron en él y pueden no coincidir con las de la organización.

Los límites y los nombres que figuran en los mapas no implican su apoyo o aceptación oficial por las Naciones Unidas.

La elaboración de los gráficos y cuadros que aparecen en esta publicación estuvo a cargo de los autores, salvo que se indique lo contrario.

Los montos que se indican en dólares corresponden a la denominación de dólares de los Estados Unidos.

Este documento debe ser citado como:

CEPAL, La economía del cambio climático en el Paraguay (LC/W.617), Santiago de Chile, 2014

Fotografía de portada: Salto de Ita Kamby, cedida por la Secretaría Nacional de Turismo del Paraguay.

Publicación de las Naciones Unidas

LC/W.617

14-20018

Copyright © Naciones Unidas, agosto de 2014. Todos los derechos reservados

Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile

Los Estados miembros y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a las Naciones Unidas de tal reproducción.

LA ECONOMÍA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL PARAGUAY



NACIONES UNIDAS

CEPAL



GOBIERNO NACIONAL
Construyendo Juntos Un Nuevo Rumbo



TEKOKHA
RESAI
SAMBYHYHA
SECRETARÍA DEL
AMBIENTE



MINISTERIO DE
HACIENDA

Equipo nacional de trabajo

Ministerio de Hacienda

Pedro Daniel Correa, Viceministro de Economía
Humberto Ariel Colman, Director de Estudios Económicos
Abel Orué Rojas, Jefe del Departamento de Políticas de Desarrollo

Secretaría del Ambiente

Ernesto Paredes, Director de la Dirección de Planificación Estratégica
Jesús Riquelme, Punto Focal de Cambio Climático y Director de la Oficina Nacional de Cambio Climático
Ulises Lovera, Director de la Dirección General del Aire
Wilfrido Sosa, Director de la Dirección de Gabinete
Jorge Martínez, Técnico de la Oficina Nacional de Cambio Climático

Equipo de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)

Joseluis Samaniego Director, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos
Carlos de Miguel Jefe de Unidad, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos
José Javier Gómez Oficial de Asuntos Económicos, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos
Luis Miguel Galindo Jefe de Unidad, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos
Karina Martínez Investigadora, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos
Mauricio Pereira Investigador, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos
Constanza Pantaleón Consultora, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos

Panel Asesor Internacional

Daniel Bouille Experto en mitigación
Graciela Magrín Experta en adaptación
Gustavo Nagy Experto en adaptación
José Marengo Experto en Escenarios Climáticos, Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales del Brasil
Lincoln Muniz Experto en Escenarios Climáticos, Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales del Brasil
Carlos Ludeña Economista, División de Cambio Climático y Sostenibilidad, Banco Interamericano de Desarrollo
César Morales Experto, Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación

Equipo técnico de elaboración del estudio

Rossana Scribano Coordinadora técnica
César Cabello Sector económico
Max Pastén Fenómenos meteorológicos extremos
Andrés Molina Sector agropecuario
María del Carmen Álvarez Sector de recursos hídricos
Alberto Yanosky Sector de biodiversidad
Antonietta Rojas de Arias y Blanca Causino Sector de la salud
Fabio Lucantonio Mitigación en el sector energético
Carmiña Soto Mitigación en el sector no energético
Ronaldo Dietze Políticas públicas
Federico Pekholtz Análisis geoespacial

Este informe se basa en información y datos disponibles hasta el año 2010.

La ejecución de este estudio, elaborado en el marco del Programa de la Cuenta de las Naciones Unidas para el Desarrollo, fue posible gracias a la colaboración y el financiamiento de las siguientes instituciones:



Índice

Prólogo	9
Resumen	11
Introducción.....	15
I. El cambio climático en el Paraguay	17
A. Climatología	17
B. Escenario climático futuro.....	18
II. Escenario socioeconómico del Paraguay.....	23
A. Sistema productivo	24
B. Comercio internacional	25
C. Infraestructura.....	25
D. Escenario socioeconómico futuro.....	26
III. Metodología del análisis económico del cambio climático	29
IV. Impactos del cambio climático: cuantificables y cualitativos	33
A. Sector agrícola.....	33
B. Sector de la salud	40
C. Fenómenos meteorológicos extremos.....	46
D. Recursos hídricos	49
E. Sector pecuario.....	55
1. Producción de carne.....	55
2. Producción de leche	57
3. Impactos estimados en la producción de carne y leche.....	58
F. Biodiversidad	59
1. Vulnerabilidad de la mastozoofauna.....	61
2. Vulnerabilidad de la ictiofauna	61
3. Vulnerabilidad de la avifauna	62
4. Vulnerabilidad de los anfibios	62
5. Vulnerabilidad de la fauna de reptiles.....	63
G. Impacto agregado	64

V.	Procesos de adaptación en curso y medidas propuestas	71
A.	Medidas de adaptación para el sector de la salud	72
B.	Medidas de adaptación para el sector agrícola	73
C.	Medidas de adaptación a los fenómenos meteorológicos extremos	74
VI.	Procesos de mitigación	77
A.	Emisiones de gases de efecto invernadero	77
B.	Prospectiva de emisión de gases de efecto invernadero	78
1.	Sector energético.....	78
2.	Sector no energético.....	83
VII.	Construcción de políticas públicas.....	89
A.	Respecto de los bosques.....	90
B.	Respecto de la adaptación	90
C.	Respecto de la mitigación.....	91
D.	Respecto del financiamiento interno y el marco jurídico	91
E.	Estrategias transversales para abordar el cambio climático	92
VIII.	Conclusiones.....	97
	Bibliografía	101
	Anexo	105
Cuadros		
Cuadro I.1	Cambios de las variables climáticas según los escenarios A2 y B2	22
Cuadro IV.1	Datos analizados en el sector agrícola	34
Cuadro IV.2	Precios de algunos rubros agrícolas en 2008.....	39
Cuadro IV.3	Impacto económico el sector agrícola, según los escenarios A2 y B2, por períodos	39
Cuadro IV.4	Número de casos por enfermedad en el período base, 1999-2008	41
Cuadro IV.5	Variación de casos estimados respecto a la línea de base	41
Cuadro IV.6	Posibles impactos en el sector de la salud respecto del escenario A2, por períodos	44
Cuadro IV.7	Posibles impactos en el sector de la salud respecto del escenario B2, por períodos	45
Cuadro IV.8	Costos unitarios de la atención y tratamiento de enfermedades, 2008.....	45
Cuadro IV.9	Impacto económico total sobre el sector de la salud, por períodos.....	46
Cuadro IV.10	Clasificación de los fenómenos meteorológicos extremos y su intensidad por medio de los percentiles	47
Cuadro IV.11	Número de fenómenos meteorológicos extremos estimados según los escenarios A2 y B2, por períodos.....	48
Cuadro IV.12	Impacto total de los fenómenos extremos, por períodos	49
Cuadro IV.13	Criterios de índice de vulnerabilidad	52
Cuadro IV.14	Índice de vulnerabilidad del Paraguay en función del estrés hídrico	52
Cuadro IV.15	Posibles impactos cualitativos sobre los recursos hídricos, escenario A2.....	54
Cuadro IV.16	Posibles impactos cualitativos sobre los recursos hídricos, escenario B2.....	54
Cuadro IV.17	Rango de producción de carne.....	56
Cuadro IV.18	Probabilidad de tiempo de estrés en el ganado.....	57
Cuadro IV.19	Relación entre los grados de estrés y la producción de leche.....	57
Cuadro IV.20	Estimación de los impactos cualitativos en la producción de carne y leche.....	58
Cuadro IV.21	Recursos biológicos conocidos del Paraguay	60
Cuadro IV.22	Posibles efectos del cambio climático sobre la diversidad biológica.....	63
Cuadro IV.23	Resumen de los impactos sectoriales y los supuestos considerados	64

Cuadro IV.24	Impactos económicos por sector	65
Cuadro IV.25	Impactos totales como porcentaje del PIB de cada período.....	67
Cuadro IV.26	Impactos totales acumulados hasta 2100	67
Cuadro VI.1	Paraguay: emisión de gases de efecto invernadero, año 2000	78
Cuadro VII.1	Política Nacional de Cambio Climático: pilar estratégico del fortalecimiento de las capacidades institucionales	92
Cuadro VII.2	Política Nacional de Cambio Climático: pilar estratégico del financiamiento.....	93
Cuadro VII.3	Política Nacional de Cambio Climático: pilar estratégico de la educación, comunicación y participación ciudadana	93
Cuadro VII.4	Política Nacional de Cambio Climático: pilar estratégico de la gestión del conocimiento y la tecnología	94
Cuadro A.1	Variación del rendimiento medio de la agricultura empresarial para el escenario A2, 2010-2100, con intervalos de confianza	106
Gráficos		
Gráfico I.1	Proyecciones de temperatura y precipitación en el Paraguay, según los escenarios A2 y B2.....	19
Gráfico II.1	Evolución del crecimiento del PIB sectorial, 1994-2008	24
Gráfico II.2	Proyección de la población del Paraguay, 2000-2100	26
Gráfico II.3	PIB histórico (basado en 1994) y PIB proyectado, 2008-2100	27
Gráfico II.4	Participación sectorial en el crecimiento del PIB, 2008 y 2100	27
Gráfico IV.1	Rendimientos del promedio nacional de la soja, escenario histórico, base y proyección A2 y B2.....	35
Gráfico IV.2	Variación del rendimiento medio de la soja, proyección A2, intervalos de confianza (nivel de confianza al 99%).....	36
Gráfico IV.3	Variación del rendimiento de la agricultura empresarial, proyecciones del escenario A2, con respecto a la línea de base	37
Gráfico IV.4	Variación del rendimiento de la agricultura empresarial, proyecciones del escenario B2, con respecto a la línea de base	37
Gráfico IV.5	Variación del rendimiento de la agricultura familiar, proyecciones del escenario A2, con respecto a la línea de base	38
Gráfico IV.6	Variación del rendimiento de la agricultura familiar, proyecciones del escenario B2, con respecto a la línea de base	38
Gráfico IV.7	Proyecciones del número de casos de EDA, IRA y malaria, escenario A2.....	42
Gráfico IV.8	Proyecciones del número de casos de EDA, IRA y malaria, escenario B2.....	43
Gráfico IV.9	Proyecciones del número de casos de dengue, escenarios A2 y B2.....	43
Gráfico IV.10	Precipitación media en la época alta (de octubre a marzo) y sus percentiles en el período base.....	48
Gráfico IV.11	Variación de la evapotranspiración	53
Gráfico IV.12	Variación de la escorrentía.....	53
Gráfico IV.13	Índice de variación de la producción de carne en la región occidental, escenario A2	56
Gráfico VI.1	Emisiones de CO ₂ en el sector de la energía, 2005	79
Gráfico VI.2	Demanda de energía final por escenario, 2005-2030	80
Gráfico VI.3	Demanda de energía final por formas de energía (escenario del 3,5%), 2005-2030	81
Gráfico VI.4	Demanda de energía final por formas de energía, 2030-2100	82
Gráfico VI.5	Emisiones del sector energético, 2005-2030.....	83

Diagramas	
Diagrama III.1 Esquema del enfoque metodológico	31
Diagrama IV.1 Esquema simplificado para el análisis de la vulnerabilidad hídrica.....	51
Diagrama VI.1 Organización del modelo MAED	79
Mapas	
Mapa I.1 Precipitación y temperatura medias en el Paraguay, de enero de 1961 a diciembre de 1990.....	18
Mapa I.2 Proyecciones de temperatura y precipitación en el Paraguay, según el escenario A2, por períodos	20
Mapa I.3 Proyecciones de temperatura y precipitación en el Paraguay, según el escenario B2, por períodos	21
Mapa IV.1 Regiones hidrográficas del Paraguay	50
Mapa IV.2 Impactos del cambio climático, escenario A2, 2070-2100.....	68
Mapa IV.3 Impactos del cambio climático, escenario B2, 2070-2100	69

Prólogo

El debate respecto al cambio climático antes se concentraba en abordar el origen de ese fenómeno, las evidencias científicas que fundamentan convincentemente su estrecha relación con las actividades humanas y las crecientes emisiones de gases de efecto invernadero. En la actualidad, ha pasado a tratar cuestiones referentes a mecanismos globales de acción tendientes a moderar o reducir los impactos predecibles del cambio climático, sobre todo en los países más vulnerables, como los países en vías de desarrollo. Las responsabilidades comunes pero diferenciadas constituyen el rumbo de las negociaciones internacionales sobre el cambio climático.

Las acciones de adaptación o mitigación de los impactos del cambio climático suponen costos que, en muchos casos, los países no están en condiciones de enfrentar. Sin embargo, numerosos estudios realizados, especialmente por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), revelan que el costo de la inacción puede ser mayor. En particular, algunos países en vías de desarrollo están en mejores condiciones para enfrentar los costos que suponen las medidas de adaptación al cambio climático, por ser inferiores a los costos de las medidas de mitigación.

La República del Paraguay posee una economía muy dependiente del sector primario, condición que la hace altamente vulnerable a las condiciones climáticas en dos sentidos fundamentales. En primer lugar, su estructura productiva se sustenta en la agricultura y la ganadería, y las exportaciones se basan en una canasta concentrada en pocos rubros, cuya producción es sensible al clima. En segundo lugar, posee una infraestructura y capacidad logística relacionada con el comercio internacional poco desarrollada y en la esfera del transporte es sumamente dependiente del caudal de los ríos navegables.

Así, en el período 2008-2009, se observó una disminución importante en el crecimiento económico del Paraguay, como resultado de una combinación de factores climáticos adversos, principalmente la sequía y, en menor grado, los efectos de la crisis financiera internacional iniciada en la segunda mitad de 2008. Lo anterior cambió en 2010 debido a la auspiciosa cosecha, las buenas condiciones climáticas y la recuperación de los precios en el mercado internacional.

Además del posible efecto del cambio climático sobre la economía debido al incremento de los fenómenos meteorológicos extremos, tales como inundaciones o sequías, otros sectores se verían en grave peligro debido a su vulnerabilidad ante los cambios de patrones climáticos, sobre todo los de temperatura y precipitación. Sucede así con el sector de la salud, donde el número de casos de enfermedades vinculadas con las condiciones climáticas, como la malaria, el dengue o ciertas enfermedades respiratorias, podría aumentar considerablemente y provocar grandes impactos económicos y sociales.

Es por ello que la República del Paraguay, en el marco del gobierno encabezado por el Presidente Horacio Cartes y por conducto de su Panel Asesor Nacional, integrado por la Secretaría del Ambiente (SEAM) y el Ministerio de Hacienda, ha creído oportuno acompañar la presente iniciativa regional impulsada y coordinada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) mediante la realización del *Estudio económico del cambio climático en el Paraguay*, cuyo objetivo principal ha sido analizar los efectos económicos del cambio climático sobre la macroeconomía paraguaya.

Como parte integrante de una iniciativa regional, el estudio mantiene los mismos lineamientos técnicos y organizativos de los demás análisis de la región. Como principio metodológico, se consideró que la influencia del clima se difunde de manera directa e indirecta en el escenario socioeconómico y que ese efecto se extiende sobre los sectores que conforman el estudio.

En el caso del Paraguay se consideraron los siguientes sectores: el de los recursos hídricos, el agropecuario, el de la salud, el de los fenómenos meteorológicos extremos y el de la diversidad biológica. En el estudio también se incluye un capítulo sobre el sector energético paraguayo y, de manera sucinta, un análisis del sector no energético. Finalmente, se esbozan lineamientos de políticas que podrían servir de insumos a los encargados de la adopción de decisiones en el momento de formular la Política Nacional de Cambio Climático.

Dada la complejidad y transversalidad del tema, se detectaron algunos vacíos de información o la falta de un conocimiento detallado, lo que hace que sea difícil determinar las conexiones entre el cambio climático y los impactos sobre los sectores, por lo que los resultados del estudio deben considerarse indicativos de tendencias y no hechos puntuales.

El panorama paraguayo, en un horizonte temporal hasta 2100 en lo que se refiere a los posibles impactos sobre la economía nacional de las variaciones de temperatura y las precipitaciones, así como a la ocurrencia de fenómenos extremos, requerirá realizar esfuerzos adicionales. Al aumentar las temperaturas medias, se observaría, entre otras cosas, una disminución del rendimiento en rubros importantes del sector agropecuario y un incremento de las enfermedades relacionadas con el clima. Esto pone de relieve la necesidad de abordar e internalizar el cambio climático en las prioridades nacionales a fin de posicionarlo como política pública, de modo que tanto los actores gubernamentales como no gubernamentales se comprometan a emprender acciones reales y duraderas.

Si bien los costos de las medidas de adaptación son significativos, el costo de no aplicarlas es definitivamente mayor. En el estudio se determinó que los sectores críticos para implementar medidas de adaptación son el agropecuario y el de salud, mientras que en el de la biodiversidad y los bosques se requiere aplicar tanto medidas de adaptación como de mitigación.

Los datos e informaciones que figuran en el presente estudio constituyen un punto de partida y un aporte para el necesario debate, con miras a transitar hacia la construcción de un modelo de acción conjunta en que se reconozcan las particularidades locales, a fin de contribuir a la creación de un ambiente con equidad intergeneracional.

Alicia Bárcena
Secretaria Ejecutiva
Comisión Económica para
América Latina y el Caribe

María Cristina Morales Palarea
Secretaria Ejecutiva,
Ministra de la Secretaría
del Ambiente del Paraguay

Germán Rojas Irigoyen
Ministro de Hacienda
del Paraguay

Resumen

El cambio climático global, expresado como aumento de la temperatura media, modificación de los patrones de precipitación, aumento del nivel del mar, reducción de la superficie cubierta por nieves y glaciares o modificación de los patrones de los fenómenos extremos, representa uno de los grandes desafíos para la humanidad en este siglo. Sus consecuencias sobre las actividades económicas, la población y los ecosistemas son significativas y, en muchos casos, irreversibles. El reto de adaptarse a las nuevas condiciones climáticas y, simultáneamente, participar en una estrategia internacional de mitigación supone costos económicos de tal magnitud que hacen del cambio climático un factor condicionante esencial de las características y opciones del desarrollo económico en las próximas décadas.

Este fenómeno tiene particular relevancia para los países de América Latina y el Caribe debido a las características socioeconómicas, institucionales y geográficas de la región. La elevada sensibilidad climática de algunas de sus actividades económicas, como la agricultura o el turismo, las pérdidas potenciales de biodiversidad y los riesgos crecientes de sufrir fenómenos climáticos extremos revelan la importancia del análisis económico del cambio climático para la formulación de una estrategia de desarrollo sostenible a largo plazo, que cuente con un sólido fundamento científico y un amplio consenso social. El carácter global del cambio climático, su comportamiento económico como externalidad negativa, el alto nivel de incertidumbre y la necesidad de implementar una gestión de riesgos adecuada dan pie a un intenso debate sobre los aspectos éticos y de equidad, las magnitudes intertemporales del fenómeno, los canales de transmisión de los daños, los costos económicos y las mejores opciones para enfrentarlos.

El Gobierno del Paraguay, representado por el Ministerio de Hacienda y la Secretaría del Ambiente (SEAM), en coordinación con la CEPAL, se adhiere a la iniciativa regional para realizar una evaluación de los impactos ambientales y económicos del cambio climático en el Paraguay. El principal objetivo del estudio es identificar, cuantificar y valorar los costos económicos de dicho cambio y proponer medidas de adaptación y mitigación, así como las políticas públicas correspondientes.

Este trabajo tiene como objetivo profundizar en el análisis de los temas mencionados, mediante la descripción de escenarios posibles del efecto económico del cambio climático en el Paraguay en los próximos 100 años. En ese marco se evalúan los impactos potenciales en el sector agrícola, el sector pecuario, la salud, los recursos hídricos y la biodiversidad. También se evalúa la modificación de la frecuencia de los fenómenos meteorológicos extremos y sus posibles consecuencias económicas, así como las proyecciones de emisión de gases de efecto invernadero y las opciones de mitigación en el Paraguay.

Los escenarios climáticos utilizados en el presente estudio corresponden a los denominados como A2 y B2 por el IPCC. El escenario A2 representa una economía mundial creciente y basada en el uso intensivo de fuentes de energía fósiles, cuyas emisiones generan concentraciones de gases de efecto invernadero muy superiores a las actuales, que a su vez provocan el aumento de la temperatura media y variaciones en los patrones de lluvias y de fenómenos meteorológicos extremos. En el escenario B2 se parte del supuesto de una economía mundial con organización y fuentes de energía que impliquen una menor emisión de gases de efecto invernadero que el escenario A2 y, por lo tanto, un menor impacto en las variables climáticas.

Si se toma como base el período 1961-1990, en forma agregada en el país en su conjunto se observaría para el año 2100 un incremento continuo de la temperatura media, equivalente a 4,2 °C en el escenario A2 y a 3,4 °C en el escenario B2. En cuanto a las precipitaciones, en el escenario A2, hacia la década de 2050 el promedio nacional estaría por debajo de la media, mientras que hacia fines del siglo estaría muy por encima de la media, siendo algunas áreas más sensibles a estas variaciones, como el Chaco Central.

Se estima que las variaciones climáticas tendrían efectos significativos, aunque de diferentes intensidades y signos, en los diferentes sectores. Así, por ejemplo, en el caso de la agricultura empresarial, en ambos escenarios climáticos se registraría un período inicial de incrementos de la productividad con respecto a un período de referencia, para luego reducirse considerablemente, sobre todo en el caso de la soja. Por su parte, la agricultura familiar presentaría reducciones significativas de su productividad desde el inicio del período de análisis, que serían mayores en el caso del escenario A2. La reducción de la productividad propicia las condiciones para el cambio de tipo de producción y puede tener efectos sociales importantes, principalmente en el sector rural.

En el sector de la salud se observaría un efecto diferenciado entre los tipos de enfermedades consideradas en este estudio, tales como dengue, malaria, enfermedades diarreicas agudas (EDA) e infecciones respiratorias agudas (IRA). Se nota un posible incremento a partir de 2050 en ambos escenarios, con predominio en el escenario A2. La malaria muestra una tendencia a ser eliminada en el país. Sin embargo, los resultados revelan un repunte del número de casos en el período 2020-2050. Con relación a las EDA, se presentaría un aumento importante, en conjunto con los incrementos de las temperaturas en ambos escenarios, sobre todo a partir de 2050. No se producirían casos adicionales de IRA en los años analizados.

En cuanto a los recursos hídricos, a nivel agregado en todo el territorio nacional la disponibilidad del recurso no se vería afectada, pero sí de manera estacional y puntualmente en las regiones del Chaco Norte y Central. La combinación del incremento de temperatura con períodos de sequía más prolongados puede causar serios problemas.

El impacto del cambio climático sobre la diversidad biológica, expresado como la variación del paisaje y la sabanización de las zonas boscosas (con zonas secas más áridas y cálidas) parece ser el impacto más significativo. Los impactos sobre la fauna y la flora, en general, son muy complejos y difíciles de proyectar. Podrían beneficiar a algunas especies y promover la extinción de otras que tengan un rango de distribución muy reducido.

El efecto de las sequías extremas se agudizaría, particularmente en el escenario B2 y hasta la mitad del siglo. En contraste, las inundaciones mostrarían una tendencia incremental a partir de 2070, en ambos escenarios.

El efecto total del cambio climático sobre la economía se obtuvo agregando los valores de los sectores agropecuario, de la salud y de fenómenos meteorológicos extremos proyectados hasta 2100. Con una tasa de descuento del 0,5% y el 2%, la economía experimentaría un costo neto agregado que se ubicaría entre los 80.200 millones y los 14.300 millones de dólares, en el escenario A2. Por su parte, en el escenario B2, estos costos se encontrarían entre los 50.500 millones y los 9.700 millones de dólares.

Los costos en el escenario A2 representarían entre un 1,0% y un 0,4% del producto interno bruto (PIB) descontado y, en el escenario B2, entre un 0,6% y un 0,3% del PIB descontado, a las tasas respectivas.

Conviene señalar que el valor agregado neto es principalmente consecuencia del efecto sobre la agricultura empresarial, que es el sector que presenta el mayor valor de producción total. Sin embargo, este resultado no debe hacer perder de vista el efecto negativo del cambio climático sobre la agricultura familiar, que es el medio de sustento de un sector importante de la población.

Se demuestra que, en diferentes sectores, el cambio climático puede tener efectos significativos, aunque diferenciados, con ganadores y perdedores. Esto plantea la necesidad de formular medidas de adaptación y mitigación cuya aplicación entraña costos, por lo que es imprescindible adoptar decisiones de política que impliquen un balance y que requieren el involucramiento de todos los sectores afectados.

El presente trabajo constituye un esfuerzo nacional y regional dirigido a promover el desarrollo de una metodología integradora de la temática ambiental y económica. Para complementar este primer esfuerzo se sugiere que las investigaciones futuras profundicen en una visión del análisis del impacto social del cambio climático. Dicho impacto se debe entender como el efecto sobre la población, sus relaciones y costumbres, sobre todo en lo que respecta a los sectores más vulnerables, como las comunidades ribereñas, los pueblos autóctonos cuyas vidas dependen en grado sumo de los recursos naturales, así como las comunidades aisladas, cuyas oportunidades son más limitadas y, por lo tanto, tienen una menor capacidad de respuesta ante los fenómenos meteorológicos extremos.

El ejercicio de desarrollar una visión integrada del impacto del cambio climático que contemple las dimensiones ambiental, económica, social e institucional proporcionará elementos completos e íntegros respecto al rumbo que debe tomar la sociedad paraguaya en su conjunto para hacer frente a los impactos negativos del cambio climático y beneficiarse de las condiciones positivas que se esperan.

Introducción

En este documento se presenta la síntesis del “Estudio económico del cambio climático en el Paraguay”, iniciativa liderada por la CEPAL, en la que se evalúan los impactos del cambio climático en distintos países de la región, a partir de los mismos escenarios climáticos y tasas de descuento a fin de posibilitar su agregación y comparación a nivel regional en los países de América Latina y el Caribe. A nivel global se han realizado una serie de esfuerzos similares, entre los que destaca el informe Stern (2006).

El Paraguay no ha contraído compromisos de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero pero, con la ratificación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto, asumió una serie de obligaciones sustentadas en su vulnerabilidad ambiental frente a este fenómeno¹.

El cambio climático puede tener repercusiones en la producción nacional, con los subsecuentes impactos en el ingreso de divisas y el empleo, lo que redundaría directamente en el aumento de la pobreza del país. Ese impacto se debería a que las principales actividades económicas del Paraguay se fundamentan en los sectores agrícola y pecuario, que son muy sensibles al cambio climático. Este fenómeno puede incrementar la aparición de plagas y la ocurrencia de enfermedades ocasionadas por los cambios de temperatura, precipitación y humedad.

Por otra parte, el cambio en el uso del suelo, especialmente de los bosques con fines de expansión agrícola, pecuaria y de asentamientos humanos, constituye una de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero del país. La deforestación progresiva que sufren los bosques de las regiones oriental y occidental desde hace aproximadamente tres décadas ha desencadenado un deterioro ambiental que favorece la salinización del suelo, la erosión hídrica y eólica, el aumento de la evaporación, el calentamiento de los suelos y la disminución de la infiltración del agua de lluvia y del consecuente almacenaje de agua en el suelo.

En ese contexto, el objetivo de este estudio es proporcionar información científica de alta calidad que contribuya a la comprensión del alcance de los posibles efectos del cambio climático y a la formulación de estrategias para enfrentarlos. Se espera que los resultados orienten las acciones

¹ El Paraguay corresponde a la clasificación de vulnerabilidad contemplada en el párrafo 8 del artículo 4 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, al poseer zonas fluviales de riberas bajas; zonas áridas y semiáridas; áreas susceptibles a la deforestación o erosión, a los desastres naturales, a la sequía y la desertificación; áreas urbanas altamente contaminadas, y ecosistemas frágiles.

de sectores, instituciones y organizaciones (gubernamentales, privadas y civiles) y contribuyan a una respuesta más efectiva ante los impactos del cambio climático. Además, servirán para que los países de la región se posicionen en el proceso global de debates y negociaciones sobre el cambio climático.

Este documento consta de varios capítulos. En el primero se describe el clima actual y la climatología del período base (1961-1990) y se resumen los patrones históricos. Se incluyen también las proyecciones hacia el futuro para el Paraguay y, con ese fin, se han elaborado dos escenarios climáticos (A2 y B2) con un horizonte temporal hasta 2100. Se utilizaron proyecciones mensuales de las principales variables climáticas, estimadas mediante un modelo de reducción de escala estadística.

La evolución económica y social, tanto desde el punto de vista histórico como de sus tendencias, se analiza en el capítulo II. Se establece la senda básica de la economía, a partir de su evolución sin cambio climático, así como el crecimiento esperado de la población.

El enfoque metodológico se presenta en el capítulo III, donde se detallan los pasos para la determinación y valoración del impacto económico del cambio climático sobre los sectores analizados en el estudio.

En el capítulo IV se describen los resultados de los impactos en los sectores que se cuantificaron económicamente (salud, agricultura y fenómenos meteorológicos extremos), a partir de su cálculo y valoración anual. También se presentan resultados cualitativos respecto de los sectores de biodiversidad, recursos hídricos y pecuarios, en los que no fue posible analizar los aspectos económicos. Además, se realiza una comparación de los costos o beneficios en relación con el PIB de 2008.

En el capítulo V se describen las medidas de adaptación en curso y las que se han propuesto para el futuro a corto y mediano plazo. Posteriormente, en el capítulo VI, se hace un análisis de las opciones de mitigación respecto de las actividades tanto del sector energético como del no energético, donde se destacan el cambio del uso de la tierra y los desechos como los temas de mayor relevancia. Además, se recomiendan medidas de mitigación en ambos sectores.

Por último, en el capítulo VII, a partir de las vulnerabilidades e impactos identificados, se recomiendan acciones de políticas públicas por sector, teniendo en cuenta las prioridades establecidas en la Política Ambiental Nacional y la Política Nacional de Cambio Climático.

I. El cambio climático en el Paraguay

A. Climatología

Los climas predominantes en el Paraguay van del tropical al subtropical, caracterizados por grandes variaciones térmicas determinadas por la continentalidad y el carácter plano del territorio. Las masas de aire tropical y polar provocan veranos muy cálidos y lluviosos (de diciembre a marzo) e inviernos con temperaturas bajas y menos lluviosos (de junio a septiembre)².

Existe una marcada diferencia entre la distribución de las precipitaciones en las dos regiones en que se divide el país: llueve considerablemente más en la región oriental que en la occidental³. El comportamiento de la temperatura y la precipitación durante el período de 1961 a 1990 se presenta en el mapa I.1. Se observa que la variación de la precipitación media anual se encuentra entre los 3 mm y los 5 mm al día, con valores máximos anuales en el sureste de la región oriental, en la frontera con el Brasil, mientras que los mínimos se registran en el Chaco, en la región noroeste del país.

En el Paraguay, la temperatura media anual varía entre los 21°C en el sureste y los 25°C en el norte del Chaco. En particular, en la región oriental la temperatura fluctúa entre los 21°C en el sureste y los 24°C en el norte. En el Chaco, la temperatura media se encuentra entre los 22°C y los 25°C.

En el sudeste de América del Sur, el fenómeno de El Niño altera el régimen de precipitación durante la primavera y el otoño, provocando los excesos de lluvias que ocasionan efectos significativos en el régimen de comportamiento de los ríos. En el caso del Paraguay, tanto el río Paraná como el Paraguay, presentan cambios significativos en su caudal durante El Niño. Dicho fenómeno ocurre generalmente entre octubre y mayo, cuando provoca veranos muy húmedos en la región oriental y en el bajo Chaco⁴.

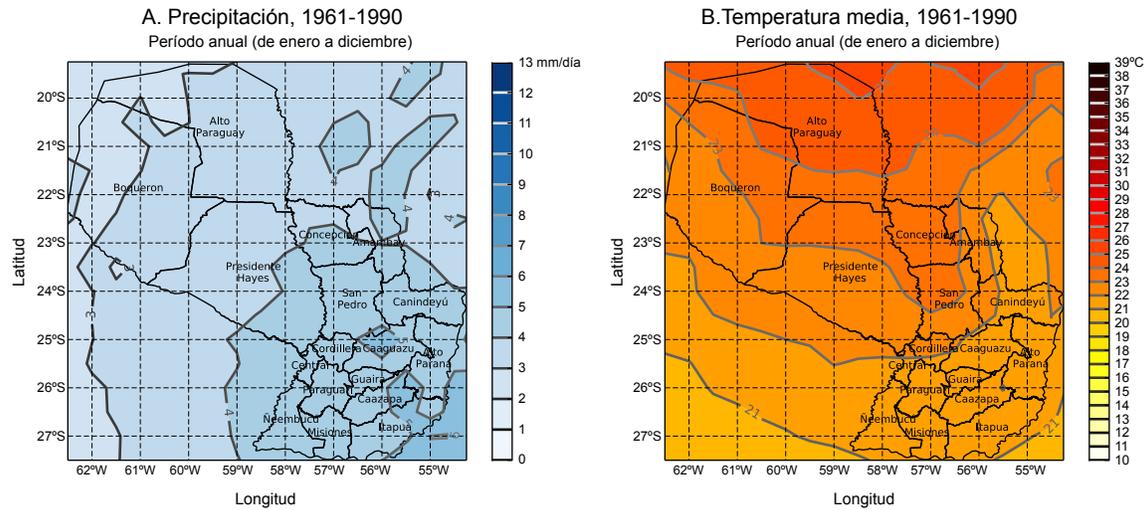
² Grassi, Max y Amoa (2004 y 2005) analizaron el comportamiento histórico de la temperatura y la precipitación en el Paraguay.

³ La región occidental o Chaco se divide en tres departamentos: Presidente Hayes, Boquerón y Alto Paraguay. El resto de los departamentos pertenecen a la región oriental.

⁴ El bajo Chaco es la región localizada en las cercanías de los ríos Paraguay y Pilcomayo.

MAPA I.1

PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA MEDIAS EN EL PARAGUAY, DE ENERO DE 1961 A DICIEMBRE DE 1990



Fuente: Elaboración propia, a partir de datos del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales del Brasil (*Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE*).

B. Escenario climático futuro

Los escenarios climáticos describen cómo, en función de ciertas actividades humanas, se modificarían las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera y en consecuencia, cambiaría el clima a nivel mundial. Estos escenarios son de utilidad para el análisis del cambio climático, la evaluación de sus potenciales impactos y el diseño de iniciativas de adaptación y de mitigación (Camilloni, Cavalcanti y Ambrizzi, 2006).

A los efectos del presente estudio, el clima se determina por dos variables: temperatura y precipitación. Los escenarios climáticos utilizados son el A2 y el B2, que forman parte de los escenarios desarrollados por el IPCC y representan un nivel de emisión de gases de efecto invernadero alto y uno moderado, respectivamente⁵.

Dadas las características climáticas del Paraguay, se ha dividido el país en dos regiones. En primer lugar, el Chaco, ubicado en la margen occidental del río Paraguay, que constituye una zona fácilmente inundable con un perfil plano que aumenta en forma suave y continua, en dirección noroeste. La otra región corresponde a la oriental, que presenta un relieve topográfico un poco más sinuoso y un río en cuya margen se alternan barrancas, zonas bajas, esteros y bañados.

La construcción de los escenarios de cambio climático fue realizada por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales del Brasil (*Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE*) mediante la aplicación del modelo climático regional *Providing Regional Climate for Impact Studies* (PRECIS) del Centro Hadley de Investigaciones Climáticas del Reino Unido. Mediante un proceso de reducción de

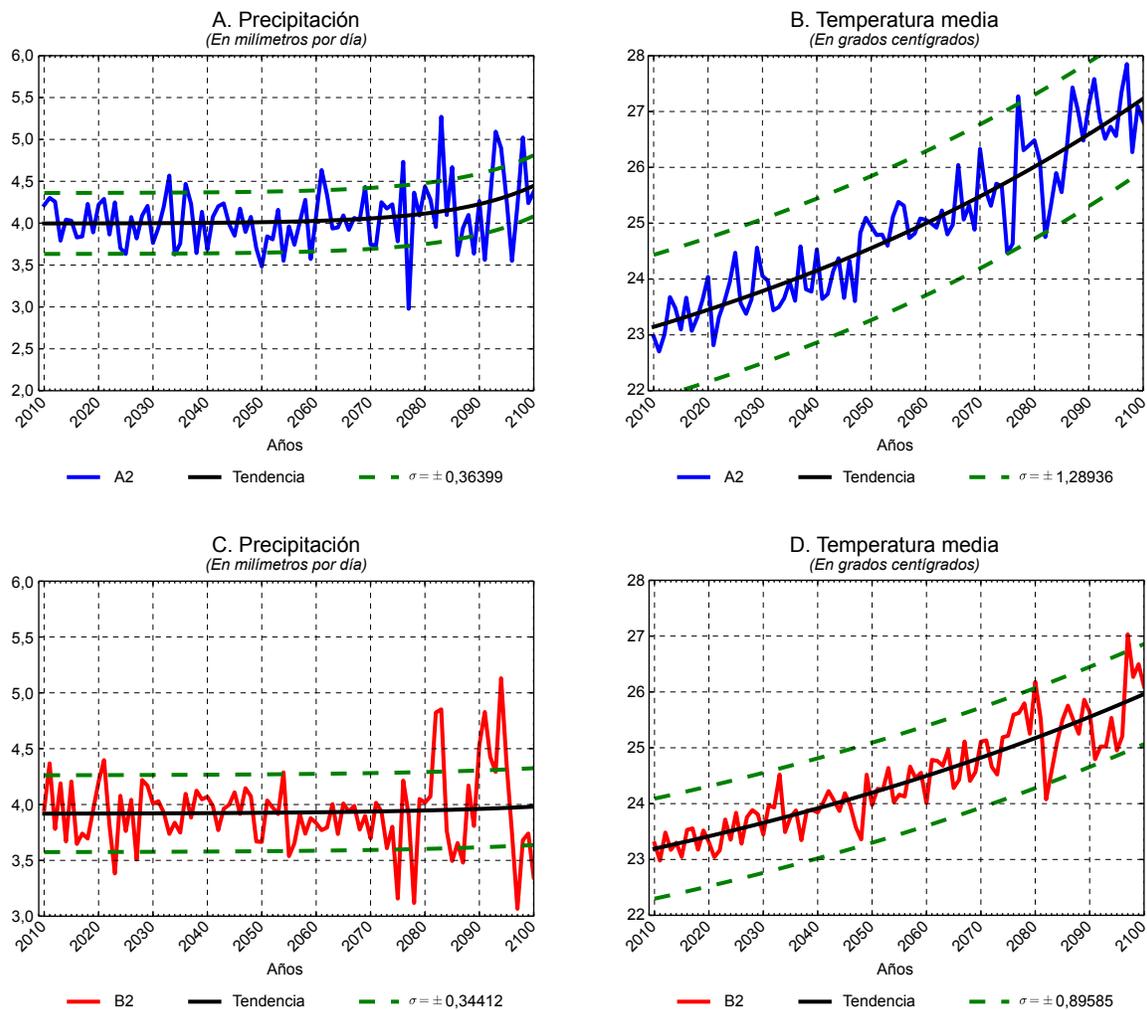
⁵ El escenario A2 se refiere a una economía internacional dinámica con un uso intensivo de combustibles fósiles y un crecimiento demográfico alto y sostenido, que provoca un aumento de la concentración de GEI en la atmósfera, con valores muy superiores a los actuales. El escenario B2 supone un cierto nivel de mitigación de las emisiones por medio de un uso más eficiente de la energía, mejoras tecnológicas y un menor dinamismo económico y demográfico, por lo que habría una menor concentración de GEI y, por ende, un menor impacto asociado al calentamiento global.

la escala, el INPE logró establecer las proyecciones de temperatura y precipitación correspondientes a los escenarios A2 y B2 durante el período 2010-2100, con una resolución de salida de 50 km por 50 km.

La evolución de la temperatura y la precipitación medias en el Paraguay en los escenarios A2 y B2 durante el período de evaluación 2010-2100 se presenta en el gráfico I.1. Las proyecciones indican que, a partir de 2070, habría un incremento de las precipitaciones en ambos escenarios para el final del siglo.

En lo que respecta a la temperatura media, el incremento es bastante importante. En el escenario A2, el aumento previsto para 2100 llega a 4,8°C en verano y 3,7°C en invierno, mientras que en el escenario B2, alcanza 3,4°C en verano y 2,6 °C en invierno.

GRÁFICO I.1
PROYECCIONES DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN EN EL PARAGUAY,
SEGÚN LOS ESCENARIOS A2 Y B2

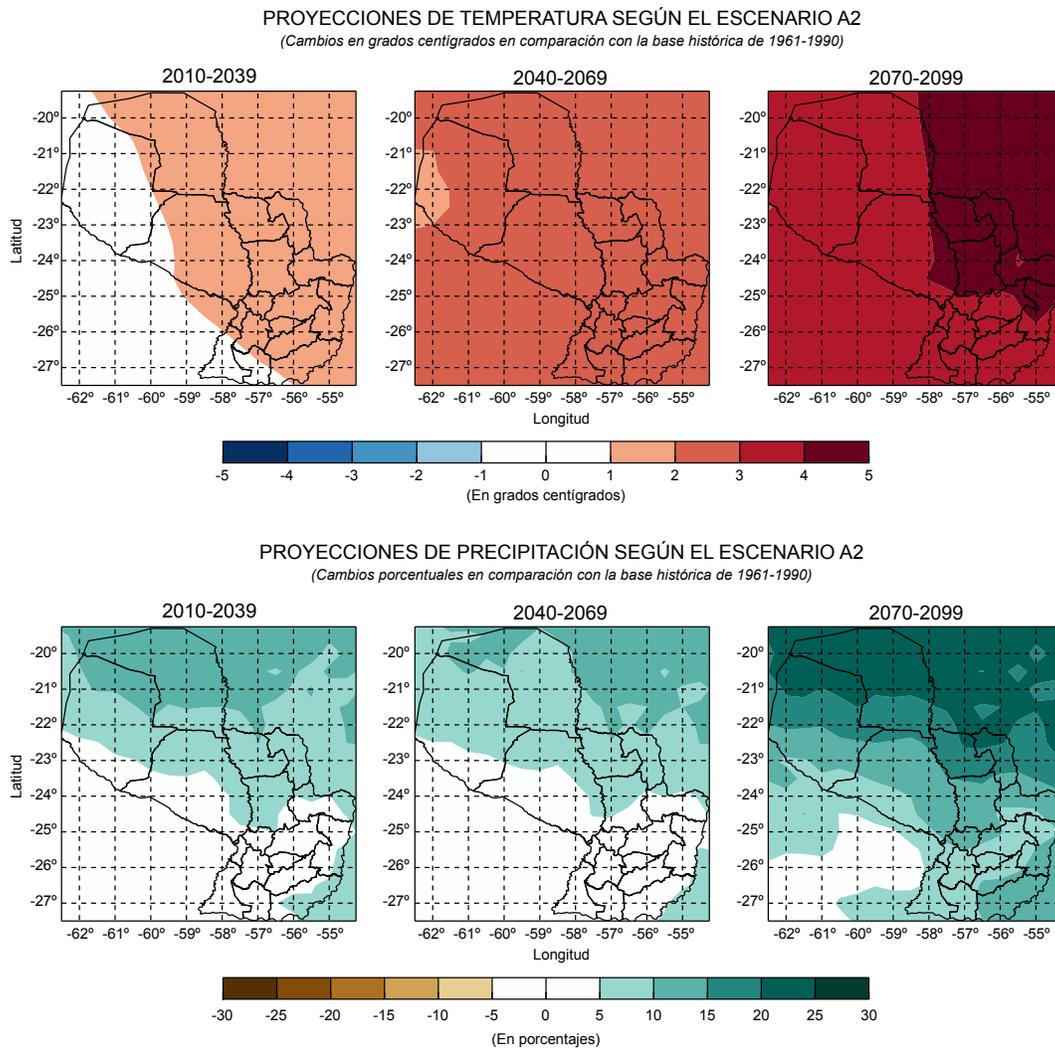


Fuente: Elaboración propia, con datos del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales del Brasil (*Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE*).

Con objeto de comparar las observaciones climatológicas pasadas, presentes o futuras, se consideró el intervalo 1961-1990 como la normal climatológica. Este término se refiere a los valores medios de los elementos meteorológicos (temperatura, humedad, precipitación, evaporación, entre otros) de un período estándar, que se modifiquen con relativamente poca frecuencia, pero durante el cual algún elemento (como la temperatura media) muestre una tendencia determinada⁶.

Sobre esa base se elaboraron los mapas climatológicos de precipitación y temperatura presentados en el gráfico I.1. Por su parte, en los mapas I.2 y I.3 se ilustra el comportamiento de las proyecciones de las variables climáticas futuras en los escenarios A2 y B2, en relación a la normal climatológica durante períodos acumulados en intervalos similares: 2010-2039, 2040-2069 y 2070-2100.

MAPA I.2 PROYECCIONES DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN EN EL PARAGUAY, SEGÚN EL ESCENARIO A2, POR PERÍODOS

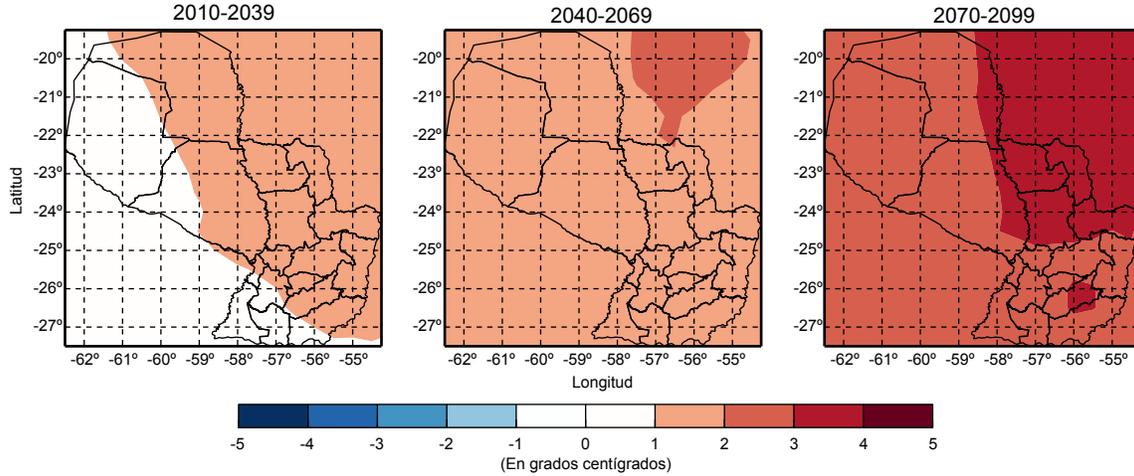


Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales del Brasil (*Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE*).

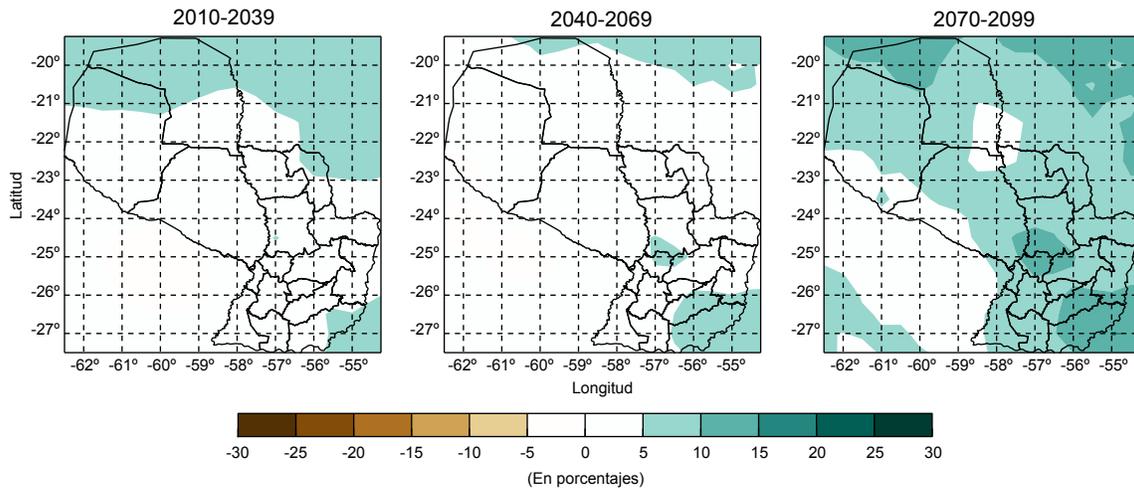
⁶ Las normales climatológicas estándar solo se deben calcular cuando se disponga de valores correspondientes a por lo menos 25 de los 30 años (sin ninguna limitación adicional en cuanto a años consecutivos sin datos).

MAPA I.3 PROYECCIONES DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN EN EL PARAGUAY, SEGÚN EL ESCENARIO B2, POR PERÍODOS

PROYECCIONES DE TEMPERATURA SEGÚN EL ESCENARIO B2
(Cambios en grados centígrados en comparación con la base histórica de 1961-1990)



PROYECCIONES DE PRECIPITACIÓN SEGÚN EL ESCENARIO B2
(Cambios porcentuales en comparación con la base histórica de 1961-1990)



Fuente: Elaboración propia, con datos del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales del Brasil (*Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE*).

Sobre la base de las proyecciones de las variables climáticas, se presenta en el cuadro I.1 un resumen de los impactos esperados en cuanto a la temperatura y la precipitación en los escenarios A2 y B2 durante los distintos periodos de tiempo.

CUADRO I.1
CAMBIOS DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS SEGÚN LOS ESCENARIOS A2 Y B2

Escenario	Variable climática	2010-2039	2040-2069	2070-2100
A2	Temperatura	Incremento de 1 °C a 2 °C en casi todo el territorio, a excepción del sur, en Ñeembucú, Itapúa y Boquerón en el oeste.	Incremento de 2 °C a 3 °C en casi todo el territorio, a excepción del extremo oeste de Boquerón, con un incremento de 1 °C a 2 °C.	Incremento de 4 °C a 5 °C en el norte de la región oriental desde el centro, mientras que el resto del territorio tiene un incremento de 3 °C a 4 °C.
	Precipitación	Incremento de la precipitación, más acentuado en el Chaco Norte.	Ligero descenso de la precipitación con relación al período anterior, pero superior a la línea de base.	Incremento de la precipitación, del 10% al 30%; la mayor intensidad se encuentra en el norte.
B2	Temperatura	Incremento de 1 °C a 2 °C en casi todo el territorio, a excepción de Ñeembucú, Itapúa y Boquerón. Afecta un área ligeramente menor que en el escenario A2.	Incremento de 1 °C a 2 °C en todo el territorio nacional.	Incremento de 3 °C a 4 °C en el norte de la región oriental, mientras que el resto del territorio tiene un incremento de 2 °C a 3 °C.
	Precipitación	Ligero incremento de la precipitación en el norte de la región occidental, en el Chaco Norte; el resto se mantiene similar a la línea de base.	Ligero descenso de la precipitación con relación al período anterior, similar a la línea de base.	Incremento de la precipitación en algunos lugares, hasta el 20% en el Chaco Norte y el departamento de Cordillera.

Fuente: Elaboración propia.

Se debe tener en cuenta que los escenarios de emisiones utilizados se apoyan en supuestos de la posible evolución socioeconómica del mundo, lo que da lugar a proyecciones de concentraciones de gases de efecto invernadero. De ahí que en el análisis de impactos se señalen las incertidumbres inherentes a las proyecciones futuras. En este trabajo no se realiza un análisis probabilístico de la información climática, lo que impide tener una estimación de las incertidumbres, pero de todas formas la metodología utilizada permite evaluar las tendencias en distintos escenarios.

II. Escenario socioeconómico del Paraguay

El Paraguay es un país sin litoral marítimo, con una extensión de 406.752 km² y una población que se ha triplicado desde 1950, pasando de 1.473.000 a 5.542.631 habitantes, según el Censo Nacional de Población de 2002 (DGEEC, 2002).

Su estructura económica es dependiente del sector primario, sobre todo de la agricultura y la ganadería. La base industrial es limitada y en su mayoría la conforman procesadoras de materias primas de origen agropecuario. En consecuencia, la estructura de las exportaciones es vulnerable a los factores exógenos a la economía nacional que pueden afectar tanto la oferta (debido a las variaciones climáticas) como la demanda (debido a las fluctuaciones de los mercados internacionales).

Geográficamente, el país está ubicado entre las dos grandes economías de la Argentina y el Brasil, que influyen sobre el desempeño de la economía local. Una característica particular de la economía paraguaya ha sido el relativo nivel de estabilidad macroeconómica registrado a mediano y largo plazo, ya que no ha tenido episodios de hiperinflación, ni devaluaciones forzadas como las que experimentaron varios países de la región durante las décadas de 1970 y 1980. Durante los años setenta alcanzó importantes niveles de crecimiento económico, motivados por la expansión de la frontera agrícola y la construcción de la represa de Itaipú. Sin embargo, durante los años ochenta, no pudo escapar al contagio de la crisis internacional de la deuda, que frenó su ritmo de crecimiento. Desde entonces, el Paraguay ha registrado un bajo nivel de crecimiento como consecuencia de recurrentes crisis bancarias, una compleja transición democrática desde 1989 y el contagio de los desajustes económicos padecidos por los países de la región, en especial la Argentina y el Brasil.

En un período más reciente (2003-2008), el Gobierno introdujo algunas reformas estructurales y pudo aprovechar la favorable coyuntura internacional, en especial, el aumento de la demanda y los precios de los principales productos de exportación paraguayos. De ese modo registró niveles de crecimiento superiores a la tasa poblacional y elevó el nivel del PIB per cápita tras varios años de estancamiento.

Recientemente, el crecimiento se ha visto frenado por los efectos de la crisis financiera que comenzó en la segunda mitad de 2008. Esta situación afectó la economía nacional debido a la disminución de la demanda que, sumada a la reducción de la oferta de productos agropecuarios en los rubros afectados por la sequía, generó una disminución de los precios de los productos de exportación. A esto se sumó el encarecimiento de los derivados del petróleo importados y la reducción de las importaciones totales, que afectó las recaudaciones fiscales.

En consecuencia, la economía paraguaya resulta particularmente vulnerable a los factores climáticos por tres vías: i) su estructura productiva, ii) las variaciones de la demanda y la oferta internacional de los principales componentes de su balanza comercial, y iii) la infraestructura relacionada con el comercio internacional.

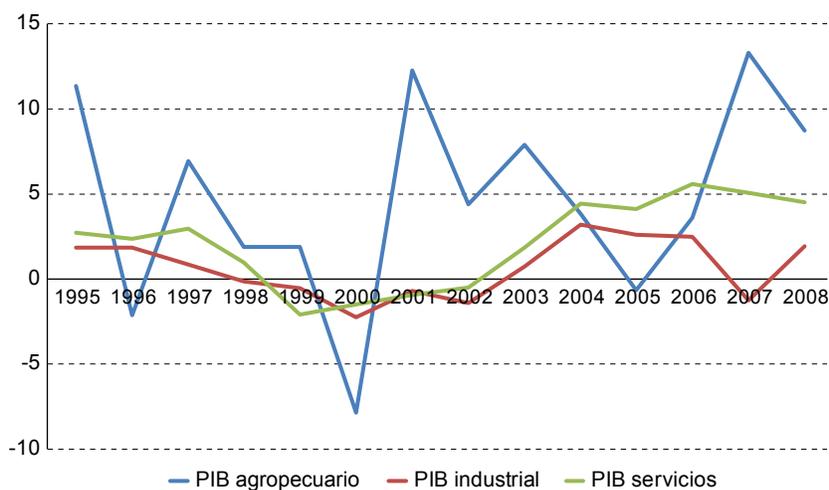
A. Sistema productivo

De acuerdo con cifras del Banco Central del Paraguay, el sector agropecuario-forestal constituye hasta la actualidad la base de la economía nacional. Representó en 2008 más del 25% del PIB del país (desglosado en un 19% correspondiente a la agricultura, un 6% a la ganadería y un 2% a la silvicultura). Este sector provee alrededor del 40% de la generación de empleo para la población económicamente activa y el 80% del ingreso por exportaciones de la economía real. El sector secundario (industria y construcción) representa el 20% del PIB, y está compuesto principalmente por la agroindustria (procesadoras de leche, carne, aceites, alimentos balanceados para animales, jugos de frutas, industria de cuero, madera, yerba mate y otros países).

En conjunto, la producción de bienes de los sectores agropecuario-forestal e industrial representa el 47% de la economía paraguaya, en tanto el sector de servicios aporta el 53% restante.

El crecimiento del PIB de cada uno de los sectores se consigna en el gráfico II.1. En promedio, entre 1994 y 2008, el sector agropecuario-forestal creció un 4,7%; el sector industrial y construcción, un 0,5%, y el de servicios, un 2,2%. Además, se aprecia una gran volatilidad del sector agropecuario-forestal, así como un escaso dinamismo y bajo nivel de crecimiento del sector industrial.

GRÁFICO II.1
EVOLUCIÓN DEL CRECIMIENTO DEL PIB SECTORIAL, 1994-2008
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia, sobre la base de información del Banco Central del Paraguay.

B. Comercio internacional

El Paraguay tiene una economía abierta, fuertemente dependiente de la exportación de productos primarios y el comercio de reexportación a sus países vecinos⁷. De esta forma, el país presenta una alta vulnerabilidad a las conmociones externas debido a las fluctuaciones de la demanda de los productos agropecuarios y la marcada volatilidad de sus precios.

Hasta 2008, el 86% de las exportaciones nacionales correspondían a productos básicos y, de estos, el 99% fueron productos agropecuarios, principalmente soja, carne y sus derivados. Al cierre de 2008, las exportaciones registradas en aduana aumentaron en un 64% con respecto al año precedente, pasando de 2.817 millones a 4.463 millones de dólares, debido principalmente a la soja, la carne vacuna, la harina de trigo y los aceites vegetales.

Las exportaciones por destino indican que el comercio exterior del Paraguay tiene una gran dependencia de los mercados de la Argentina y el Brasil, aunque durante los últimos años se ha observado una mayor diversificación y la creciente participación de China. En materia de importaciones, los principales proveedores del país son la Argentina y el Brasil. Los países del MERCOSUR en su conjunto llegaron a proveer hasta el 58% de las compras externas en 2003, lo que se ha reducido hasta el 42% en 2008. Cabe resaltar que las importaciones desde China ya constituyen el 27,7% de las compras externas paraguayas.

C. Infraestructura

Dada la continentalidad del territorio paraguayo, la infraestructura y su conectividad son un factor determinante para el comercio internacional. Debido al necesario proceso de trasbordo en los principales puertos de la Argentina, el Brasil y el Uruguay, las exportaciones deben incluir además los costos del transporte desde el país hasta puertos extranjeros para embarcar sus productos destinados a los mercados internacionales.

Los cambios de los caudales de los ríos Paraguay y Paraná constituyen un importante factor que puede influir sobre los costos de flete de los productos nacionales y afectar el flujo comercial, tanto de los productos exportados como de los importados. En esos ríos operan más de 20 puertos privados, cuyos servicios permiten canalizar la mayor parte de las exportaciones de productos primarios. De esa manera, el sector privado ha complementado las inversiones del Estado en infraestructura, lo que ha contribuido a mejorar la competitividad de las exportaciones.

Sumado a las deficiencias en materia de navegabilidad de los ríos, la dependencia de los combustibles fósiles importados ha ocasionado dificultades a varias industrias locales, al verse limitada la provisión de combustibles derivados del petróleo, incluido el gas licuado de uso doméstico. Por ejemplo, la Industria Nacional del Cemento es una de las empresas que se ve afectada recurrentemente por la bajante de los ríos, lo que ha reducido en varias oportunidades durante los últimos años su capacidad de producción debido a la falta de insumos (combustibles) o materias primas (*clinker*).

También es relevante la restringida conectividad aérea del Paraguay, que opera con un número limitado de vuelos hacia ciudades de la región (en la Argentina, Bolivia (Estado Plurinacional de), el Brasil, Chile y el Uruguay) y sin ningún vuelo directo a los Estados Unidos o Europa, lo que reduce la capacidad de embarques.

⁷ Según la CEPAL (2009), la economía del Paraguay es la de mayor grado de apertura del MERCOSUR y de la región. Con un indicador de 107,2 en el año 2007, frente al Brasil (26,6), la Argentina (45,0) y el Uruguay (50,8), representa el doble del promedio de los países de América Latina.

D. Escenario socioeconómico futuro

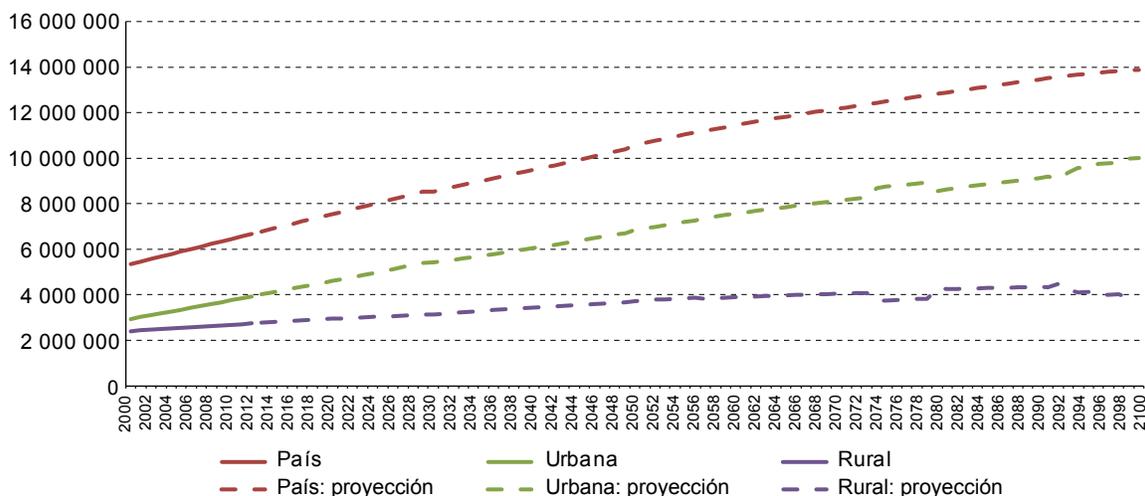
A los efectos del presente estudio se considera que el escenario socioeconómico del Paraguay está expresado por dos variables fundamentales: la población y el producto interno bruto (PIB).

La estimación del crecimiento de la población nacional se basó en tres elementos:

- i) la proyección de la población a partir de los resultados del Censo de Población y Vivienda de 2002 (DGEEC, 2002);
- ii) la proyección de la población mundial hasta 2300, realizada por las Naciones Unidas (2004), y
- iii) el ritmo de crecimiento de la población por área de residencia (DGEEC, 2002).

La proyección muestra que la población hasta 2100 ascendería a 14 millones de habitantes (véase el gráfico II.2), pero con una tasa de crecimiento decreciente, que pasaría del 2% en 2002 al 0,14% en 2100. A su vez, la tasa de crecimiento medio de la población, entre 2010 y 2100, sería del 0,86%.

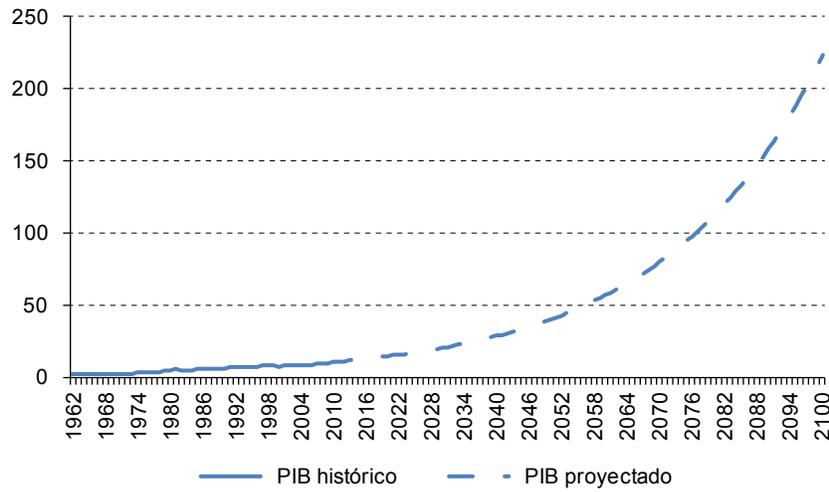
GRÁFICO II.2
PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN DEL PARAGUAY, 2000-2100
(En número de habitantes)



Fuente: Elaboración propia, sobre la base de los datos de la Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos (DGEEC), *Resultados finales Censo Nacional de Población y Viviendas. Año 2002 – Distrital*, Asunción.

En el gráfico II.3 se observa la evolución de la economía nacional durante el período 1962-2008 y su proyección hasta 2100, considerando una tasa de crecimiento anual del 3,5%. Esa tasa fue obtenida mediante la combinación del comportamiento histórico, la proyección de crecimiento según el Fondo Monetario Internacional (FMI) en el período 2009-2014 y un modelo econométrico basado en el supuesto de que la economía sigue un proceso autorregresivo integrado de promedios móviles (ARIMA) (FMI, 2009).

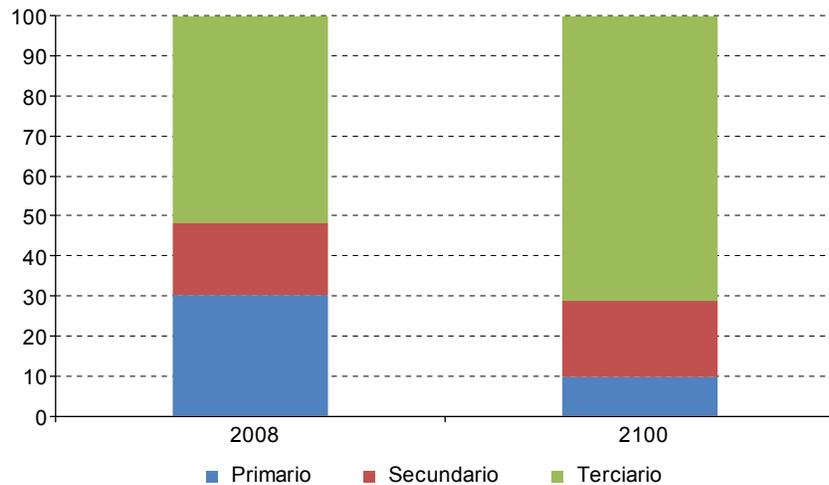
GRÁFICO II.3
PIB HISTÓRICO (BASADO EN 1994) Y PIB PROYECTADO, 2008-2100
(En millones de dólares)



Fuente: Elaboración propia, sobre la base de datos del Banco Central del Paraguay, 2007.

A fin de analizar el nivel de crecimiento a largo plazo de la economía nacional, se realizó una proyección basada en datos históricos con respecto a los sectores agropecuario, industrial y de servicios, a la que se le incorporó la proyección de crecimiento 2009-2014 realizada por el FMI. A partir de la estimación del crecimiento agregado de largo plazo del 3,5%, se obtiene que en 2100, el sector agrícola tendría una participación del 9,65% en el total de la economía paraguaya; el sector industrial, de un 19,17%, y el sector de servicios, de un 71,18% (véase el gráfico II.4).

GRÁFICO II.4
PARTICIPACIÓN SECTORIAL EN EL CRECIMIENTO DEL PIB, 2008 Y 2100
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia.

III. Metodología del análisis económico del cambio climático

El enfoque metodológico del estudio se basa en la medición del efecto de los niveles de precipitación y temperatura proyectados hasta 2100 en los escenarios climáticos A2 y B2, sobre un conjunto de variables en cada sector seleccionado.

En el gráfico III.1 se muestra en forma esquemática la metodología utilizada. En la parte superior se hace referencia al clima, expresado por las variables de temperatura y precipitación, que alcanzan determinados niveles en cada escenario climático e inciden sobre los sectores considerados (recursos hídricos, biodiversidad, agropecuario y salud). Además, entre los fenómenos meteorológicos extremos se manifiestan casos de sequías e inundaciones.

Primeramente, se establece la vinculación entre las variables climáticas y las sectoriales. Las proyecciones climáticas utilizadas corresponden a las presentadas en la sección I.B, provistas por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales del Brasil (*Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais*, INPE) con respecto al período 2000-2100. Para establecer la relación existente entre estas variables se utilizan observaciones del pasado, junto a los supuestos que se plantean en los estudios de cada uno de los sectores considerados.

En el presente estudio se analizan los impactos cuantitativos del cambio climático sobre la agricultura, la salud y los fenómenos extremos. Además, se analizan de forma cualitativa, respecto de los recursos hídricos, la biodiversidad y el sector pecuario. En el caso de los sectores agrícola y de salud, se cuenta con series temporales de varios años, lo que no sucede con los demás sectores, por lo que se hace necesario introducir diversos supuestos para obtener los resultados. Asimismo, debido a la escasez de información, en algunos casos se recurrió a la opinión de expertos calificados para vincular las variables de un sector y proporcionar así un marco integrado que permita prever los efectos.

Una vez estimada la relación entre las variables climáticas y sectoriales, es posible calcular la variación de estas últimas como resultado del cambio climático, a partir de las diferencias de temperatura y precipitación. Al incorporar el precio o costo correspondiente, se determina el impacto en términos económicos.

Las variables correspondientes a los recursos hídricos son la cantidad de agua disponible y su consumo, que permiten estimar el índice de vulnerabilidad de las distintas cuencas hidrográficas. Por otro lado, la biodiversidad se caracteriza por un conjunto de variables sectoriales, que incluyen varios tipos de flora y fauna y los servicios conexos.

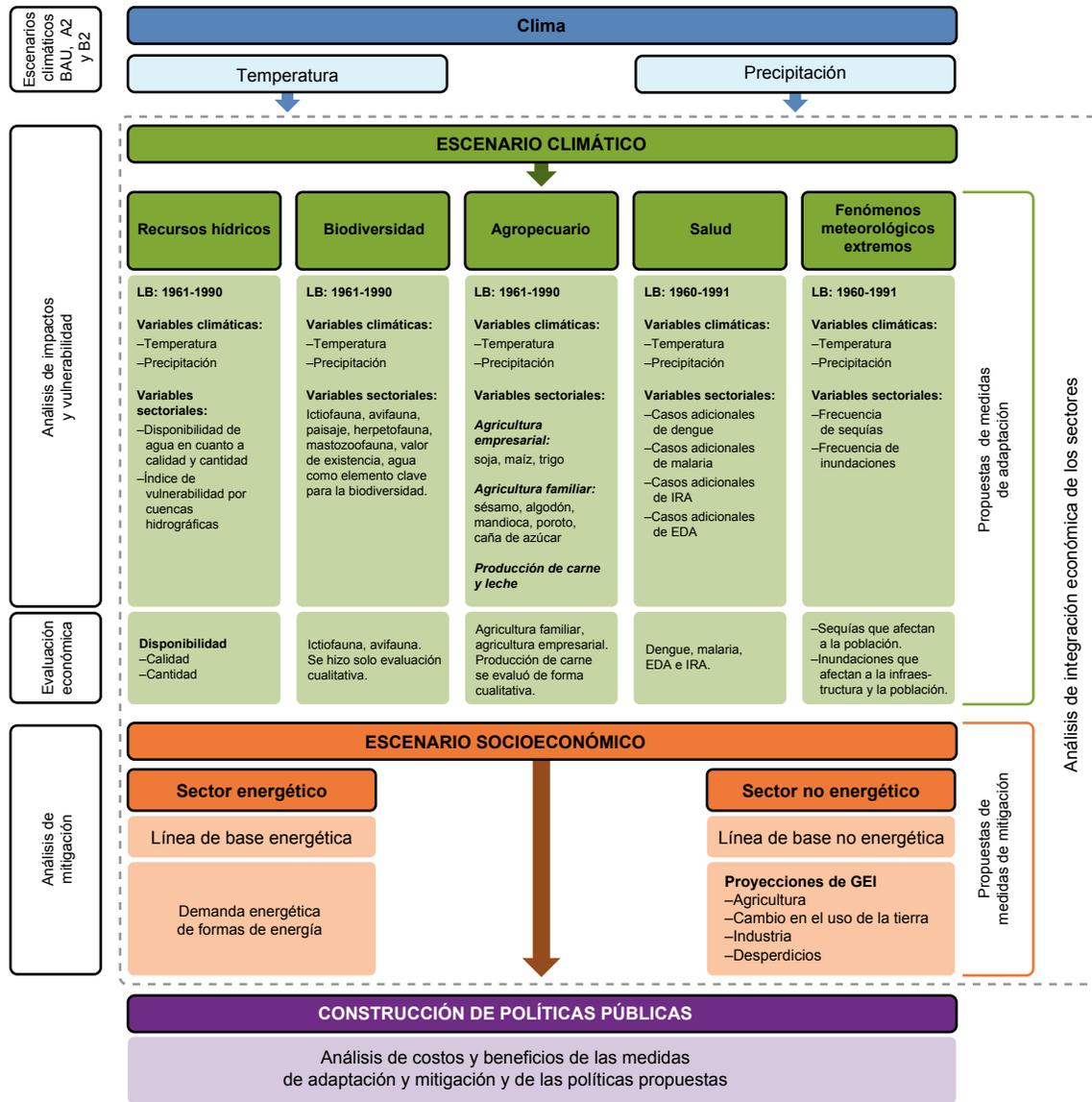
En el caso del sector agrícola, la variable fundamental es el rendimiento de un conjunto de cultivos, agrupados en: i) agricultura familiar (algodón, poroto, mandioca, sésamo y caña de azúcar), y ii) agricultura empresarial (soja, maíz y trigo). En el sector de la salud, la variable modelada corresponde al número de casos de un conjunto de enfermedades (malaria, dengue, enfermedades diarreicas agudas (EDA) e infecciones respiratorias agudas (IRA)) cuya presencia se relaciona con el clima. A su vez, los fenómenos meteorológicos extremos se expresan como número de casos de sequías e inundaciones.

Luego se procedió a la agregación de los efectos económicos directos, sumando los impactos de los sectores cuantificados, todos calculados en dólares.

Una vez identificados los costos y sectores más afectados por el cambio climático, se realizó el análisis de las políticas de adaptación en curso y de los procesos de mitigación en el país. Este análisis permitió profundizar en propuestas de políticas públicas orientadas a abordar dicho fenómeno.

Respecto de las medidas propuestas en materia de mitigación se proveen estimaciones de costos y beneficios, aunque los valores deben tomarse con las reservas que imponen los supuestos utilizados en su cálculo.

DIAGRAMA III.1 ESQUEMA DEL ENFOQUE METODOLÓGICO



Fuente: Elaboración propia.

IV. Impactos del cambio climático: cuantificables y cualitativos

En el presente capítulo se analizan los impactos que podría tener el cambio climático en distintos sectores del Paraguay. Siguiendo la metodología expuesta se presentan las proyecciones de las principales variables sectoriales y cómo se verían afectadas por cambios en los patrones de precipitación y temperatura.

Se han analizado seis sectores del país relacionados con la economía y los recursos naturales. Sin embargo, dada la información disponible, solo se han valorado económicamente los impactos de tres sectores (el agrícola, el de la salud y los fenómenos extremos) y su agregación se presenta al final de esta sección. Los sectores que se han evaluado cualitativamente (recursos hídricos, sector pecuario y biodiversidad) aportan información valiosa sobre la exposición a este fenómeno. Los antecedentes recopilados representan un insumo fundamental para el diseño de medidas de política pública que ayuden a enfrentar el cambio climático.

A. Sector agrícola

Para el análisis de los impactos del cambio climático sobre el sector agrícola se seleccionó un conjunto de cultivos representativos de la agricultura del Paraguay. Una parte corresponde a cultivos de carácter empresarial (soja, maíz y trigo)⁸ y otra a cultivos de unidades productivas familiares (sésamo, poroto, caña de azúcar, mandioca y algodón)⁹.

El estudio consistió en analizar las interacciones entre los rendimientos de los cultivos seleccionados y las principales variables climáticas¹⁰. Con ese fin, se construyó una línea de base a partir de las precipitaciones y temperaturas medias registradas en los distintos departamentos del Paraguay, así como los rendimientos medios de los cultivos examinados, durante el período 1991-2007.

⁸ Agricultura empresarial: en este caso se consideran los rubros que forman parte de lo que se denomina “el complejo sojero”, cuyo producto dominante es la soja.

⁹ Agricultura familiar: los rubros de la agricultura familiar se cultivan, preferentemente, en fincas de menos de 50 hectáreas. La selección se realizó a partir del criterio de superficie cultivada.

¹⁰ El rendimiento se mide en toneladas por hectárea.

Los determinantes para caracterizar los departamentos son: la extensión de los cultivos en la última campaña agrícola, el tipo de explotación predominante en cada departamento y la tendencia de producción empresarial o de agricultura familiar en los departamentos analizados. En la mayoría de los cultivos y debido a su ciclo fenológico, se contemplan dos estaciones respecto de cada cultivo. Sin embargo, en el caso de los cultivos anuales se han tomado promedios de temperatura y precipitación anual, como se indica en el cuadro IV.1

CUADRO IV.1
DATOS ANALIZADOS EN EL SECTOR AGRÍCOLA

Tipo de agricultura	Rubro	Departamentos analizados	Estaciones consideradas
Agricultura empresarial	Soja	San Pedro, Caaguazú, Caazapá, Itapúa, Alto Paraná, Amambay y Canindeyú	Primavera, verano
	Trigo	Caaguazú, Caazapá, Itapúa, Alto Paraná y Canindeyú	Otoño, invierno
	Maíz	Itapúa, Alto Paraná, Amambay, Canindeyú	Invierno, primavera
Agricultura familiar	Sésamo	San Pedro, Concepción, Canindeyú	Verano, otoño
	Algodón	San Pedro, Guairá, Caaguazú, Caazapá, Itapúa, Paraguari	Primavera, verano
	Poroto	Concepción, San Pedro, Caaguazú, Caazapá, Itapúa, Paraguari	Verano, otoño
	Mandioca	San Pedro, Caaguazú, Caazapá, Paraguari y Canindeyú	Anuales
	Caña de azúcar	San Pedro, Caaguazú, Caazapá, Paraguari	Anuales

Fuente: Elaboración propia.

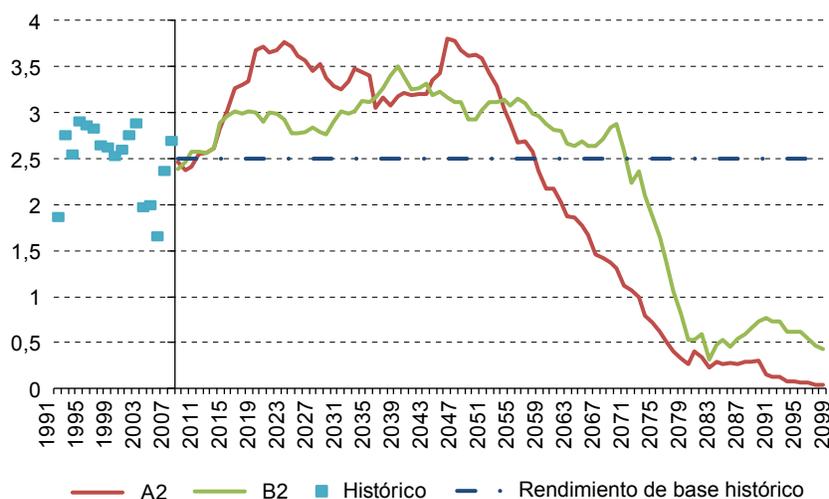
El promedio mensual de las variables climáticas de temperatura y precipitación fue clave para la construcción de la línea de base. La serie de datos utilizada abarca desde 1961 hasta 1990, e incluye valores medios estacionales por departamento y por año. Para establecer las relaciones existentes entre las variables climáticas y el rendimiento de los cultivos, se utilizaron los siguientes supuestos:

- i) existe un nivel óptimo de las variables climáticas y, en los niveles inferiores o superiores al óptimo, el rendimiento decrece;
- ii) el efecto de los niveles de temperatura y precipitación, altos o bajos, no es necesariamente simétrico; es decir, el rendimiento de un cultivo no responde de igual manera a temperaturas o precipitaciones altas que bajas;
- iii) existe una interacción entre la temperatura y la precipitación; por ejemplo, la combinación de temperaturas elevadas y sequía puede tener un efecto muy distinto a las mismas temperaturas elevadas, pero con un buen régimen de lluvia;
- iv) el rendimiento es siempre mayor o igual a cero, y
- v) el rendimiento de un cultivo durante determinado período es independiente del rendimiento en períodos anteriores y se relaciona con las variables climáticas de la siguiente forma:

$$\text{Rendimiento}_i = f(t, \text{Temperatura}, \text{Precipitación}) + e_i$$

Mediante la información de proyecciones climáticas correspondientes a los escenarios A2 y B2 fue posible obtener los rendimientos esperados de los distintos cultivos y tipos de agricultura durante el período 2010-2100 y compararlos con el rendimiento de base, que corresponde al promedio de los rendimientos registrados por departamento en el período 1991-2007. A modo de ejemplo, en el gráfico IV.1 se presenta el promedio nacional de los rendimientos históricos, de base y proyectados en los escenarios A2 y B2 respecto de la soja¹¹.

GRÁFICO IV.1
RENDIMIENTOS DEL PROMEDIO NACIONAL DE LA SOJA,
ESCENARIO HISTÓRICO, BASE Y PROYECCIÓN A2 Y B2
(En toneladas por hectárea)



Fuente: Elaboración propia.

Es importante destacar que no es posible capturar los efectos que pueden ocurrir en forma inter-estacional o interanual, ya que el modelo de proyección de rendimientos se basa en variables climáticas medidas a nivel estacional o anual, según el ciclo fenológico del cultivo. Es decir, en el modelo considerado se utilizan las proyecciones de temperatura y precipitación como constantes en cada subperíodo de análisis (nivel estacional o anual), y no se incluyen los efectos que se podrían generar si los cambios de las variables climáticas se producen en un espacio de tiempo muy corto.

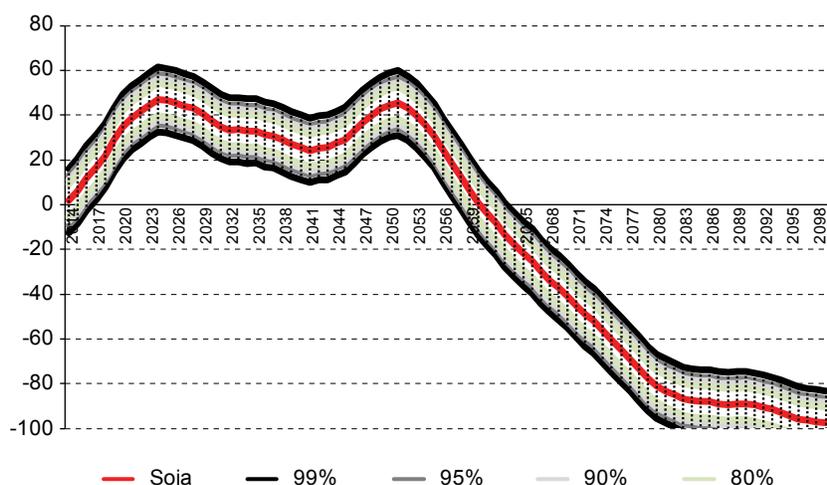
Por ejemplo, el efecto en los cultivos de un aumento constante de la precipitación durante la primavera es distinto al que se observaría con un aumento significativo de la lluvia durante tres días de septiembre, seguido de una disminución durante el resto de la primavera. Teniendo esto en cuenta, los rendimientos presentados corresponden a escenarios suavizados de los rendimientos que se prevén con respecto a los distintos cultivos debido al cambio climático.

Los modelos empleados para estimar los rendimientos futuros de los cultivos presentan distintos grados de certeza, que se pueden reflejar en los resultados. Las principales causas de incertidumbre se asocian con los modelos climáticos utilizados, su resolución espacial y la elección del horizonte temporal de análisis. También se utilizan supuestos para la construcción de los modelos sectoriales y la estimación de parámetros. Existen limitaciones y asimetrías de información y, en general, se presupone

¹¹ Los rendimientos promedio nacionales presentados corresponden a los promedios ponderados en función de las superficies de cada departamento en que se produce el cultivo.

que la estructura vinculada con el consumo y la producción no presenta cambios significativos. Por ejemplo, en promedio para todo el horizonte de análisis, se obtendría una reducción del rendimiento de la soja del 14% con un intervalo de confianza entre un -27,3% y un 0,3%, aunque su evolución anual muestra fluctuaciones mayores, con efectos positivos a corto plazo y efectos negativos conforme avanza el tiempo, como puede apreciarse en el gráfico IV.2. Este análisis es válido para el resto de los cultivos, sin tener en cuenta la tasa de descuento (véase el anexo I)¹².

GRÁFICO IV.2
VARIACIÓN DEL RENDIMIENTO MEDIO DE LA SOJA, PROYECCIÓN A2,
INTERVALOS DE CONFIANZA (NIVEL DE CONFIANZA AL 99%)
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia.

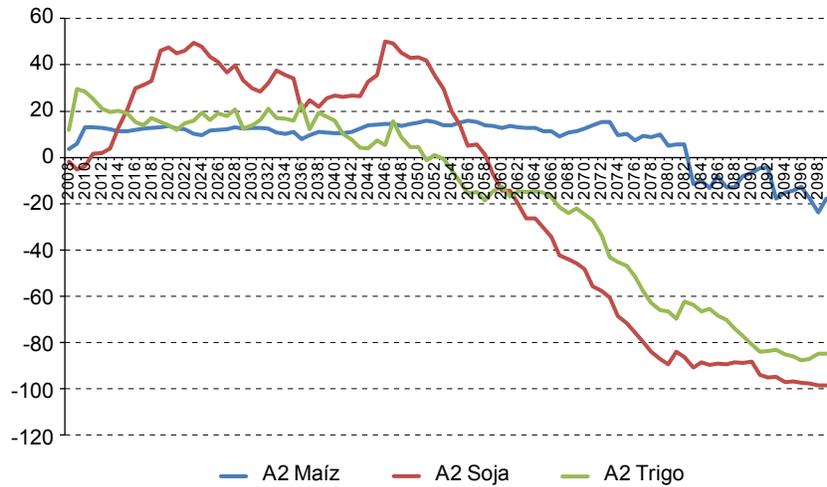
En los gráficos IV.3 y IV.4 se muestra la variación media del rendimiento generado por el cambio climático (escenarios A2 y B2) con respecto al escenario de base, en el caso de la agricultura empresarial, donde los rubros de la soja y el trigo son los que más afectados se verían en ambos escenarios. En el escenario A2 tanto la soja como el trigo aumentarían su rendimiento en las primeras décadas y luego presentarían caídas importantes a mediados de siglo, mientras que en el escenario B2 esta caída se observaría una década después.

El comportamiento de la soja puede explicarse principalmente por el clima durante la primavera y el verano, las estaciones que afectan el ciclo fenológico de ese cultivo. Hasta 2050 se observa una diferencia entre el escenario A2 y B2, lo que se debería a que en este último la primavera tiende a ser más cálida y seca, lo que afecta el rendimiento.

Debido a una mayor tolerancia del maíz a las variaciones climáticas, que serían más favorables a los requerimientos de su ciclo fenológico, este cultivo se mantendría con rendimientos superiores a la línea de base durante casi todo el período, en ambos escenarios.

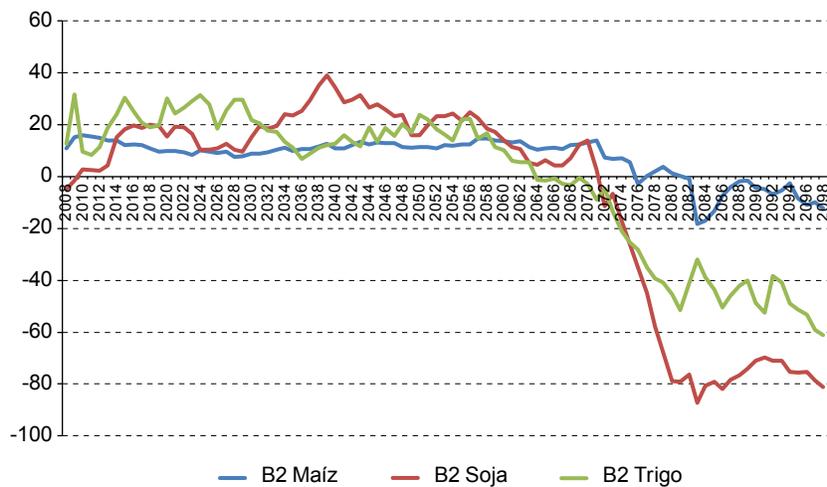
¹² En el anexo I se muestran los cambios esperados en los rendimientos de los cultivos de agricultura empresarial (maíz, soja y trigo). En este caso se presentan los cambios estimados y sus correspondientes intervalos de confianza para el período 2010-2100.

GRÁFICO IV.3
VARIACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA AGRICULTURA EMPRESARIAL,
PROYECCIONES DEL ESCENARIO A2, CON RESPECTO A LA LÍNEA DE BASE
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia.

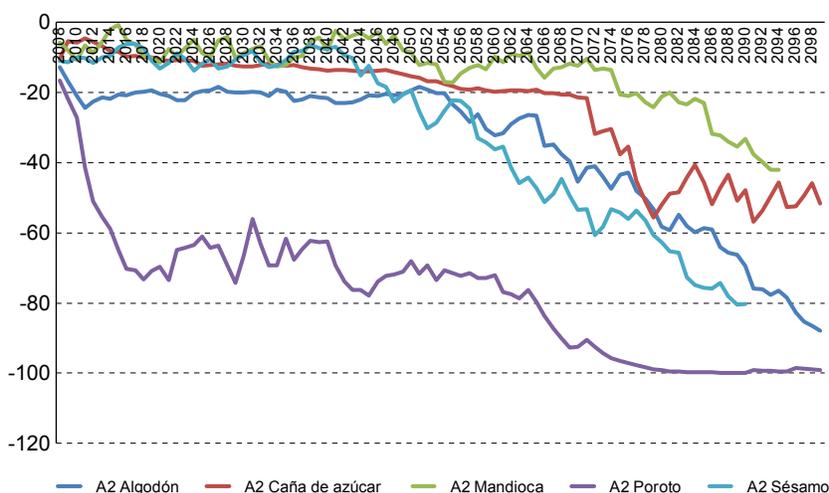
GRÁFICO IV.4
VARIACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA AGRICULTURA EMPRESARIAL,
PROYECCIONES DEL ESCENARIO B2, CON RESPECTO A LA LÍNEA DE BASE
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia.

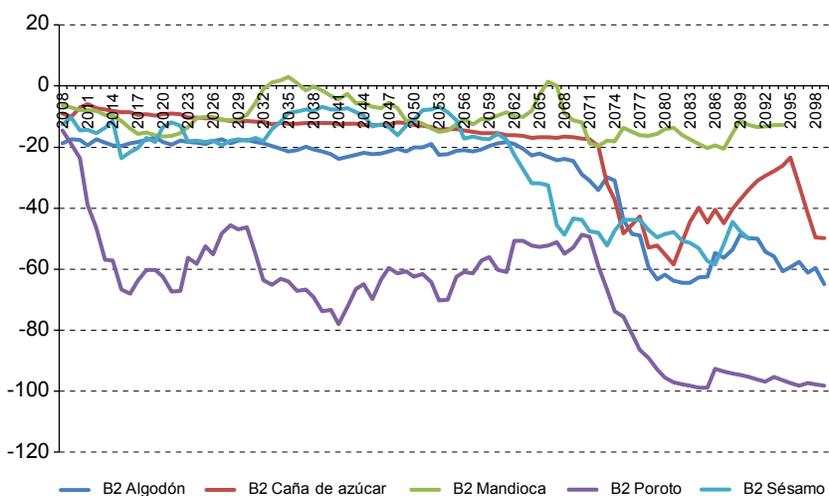
En la proyección de la agricultura familiar (véanse los gráficos IV.5 y IV.6), el rendimiento del poroto muestra una tendencia decreciente en ambos escenarios. A su vez, el algodón, el sésamo y la caña de azúcar presentarían una tendencia similar en los dos escenarios. Mantendrían un rendimiento levemente inferior a la línea de base hasta la década de 1970 y luego presentarían una disminución hasta finales del siglo. Al igual que en la agricultura empresarial, en todos los casos, el rendimiento observado es reflejo de las condiciones climáticas reinantes durante el ciclo fenológico del rubro en cuestión.

GRÁFICO IV.5
VARIACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA AGRICULTURA FAMILIAR,
PROYECCIONES DEL ESCENARIO A2, CON RESPECTO A LA LÍNEA DE BASE
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO IV.6
VARIACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA AGRICULTURA FAMILIAR,
PROYECCIONES DEL ESCENARIO B2, CON RESPECTO A LA LÍNEA DE BASE
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia.

Para calcular el impacto económico del cambio climático en el sector agrícola, se tomó la variación del rendimiento previsto con relación al de la línea de base y se multiplicó por la superficie cultivada, con lo que se obtuvo la producción por tipo de agricultura y cultivo. Esta producción se multiplicó por un precio de referencia del cultivo, proporcionado por el Banco Central del Paraguay en relación con el año 2008 (véase el cuadro IV.2), con lo que se obtuvieron las pérdidas o ganancias económicas vinculadas a las variaciones de temperatura y precipitación en el sector agrícola.

Los impactos económicos correspondientes a los distintos períodos de corte se presentan en el cuadro IV.3, donde se puede observar que, dado el rendimiento de los distintos tipos de cultivos, la agricultura empresarial obtendría un beneficio en ambos escenarios durante el período 2010-2069. Lo anterior se debe al comportamiento de la soja, principal fuente de ingresos en el sector agrícola. En el caso de la agricultura familiar, se observan pérdidas en todos los cultivos, períodos y escenarios.

CUADRO IV.2
PRECIOS DE ALGUNOS RUBROS AGRÍCOLAS, 2008
(En dólares por tonelada)

Rubro	Precio
Soja	453,6
Maíz	208,0
Trigo	283,0
Sésamo	1 622,8
Poroto	597,5
Caña de azúcar	15,1
Mandioca	189,3
Algodón	1 407,9

Fuente: Precios de referencia sobre la base de datos del Banco Central del Paraguay, (2008), “Estadística económica. Análisis coyuntural” [en línea] <https://www.bcp.gov.py/analisis-coyuntural-i360>.

CUADRO IV.3
IMPACTO ECONÓMICO EN EL SECTOR AGRÍCOLA,
SEGÚN LOS ESCENARIOS A2 Y B2, POR PERÍODOS^a
(En millones de dólares)

Tipo de agricultura o producto	2010-2039		2040-2069		2070-2100	
	A2	B2	A2	B2	A2	B2
Maíz	43,1	40,3	20,3	18,7	0,7	0,0
Soja	28 419,2	16 240,9	9 109,0	19 921,6	-93 221,1	-66 186,0
Trigo	863,1	988,3	-430,2	751,6	-5 559,4	-3 289,8
Total empresarial	29 325,5	17 269,4	8 699,1	20 691,8	-98 779,8	-69 475,9
Algodón	-1 169,6	-1 072,9	-2 239,3	-1 855,7	-7 088,3	-6 014,3
Caña de azúcar	-51,1	-48,8	-116,5	-97,3	-387,1	-335,1
Mandioca	-877,2	-975,8	-442,5	-428,6	-142,5	-110,2
Poroto	-604,8	-555,5	-1 065,2	-855,7	-1 762,5	-1 598,3
Sésamo	-279,2	-422,0	-1 067,5	-697,9	-2 001,0	-1 512,5
Total familiar	-2 981,9	-3 075,0	-4 931,1	-3 935,2	-11 381,3	-9 570,5
Total agrícola	26 343,6	14 194,4	3 768,0	16 756,6	-110 161,1	-79 046,4

Fuente: Elaboración propia.

^a Las cifras que tienen signo negativo representan costos adicionales.

B. Sector de la salud

Las enfermedades transmitidas por vectores susceptibles a la variabilidad climática son prevalentes en el país. Se han realizado algunos estudios nacionales en los que se evalúa esa vulnerabilidad respecto de algunas afecciones y hay evidencias de epidemias recientes (Rojas, 2001 y 2006). En particular, la incidencia de dengue ha aumentado en los últimos 35 años en todo el mundo, y el Paraguay no ha sido la excepción. Hoy en día el dengue es la infección viral más importante entre las transmitidas por artrópodos y constituye uno de los mayores retos para la salud pública en el presente milenio (Roses y Guzmán, 2007).

Por otro lado, a nivel nacional las enfermedades diarreicas presentan dos vértices bien definidos. Uno de ellos coincide con la estación veraniega (etiología bacteriana) y el otro ocurre durante el invierno (etiología viral). A esa situación se suman los factores epidemiológicos que tienen relación con las condiciones sanitarias existentes, tales como las insuficiencias en cuanto a la disponibilidad de agua potable, la recolección y tratamiento inadecuado de los desechos, la escasa observancia de las normas de higiene y la atención inadecuada a la salud de la población (SEAM/PNCC, 2009).

En consecuencia, se determinó el nexo existente entre las variables climáticas y el número de casos registrados para malaria, dengue, infecciones respiratorias agudas (IRA) y enfermedades diarreicas agudas (EDA)^{13 14 15}.

A efectos de la proyección a largo plazo del impacto que tendrán sobre estas enfermedades las variaciones de temperatura y precipitación, se realizó un estudio analítico de series temporales. Se utilizaron los registros mensuales de casos registrados en los diferentes departamentos del país durante el período 1999-2008. La línea de base utilizada para las variables climáticas corresponde a la que se presentó en la sección I.A.

Se analizaron los datos históricos que se obtuvieron de los registros del Servicio Nacional de Erradicación del Paludismo y Vigilancia de Enfermedades Transmitidas por Vectores (SENEPA, 1999, 2003, 2005, 2006, 2007 y 2008) y del Sistema de Vigilancia Epidemiológica Nacional del Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social (Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social del Paraguay, 2006). En el caso de las EDA e IRA, se utilizaron datos del Departamento de Estadísticas Vitales de dicho ministerio.

Para seleccionar las bases de datos se utilizaron distintos criterios según el tipo de enfermedad. En el caso del dengue se analizaron los centros urbanos con mayor número de casos reportados y confirmados en los últimos años, en el de la malaria se incluyeron los departamentos donde existe transmisión endémica, mientras que en el de las IRA y las EDA se han tomado aquellos departamentos o jurisdicciones cuyas bases de datos estuvieran más completas. En el cuadro IV.4 se muestran los casos registrados en la línea de base.

¹³ Por ejemplo, Páez, Almirón y Figueroa (1999) indican que, entre los factores que han favorecido el repunte del número de enfermos de malaria en el país, están las variaciones climáticas. En el caso de la malaria, se reconoce la presencia de un patrón estacional correlacionado con la época de las lluvias y la temperatura.

¹⁴ Desde 2006 el dengue en el Paraguay presenta un comportamiento endémico, es decir, se notifican casos durante todos los meses del año, con picos y descensos importantes, siendo el serotipo circulante el DEN-3.

¹⁵ Las IRA y las EDA representan para el país la principal causa de mortalidad en menores de cinco años. La edad, la estación del año y los hábitos de vida son los factores que condicionan la aparición de una infección respiratoria, los picos coinciden con los meses de menor temperatura y mayor humedad relativa registrados en cada año.

CUADRO IV.4
NÚMERO DE CASOS POR ENFERMEDAD EN EL PERÍODO BASE, 1999-2008

Enfermedad	Total
Dengue	1 141
EDA	9 223
IRA	61 814
Malaria	247

Fuente: Elaboración propia.

A fin de evaluar la conexión entre el clima y el número de casos, se utilizó una regresión de Poisson, en que las variables dependientes son el número de casos de las enfermedades estudiadas y las independientes son las variaciones temporales y meteorológicas (temperatura y precipitación)¹⁶. Se introdujo el número de casos y sus sucesivos retardos (un mes y dos meses antes del fenómeno analizado) de manera individual en cada uno de los modelos basales y respecto de las distintas enfermedades. Se incluyó además un término lineal referente a la tendencia en la aparición de casos durante el período estudiado y variables binarias en relación con la estacionalidad, reservando el invierno como estación base. Del mismo modo, se utilizaron variables binarias para discernir el efecto de los departamentos estudiados sobre el número de casos. Se controlaron las variables de precipitación y temperatura media, introduciendo sus valores mensuales de manera lineal, la interacción entre ambas, la interacción entre sus retardos y la interacción de las cuatro variables.

En el cuadro IV.5 se presentan los resultados del modelo Poisson en relación con las distintas enfermedades, comparados con los casos registrados en la línea de base a nivel nacional.

CUADRO IV.5
VARIACIÓN DE CASOS ESTIMADOS RESPECTO A LA LÍNEA DE BASE
(En número de casos)

Enfermedad	2010-2039		2040-2069		2070-2100	
	A2	B2	A2	B2	A2	B2
Dengue	29 133	21 660	126 046	36 311	499 445	306 045
EDA	26 204	28 639	46 761	36 221	115 682	75 764
IRA	111 258	112 943	47 387	75 814	55 593	91 999
Malaria	875	-58	1 842	467	3 632	1 530
Total general	167 470	163 301	222 036	148 812	674 351	475 338

Fuente: Elaboración propia.

En el escenario A2 se observaría un importante incremento del dengue, malaria y EDA, principalmente a partir de 2030. Con relación a las IRA, en ambos escenarios se observaría una disminución de casos desde el segundo período de corte. Por otro lado, en el escenario B2 el dengue mostraría un incremento importante, al igual que las EDA, aunque estas últimas en menor proporción.

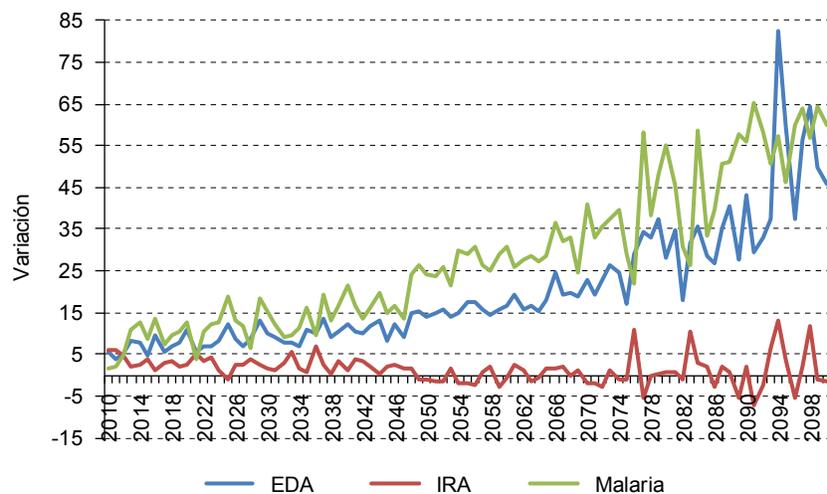
¹⁶ El modelo de regresión Poisson pertenece a la familia de los modelos lineales generalizados. La variable de respuesta es el número de casos (Nro), que se considera dependiente de un conjunto de variables, como el número de casos del mes anterior (Nro-1) y de dos meses antes (Nro-2), tendencia (T), estacionalidad (S) (primavera, verano, otoño), meteorología (M: Tmed, Tmed-1, Prec, Prec-1, Tmed-1 x Prec-1 y Tmed x Prec, Tmed-1 x Prec-1), y de la influencia del departamento estudiado.

Esto se debe a que las condiciones de temperatura y precipitación contribuyen a la aparición de enfermedades transmitidas por vectores, cuya reproducción se ve favorecida por la situación climática imperante. Así, el número de casos de dengue y malaria presentarían aumentos con relación a la línea de base, ya que ambas enfermedades son producidas por vectores, aunque de distintas especies¹⁷. Según estudios de la Universidad de la Florida, los mosquitos encuentran condiciones favorables para su multiplicación cuando los niveles de temperatura y humedad son elevados¹⁸. Lo anterior explica el aumento del número de casos en el escenario A2 a partir de 2060, momento en que comenzaría un incremento notorio de la temperatura.

Se presentaría una situación similar con las EDA, que aumentarían su prevalencia por las condiciones de altas temperaturas. En contraste, las bajas temperaturas favorecen la aparición de IRA, lo que explica un menor número de casos de infecciones respiratorias agudas.

Las variaciones de números de casos en términos porcentuales con relación a los registrados en la línea de base pueden observarse en los gráficos IV.7, IV.8 y IV.9. El gráfico del dengue se presenta separado de las demás enfermedades, debido a las grandes variaciones en el aumento de números de casos con relación a la línea de base.

GRÁFICO IV.7
PROYECCIONES DEL NÚMERO DE CASOS DE EDA, IRA Y MALARIA, ESCENARIO A2
(En porcentajes)

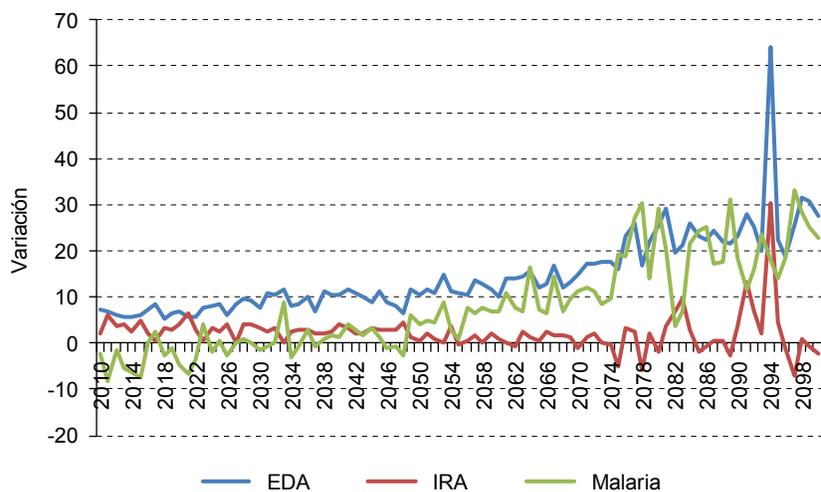


Fuente: Elaboración propia.

¹⁷ Se realizó un análisis regional sobre los departamentos de Alto Paraná, Capital, Central y Amambay, donde se observó significancia estadística con relación a la temperatura media y la precipitación. Sobre el comportamiento del dengue en el departamento de Amambay, se detectó incluso una asociación significativa con las temperaturas medias, máximas y mínimas.

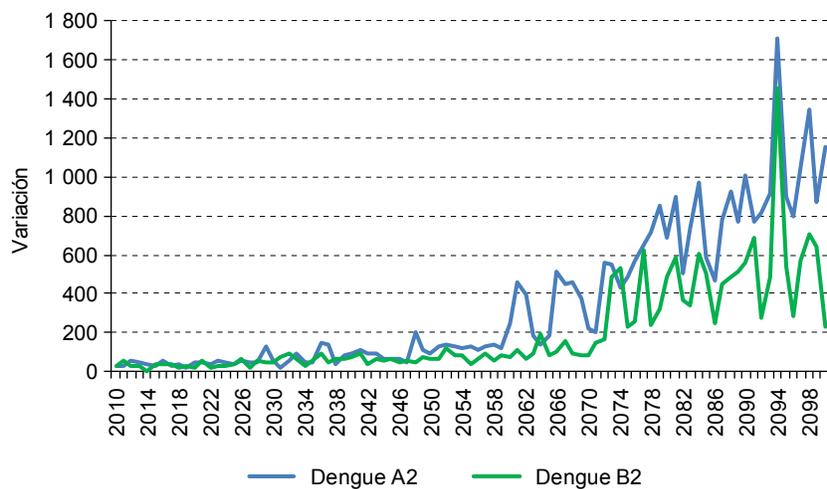
¹⁸ Para obtener más información, véase la página [en línea] <http://mosquito.ifas.ufl.edu>.

GRÁFICO IV.8
PROYECCIONES DEL NÚMERO DE CASOS DE EDA, IRA Y MALARIA, ESCENARIO B2
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO IV.9
PROYECCIONES DEL NÚMERO DE CASOS DE DENGUE, ESCENARIOS A2 Y B2
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia.

En el escenario A2, si se comparan las tres enfermedades indicadas en el gráfico IV.7, la malaria es la que presenta el mayor aumento relativo, seguida de cerca por las EDA. La tendencia de la malaria aumenta significativamente a partir de 2050, con un crecimiento del número de casos superior al 15%, llegando a variaciones del 65% en 2100. Por su parte, el número de casos de IRA presenta un comportamiento más estable e incluso habría pequeños descensos con relación a la línea de base.

A diferencia de lo observado en el escenario A2, en el escenario B2 las EDA son las que presentarían el mayor aumento entre las tres enfermedades (véase el gráfico IV.8). En ese escenario, las IRA muestran un aumento superior al 10% al final del siglo.

En cuanto al dengue, se esperaría un aumento superior al 400% hacia finales de siglo en ambos escenarios. En el escenario A2, este incremento incluso llegaría a estar en torno al 1.000%.

En los cuadros IV.6 y IV.7 se resumen los posibles impactos estimados respecto de los cuatro tipos de enfermedades según ambos escenarios en los tres períodos considerados en la evaluación.

La valoración económica de los casos registrados de enfermedades se llevó a cabo a partir de diversas publicaciones, tomando como referencia las variaciones de los costos en los países vecinos relativos a diagnóstico, atención, e internación en servicios de salud, así como los costos de transporte y costos indirectos (Añe y otros, 2006; Espinosa, 1994; Francke, 2000; Ortiz y otros, 2006; Suaya y otros, 2009, Báez Dentice y Heitmann, 2008; Delpiano y otros, 2006a y b, Schmunis y otros, 2008; Tortella y otros, 2008).

Además, en el caso de las EDA y las IRA se tuvieron en cuenta los costos existentes de hospitalización y tratamientos, tomados de publicaciones del Ministerio de Salud. Con respecto a la malaria se utilizaron los datos facilitados por el Servicio Nacional de Erradicación del Paludismo y Vigilancia de Enfermedades Transmitidas por Vectores (SENEPA). En el caso del dengue, se consideraron los costos de la epidemia de 2007 a nivel del país (Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social del Paraguay, 2007), con inclusión de todos los componentes de abordaje. En el cuadro IV.8 se presentan los costos unitarios en dólares de 2008 de la atención y el tratamiento de las enfermedades objeto de estudio.

CUADRO IV.6 **POSIBLES IMPACTOS EN EL SECTOR DE LA SALUD RESPECTO DEL ESCENARIO A2,** **POR PERÍODOS**

Enfermedad	2010-2039	2040-2069	2070-2100
Dengue	Se observaría un mayor número de casos adicionales. En Amambay se concentraría el mayor número de casos.	Se registraría un aumento de hasta cinco veces en el número de casos adicionales. La región más afectada seguiría siendo Amambay.	Aumentaría en hasta 15 veces el número de casos en este período. La región más afectada seguiría siendo Amambay.
EDA	Moderado aumento del número de casos. Particularmente en Asunción y Alto Paraná.	Aumento del número de casos adicionales en hasta un 20% con relación al período base. Las regiones más afectadas seguirían siendo Asunción y Alto Paraná.	Aumento del número de casos adicionales en hasta un 40% con relación al período base. Las regiones más afectadas seguirían siendo Asunción y Alto Paraná.
IRA	Bajo aumento de casos con respecto al período base, de un 6% aproximadamente.	El número de casos adicionales disminuiría con respecto al período anterior, dadas las mayores temperaturas proyectadas. El número de casos sería casi el mismo que el del escenario de base.	El número de casos adicionales disminuiría con respecto al período anterior, dadas las mayores temperaturas proyectadas. El número de casos sería casi el mismo que el del escenario de base.
Malaria	Moderado aumento del número de casos. Particularmente en Alto Paraná, Caaguazú y Canindeyú.	Aumento del número de casos adicionales en hasta un 25% con relación al período base. Las regiones más afectadas seguirían siendo las mismas.	Aumento del número de casos adicionales en hasta un 50% con relación al período base. Las regiones más afectadas seguirían siendo Alto Paraná, Caaguazú y Canindeyú.

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO IV.7
POSIBLES IMPACTOS EN EL SECTOR DE LA SALUD
RESPECTO DEL ESCENARIO B2, POR PERÍODOS

Enfermedad	2010-2039	2040-2069	2070-2100
Dengue	Se mantendría el patrón del escenario A2.	Se mantendría el patrón del escenario A2 y se registraría un aumento de hasta dos veces en el número de casos adicionales.	Aumentaría en hasta nueve veces el número de casos en este período. La región más afectada seguiría siendo Amambay.
EDA	El patrón de comportamiento sería similar al escenario A2.	Aumento del número de casos adicionales en hasta un 10% con relación al período base.	El patrón de comportamiento sería similar al escenario A2, pero con menor número de casos adicionales.
IRA	Bajo aumento de casos con respecto al período base, de un 6% aproximadamente.	El número de casos adicionales disminuiría con respecto al período anterior, dadas las mayores temperaturas proyectadas. El número de casos sería ligeramente superior (4%) al del escenario de base.	El número de casos adicionales disminuiría con respecto al período anterior dadas las mayores temperaturas proyectadas. El número de casos sería ligeramente superior (5%) al del escenario de base.
Malaria	Leve disminución de casos con respecto al período base. Particularmente en Caaguazú.	Aumento del número de casos adicionales en hasta un 6% con relación al período base. Las regiones afectadas serían Alto Paraná y Canindeyú. Caaguazú presentaría una disminución en los casos.	Aumento del número de casos adicionales en hasta un 20% con relación al período base. Las regiones afectadas serían Alto Paraná y Canindeyú. Caaguazú presentaría una disminución en los casos.

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO IV.8
COSTOS UNITARIOS DE LA ATENCIÓN Y TRATAMIENTO DE ENFERMEDADES, 2008
(En dólares)

Enfermedad	Precio
Dengue	12,11
EDA ^b	128,27
IRA ^c	72,37
Malaria ^a	722,30

Fuente: Elaboración propia a partir de diversas fuentes y costos de registros del Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social del Paraguay (2007) y el Servicio Nacional de Erradicación del Paludismo y Vigilancia de Enfermedades Transmitidas por Vectores (SENEPA).

^a Rojas de Arias (2007).

^b Delpiano y otros (2006b).

^c Delpiano y otros (2006a).

El costo total del impacto en la salud se calculó multiplicando los costos unitarios por el número de casos adicionales de cada enfermedad durante los años proyectados y en cada escenario previsto. Como se observa en el cuadro IV.9, las diferencias de costos entre los dos escenarios van aumentando con los años. Las condiciones climáticas del escenario A2 representarían un valor de un 8% más que los costos del escenario B2 en el período 2010-2039. Esa diferencia se acrecentaría hacia fines del siglo, siendo hasta casi un 30% mayor durante el período 2070-2100.

CUADRO IV.9
IMPACTO ECONÓMICO TOTAL SOBRE EL SECTOR DE LA SALUD, POR PERÍODOS^a
(En millones de dólares)

Enfermedad	2010-2039		2040-2069		2070-2100	
	A2	B2	A2	B2	A2	B2
Dengue	-0,35	-0,25	-1,53	-0,44	-6,05	-3,71
EDA	-3,33	-3,15	-6,00	-4,65	-14,84	-9,72
IRA	-7,48	-7,52	-3,43	-5,49	-4,02	-6,66
Malaria	-0,60	0,03	-1,33	-0,34	-2,62	-1,11
Total en el sector de la salud	-11,77	-10,90	-12,28	-10,91	-27,53	-21,19

Fuente: Elaboración propia.

^a Las cifras que tienen signo negativo representan costos adicionales.

C. Fenómenos meteorológicos extremos

El IPCC define un fenómeno meteorológico extremo como un “fenómeno raro dentro de su distribución estadística de referencia en un lugar determinado. Las definiciones sobre lo que se considera ‘raro’ pueden variar, pero un fenómeno meteorológico extremo puede ser normalmente tan raro o más raro que el percentil 10° o 90°” (IPCC, 2007). Es decir, corresponde a valores máximos o mínimos dentro de un conjunto de datos que se encuentran asociados a las variables climatológicas observadas durante un período determinado.

Existe una amplia bibliografía donde se pueden encontrar diferentes definiciones y distinciones de los tipos de fenómenos extremos, como sequía, inundación, olas de calor o frío, según el ámbito de estudio o su finalidad. En el presente estudio, los fenómenos considerados son las inundaciones y sequías, por ser los que más han afectado históricamente al país.

La identificación de estos fenómenos meteorológicos consistió en determinar los umbrales más altos y más bajos de la precipitación y la temperatura mediante la utilización de percentiles. Este criterio se utiliza ampliamente para determinar los intervalos de clase en las series de variables y los umbrales de valores extremos de variables climáticas.

Normalmente, en relación con los extremos más bajos, los percentiles considerados están por debajo del percentil P10, y en los extremos más altos, por encima del percentil P90. En el presente estudio se utilizó una subdivisión para clasificar los valores extremos, aplicando los percentiles P01 y P05 como umbrales de los valores extremos más bajos, y P95 y P99 como umbrales de los valores extremos más altos, clasificados según su intensidad, como se indica en el cuadro IV.10.

Para comprobar la metodología se escogieron tres series de datos de estaciones meteorológicas ubicadas en la región oriental (Asunción, Pilar y Encarnación) y se calculó el promedio correspondiente a la época de altas precipitaciones (de octubre a marzo). Posteriormente, se establecieron los percentiles del período base (1961-1990).

CUADRO IV.10
CLASIFICACIÓN DE LOS FENÓMENOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS
Y SU INTENSIDAD POR MEDIO DE LOS PERCENTILES

Clasificación según la precipitación	Clasificación según la temperatura	Percentiles
Extremadamente seco	Extremadamente bajo	<1
Muy seco	Muy bajo	1 a 5
Seco	Bajo	5 a 10
Aproximadamente normal	Normal	10 a 90
Húmedo	Alto	90 a 95
Muy húmedo	Muy alto	95 a 99
Extremadamente húmedo	Extremadamente alto	>99

Fuente: Elaboración propia.

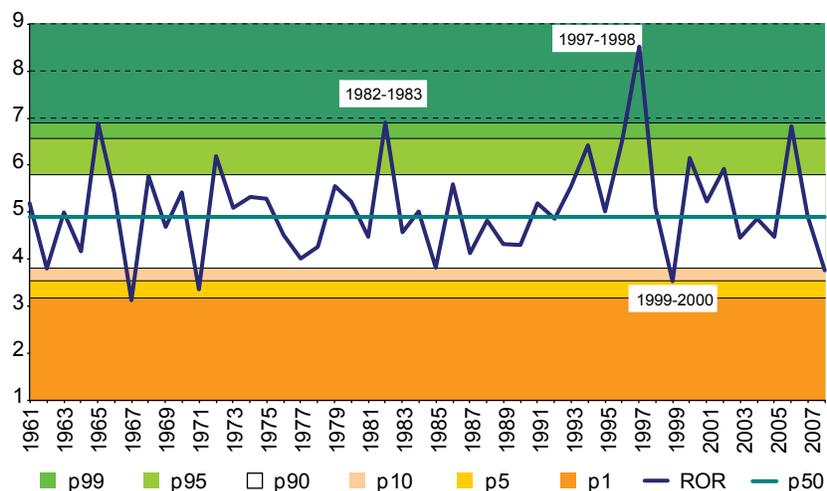
Una vez caracterizados los límites de cada clasificación, se procedió a hacer la selección de casos correspondientes al período 1961-2008, cuyo resultado se expone en el gráfico IV.10. Por ejemplo, se muestra la precipitación en la época alta de octubre a marzo, donde se destacan los fenómenos meteorológicos extremos de El Niño durante las temporadas correspondientes de 1982-1983 y 1997-1998. Este último fue un fenómeno extremo histórico, pues sobrepasó ampliamente el percentil P99. También se aprecia un fenómeno meteorológico extremo cuyo valor se encuentra por debajo del percentil P05, correspondiente al fenómeno de La Niña, que afecta al Paraguay con déficits de precipitación y sequías importantes.

Para la identificación de los posibles fenómenos extremos de precipitación en los escenarios climáticos A2 y B2, se tomaron las series de datos desde 2010 hasta 2100 correspondientes a las regiones occidental y oriental. Se calcularon los promedios de las épocas de precipitación alta (de octubre a marzo) y baja (de abril a septiembre). Posteriormente, se aplicó a esa serie de datos el criterio para la determinación de umbrales de valores extremos, que consiste en clasificar cada año dentro del percentil obtenido según el período base (1961-1990). De esa manera se especifica si el valor de cada año estuvo por debajo o por encima de los valores umbrales y, en consecuencia, si se puede clasificar como un fenómeno extremo.

Del mismo modo, se definieron los fenómenos extremos asociados a la temperatura máxima media, que es la que experimenta una tendencia más marcada en ambas regiones. Es decir, se calculó el promedio correspondiente a las temporadas de invierno y verano, y luego se aplicó a estas series el criterio para la determinación de valores extremos. Con esos resultados se obtuvieron los años cuyos promedios estaban por debajo, o por encima, de los umbrales de la temperatura máxima media, que se consideraron como valores extremos.

En el cuadro IV.11 se resumen los números de fenómenos meteorológicos extremos estimados según el área geográfica y la época del año en los escenarios A2 y B2. En todo el período de estudio se estimó un total de 95 fenómenos en relación con el escenario A2 y 104 fenómenos respecto del escenario B2. Es importante resaltar que, del total de fenómenos meteorológicos, solo el 26% correspondería a sequías y el 74% restante, a inundaciones.

GRÁFICO IV.10
PRECIPITACIÓN MEDIA EN LA ÉPOCA ALTA (DE OCTUBRE A MARZO)
Y SUS PERCENTILES EN EL PERÍODO BASE^a
(En milímetros por día)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Dirección de Meteorología e Hidrología del Paraguay.

^a La zona en blanco representa los años en que la precipitación estuvo comprendida entre los percentiles P10 y P90 (aproximadamente normal).

Desde el punto de vista de la espacialidad y la temporalidad, las sequías se darían con mayor frecuencia en la región occidental, en particular en los meses de octubre a marzo, cuando suelen registrarse lluvias en el país. Paradójicamente, en la región occidental también serían más frecuentes las inundaciones, pero entre los meses de abril a septiembre. En cuanto a la distribución temporal se observa que más del 50% de las inundaciones a nivel nacional se presentarían en el período 2070-2100.

CUADRO IV.11
NÚMERO DE FENÓMENOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS ESTIMADOS
SEGÚN LOS ESCENARIOS A2 Y B2, POR PERÍODOS

Época de lluvias	Región	2010-2039		2040-2069		2070-2100	
		A2	B2	A2	B2	A2	B2
Lluvias bajas (de abril a septiembre)	Occidental	0	0	0	0	5	3
	Oriental	0	0	0	0	3	0
Lluvias (de octubre a marzo)	Occidental	2	7	3	10	1	2
	Oriental	1	7	0	4	0	3
Total de sequías		3	14	3	14	9	8
Lluvias bajas (de abril a septiembre)	Occidental	17	20	12	16	4	11
	Oriental	2	0	1	0	4	0
Lluvias (de octubre a marzo)	Occidental	1	0	0	0	21	9
	Oriental	0	0	0	0	18	12
Total de inundaciones		20	20	13	16	47	32
Total de fenómenos extremos		23	34	16	30	56	40

Fuente: Elaboración propia con datos provistos por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales del Brasil (*Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE*).

Para realizar la valoración económica de los fenómenos meteorológicos extremos proyectados, el impacto de las inundaciones en la población se determinó mediante los daños a la infraestructura y, para medir el impacto de las sequías, se consideraron las pérdidas económicas de pasturas y bosques. Al calcular estos costos se tomaron en cuenta estadísticas oficiales de casos acontecidos en los años en que se registró el fenómeno de El Niño (1982-1983 y 1997-1998) y de La Niña (2007).

Se tomó como referencia el registro histórico del costo de un fenómeno similar en el pasado, expresado en porcentaje del PIB. Para la estimación del costo de fenómenos meteorológicos futuros, se utilizó el supuesto de que la misma proporción de población y riqueza se vería afectada por fenómenos similares. Así, por ejemplo, una inundación en la zona central que aconteció en 1992 y que tuvo un costo del 0,1% del PIB, sirve de referencia para otro fenómeno climático similar que pueda ocurrir en 2080. De ese modo, también el fenómeno de 2080 tendría un costo relativo al PIB del 0,1%. Conviene señalar que, a pesar de la igualdad de los porcentajes respecto del PIB, el monto es muy diferente, pues dependerá del PIB de cada año.

Debido a la escasa información para realizar una evaluación estadística del impacto de los fenómenos extremos, se empleó el supuesto de que la proporción de la población afectada en el pasado por la ocurrencia de inundaciones y sequías se mantendrá en el futuro, en condiciones similares. Por tanto, el número de personas afectadas dependerá de la población que haya en ese período.

Como se muestra en el cuadro IV.12, durante el período de corte 2070-2100, el impacto económico de los fenómenos meteorológicos extremos aumenta de manera considerable en ambos escenarios. Sobresale el crecimiento de los costos del escenario A2, sobre todo en relación con las inundaciones, debido a las condiciones climáticas que se proyectan durante ese período.

CUADRO IV.12
IMPACTO TOTAL DE LOS FENÓMENOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS,
POR PERÍODOS^a
(En millones de dólares)

Fenómenos extremos	2010-2039		2040-2069		2070-2100	
	A2	B2	A2	B2	A2	B2
Sequías	-120,0	-567,4	-490,4	-1 713,5	-4 537,5	-3 403,2
Inundaciones	-2 711,5	-2 958,6	-2 286,8	-3 589,4	-37 420,0	-19 467,4
Total de fenómenos meteorológicos extremos	-2 831,5	-3 526,1	-2 777,2	-5 302,9	-41 957,5	-22 870,6

Fuente: Elaboración propia.

^a Las cifras que tienen signo negativo representan costos adicionales.

D. Recursos hídricos

Los recursos hídricos del Paraguay son un tema estratégico, dada su condición de país inserto totalmente en medio de la gran cuenca del Plata, de la que el territorio paraguayo representa el 13%¹⁹. Gracias al gran caudal del río Paraná, se han podido construir numerosas hidroeléctricas, entre ellas las dos centrales binacionales, Yacyretá e Itaipú, que han permitido al Paraguay ser uno de los mayores productores y exportadores de energía hidroeléctrica en el mundo. Además, entre sus importantes reservas de agua dulce se destaca el Acuífero Guaraní.

¹⁹ El Paraguay pertenece en su totalidad a la gran cuenca del río de la Plata, compartida con la Argentina, el Brasil, Bolivia (Estado Plurinacional de) y el Uruguay. Es la sexta cuenca hidrográfica mayor del mundo y la segunda de América del Sur, después de la amazónica, y tiene una superficie aproximada de 3.100.000 km².

El país está dividido en dos cuencas hídricas dentro de la gran cuenca del Plata: la del río Paraná y la del río Paraguay. Este último es el principal afluente del Paraná y va de norte a sur, dividiendo el territorio paraguayo en dos regiones bien diferenciadas: la oriental, que equivale a casi el 40% del territorio nacional, y la occidental o Chaco, que representa el 60%. En la región del Chaco confluyen diversos ríos, entre los que el Pilcomayo es el mayor. Teniendo en cuenta lo anterior y con el fin de caracterizar el país, en el presente estudio se proponen cuatro regiones hidrográficas que se presentan en el mapa IV.1.

A fin de estimar el impacto potencial del cambio climático sobre las cuencas identificadas, se estableció una conexión entre las variables climáticas (temperatura y precipitación) y las que permiten caracterizar el nivel de vulnerabilidad del recurso hídrico, que en este caso, corresponden a la disponibilidad y el consumo, tal como se presenta en el diagrama IV.1.

Con las variables de disponibilidad y cantidad, dadas por la precipitación y la temperatura, se realizó el balance hídrico correspondiente a cada período de interés (distribución temporal-mensual), y a cada subcuenca o unidad hidrogeográfica (distribución espacial). Por otro lado, se evaluó la variable del consumo que depende de la población y de la distribución geográfica. Finalmente, con los resultados de las variables de disponibilidad y consumo, se obtuvo un índice de vulnerabilidad hídrica²⁰.

MAPA IV.1
REGIONES HIDROGRÁFICAS DEL PARAGUAY



Fuente: Elaboración propia.

²⁰ En un esquema completo para la determinación de las variables que intervienen en la vulnerabilidad del recurso hídrico se debe considerar la calidad como variable para determinar la disponibilidad y factores como cobertura, precio y cultura en la definición del consumo. Sin embargo, muchas de esas relaciones no se conocen y no hay forma de ponderarlas en una evaluación global por lo que, a efectos del presente estudio, las relaciones se resumen al esquema presentado, donde la disponibilidad depende solamente del balance hídrico y del consumo de la población.

En la metodología para calcular el índice de vulnerabilidad de cada una de las cuatro cuencas hidrográficas seleccionadas (Alto Chaco, Paraná, Paraguay y Pilcomayo), se consideró una ecuación ad hoc que toma en cuenta la relación entre el valor definido como estrés hídrico moderado y la disponibilidad per cápita del recurso.

$$I_v = (EHM/D) * 100$$

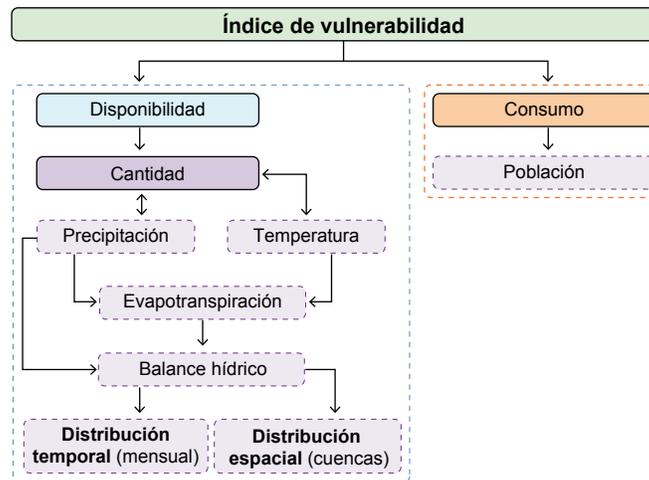
Donde: I_v : Valor del índice correspondiente al año de estudio

EHM: Estrés hídrico moderado (en metros cúbicos por habitante por año)

D: Disponibilidad per cápita

Se consideró que, dada la gran disponibilidad hídrica del Paraguay y la baja densidad poblacional, se podría utilizar el valor de estrés hídrico moderado, que se aplica cuando la disponibilidad hídrica nacional es de 1.700 m³ por habitante por año (Arnell, 2004). En consecuencia, el índice de vulnerabilidad corresponde al establecido en el cuadro IV.13.

DIAGRAMA IV.1 ESQUEMA SIMPLIFICADO PARA EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD HÍDRICA



Fuente: Elaboración propia.

Esto significa que, cuando se dispone más de cinco veces el valor recomendado de 1.700 m³ por habitante por año, no se considera que haya vulnerabilidad. Cuando la disponibilidad es de cuatro a cinco veces ese valor, la vulnerabilidad es baja. Cuando disminuye de dos a cuatro veces dicho valor, es moderada y, cuando se tiene menos del doble, es alta.

Esta metodología se aplicó a cada escenario, respecto de la línea de base y las cuatro regiones hidrográficas. Se obtuvieron los resultados del índice de vulnerabilidad que se presentan en el cuadro IV.14.

CUADRO IV.13
CRITERIOS DE ÍNDICE DE VULNERABILIDAD

Índice (Iv)	Vulnerabilidad
Iv < 20%	No vulnerable
20% < Iv < 25%	Vulnerabilidad baja
25% < Iv < 50%	Vulnerabilidad moderada
Iv > 50%	Vulnerabilidad alta

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO IV.14
ÍNDICE DE VULNERABILIDAD DEL PARAGUAY EN FUNCIÓN DEL ESTRÉS HÍDRICO
(En porcentajes del valor recomendado en metros cúbicos por habitante por año)

Año	Línea de base	Escenario A2	Escenario B2
2020	8	7	7
2030	9	11	9
2050	12	18	15
2070	13	19	18
2100	15	19	29

Fuente: Elaboración propia.

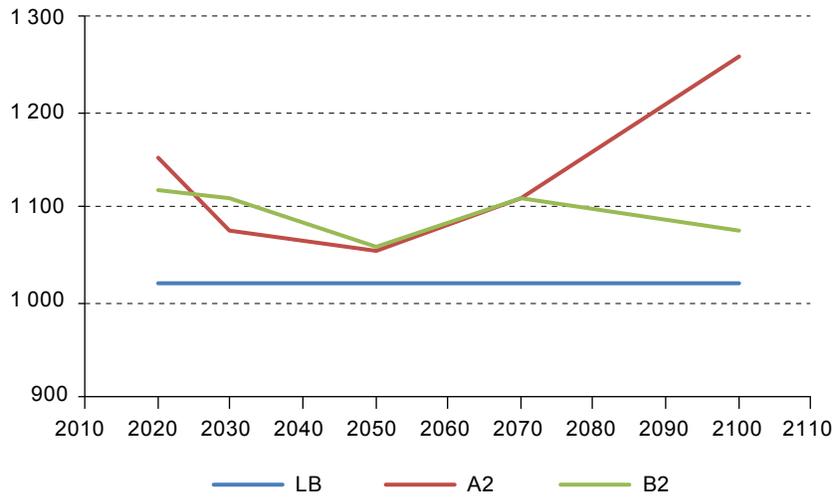
Al analizar los resultados se observa que, en relación con la línea de base y el escenario A2, no existiría vulnerabilidad respecto de la disponibilidad hídrica definida. Entretanto, con relación al escenario B2, en 2100 habría una vulnerabilidad baja, con una cantidad equivalente a 3,5 veces el valor de estrés hídrico moderado. Esto se debería a la alta disponibilidad hídrica y la baja densidad poblacional media nacional.

Sin embargo, si se analizan los resultados a nivel local y estacional, se observaría que en algunas regiones existirían problemas de escasez del recurso hídrico, como sucede con la región hidrográfica del Chaco Norte, principalmente en la época de sequía correspondiente a los meses de julio y agosto.

La variación de la evapotranspiración en la línea de base y los dos escenarios climáticos que se presentan en el gráfico IV.11 muestran que habría una mayor evapotranspiración en ambos escenarios. Al comparar estos resultados con las proyecciones de temperatura y precipitación analizadas en la sección II.B, se observa que esa variación dependería más de la precipitación que de la temperatura. No obstante, el incremento de la temperatura haría aumentar la evapotranspiración en el escenario A2, mientras que en el escenario B2 disminuiría debido a las bajas precipitaciones a partir de la mitad del siglo.

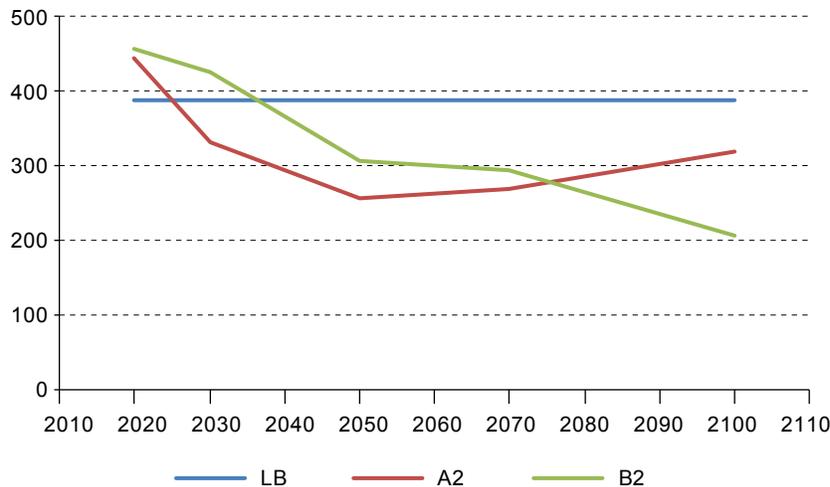
Por otra parte, en el gráfico IV.11 se muestra que habría una menor escorrentía superficial a mediano plazo, es decir, a partir de la década de 2020 en el escenario A2 y de 2030 en el escenario B2.

GRÁFICO IV.11
VARIACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN
(En milímetros)



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO IV.12
VARIACIÓN DE LA ESCORRENTÍA
(En milímetros)



Fuente: Elaboración propia, con datos del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales del Brasil (*Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE*).

Con los datos disponibles no ha sido posible realizar la valoración económica de los recursos hídricos en el contexto del presente estudio. Se trata de un proceso complejo debido a las propiedades distintivas del agua, en comparación con el resto de los bienes económicos y recursos naturales²¹.

²¹ En una valoración adecuada del impacto sobre los recursos hídricos se debe considerar el valor de uso y el valor de no uso. En los valores de uso (directo e indirecto) se consideran las externalidades. El valor de no uso incluye los aspectos ambientales y puede ser un valor de existencia, de legado o de opción.

Pese a la dificultad para realizar esa valoración económica, se determinaron algunos impactos cualitativos que, si bien no son causa directa y exclusiva del cambio climático, contribuyen al problema, sobre todo en épocas de largas sequías y tormentas. En los cuadros IV.15 y IV.16 se resumen los impactos cualitativos en el sector, vinculados con las distintas variables climáticas en ambos escenarios.

CUADRO IV.15
POSIBLES IMPACTOS CUALITATIVOS SOBRE LOS RECURSOS HÍDRICOS,
ESCENARIO A2

VARIABLES	2010-2039	2040-2069	2070-2099
Temperatura (T)	Incremento de 1,5 °C al final del período.	Incremento de casi 3 °C al final del período.	Incremento de casi 4 °C al final del período.
Precipitación (PP)	La precipitación inicial sería superior a la línea de base.	A partir de 2050, comenzaría un ascenso gradual de la precipitación.	En este último período seguiría aumentando la precipitación.
Evapotranspiración (ETR)	Como la precipitación disminuiría hacia el final del período, la ETR seguiría la misma tendencia.	Al aumentar la precipitación, aumentaría la ETR a partir de 2050.	Con el aumento de la temperatura y la precipitación, la ETR llegaría a su máximo para 2100.
Escorrentía (RO)	Al inicio, la escorrentía rebasaría ligeramente la línea de base y disminuiría casi en un 25%.	Se mantendría por debajo de la línea de base.	Tendría un ligero aumento con respecto a los otros períodos, debido al aumento de la precipitación, pero siempre por debajo de la línea de base.
Índice de vulnerabilidad en función del estrés hídrico (Iv)	La vulnerabilidad sería proporcional al aumento poblacional, por lo que aumentaría durante este período.	La vulnerabilidad aumentaría durante el período 2040-2050 y luego se mantendría.	Se mantendría constante, ya que la escorrentía y la población aumentarían en tasas similares.

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO IV.16
POSIBLES IMPACTOS CUALITATIVOS SOBRE LOS RECURSOS HÍDRICOS,
ESCENARIO B2

VARIABLES	2010-2039	2040-2069	2070-2099
Temperatura (T)	Incremento de casi 1 °C al final del período.	Incremento de casi 1,5 °C al final del período.	Incremento de casi 3 °C al final del período.
Precipitación (PP)	La precipitación inicial sería superior a la línea de base.	Habría un ligero ascenso desde 2050 hasta 2070.	En este período habría una mayor variabilidad hasta 2100.
Evapotranspiración (ETR)	Como la precipitación disminuiría hacia el final del período, la ETR seguiría la misma tendencia.	Entre 2050 y 2070, la ETR en los dos escenarios sería prácticamente la misma.	A partir de 2070 la ETR comenzaría un descenso, a la par que la precipitación.
Escorrentía (RO)	Al inicio, la escorrentía sería ligeramente superior a la línea de base, pero al final disminuiría, por lo que se mantendría casi igual.	Disminuiría gradualmente y, por lo tanto, se mantendría por debajo de la línea de base.	La escorrentía sería menor, ya que la precipitación también disminuiría.
Índice de vulnerabilidad en función del estrés hídrico (Iv)	La vulnerabilidad sería similar a la línea de base.	La vulnerabilidad sería menor que en el escenario A2, pero mayor que la línea de base.	A partir de 2070 y hacia 2100, la vulnerabilidad aumentaría y comenzaría a ser moderada para 2100.

Fuente: Elaboración propia.

E. Sector pecuario

La producción ganadera ha crecido tanto en calidad como en cantidad, lo que se ha reflejado en un aumento de la exportación de carne vacuna. La producción de carne y leche es muy sensible a las variaciones del clima porque, debido al sistema extensivo mayoritariamente utilizado, las pasturas son la principal fuente de alimento del ganado.

Para la estimación del impacto del cambio climático en el sector pecuario se aplicó una metodología basada en datos del Centro Regional Chaco-Formosa del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de la Argentina. Dada la similitud en las prácticas y las condiciones naturales, solamente se llevó a cabo el análisis de la región occidental que es, a su vez, la región del país de mayor producción ganadera.

Con la información disponible se llevó a cabo una evaluación cualitativa del impacto del cambio climático en la producción de carne y leche según el escenario A2 hasta 2040. Esta estimación se realizó de forma separada en relación con cada actividad debido a sus diferencias. En la producción de leche se emplea principalmente el ganado europeo de clima templado, mientras que en la producción de carne se utilizan animales con características genéticas adaptadas al trópico, lo que incluye el ganado de origen indio y africano.

Además, las tecnologías de producción de carne y leche son distintas. En el caso de la carne, la forma de producción predominante sigue siendo la extensiva, en campos naturales, que depende en gran medida de la producción local de forrajes y pastos. En cambio, el ganado lechero se mantiene en confinamiento, con alimentación basada en nutrientes balanceados y forraje guardados en silos, método que en un momento determinado puede tener un efecto amortiguador respecto a la disponibilidad local de pasturas y forrajes.

1. Producción de carne

La producción ganadera depende de las fuentes de provisión de forrajes. Una buena base forrajera garantiza el éxito del sistema de producción. Cuando la base de la alimentación son los pastizales naturales, como sucede prevalentemente en el país, el efecto de las precipitaciones (cantidad y época del año) adquiere una importancia relevante para el desarrollo de los pastos y, por ende, para el buen desempeño de los animales.

La disponibilidad de lluvia en la época de primavera es fundamental. Si a un invierno seco le siguiera una primavera también seca, habría serias disminuciones en la producción de carne y el número de crías. Debe tenerse en cuenta que tradicionalmente se planifica el alumbramiento de las vacas hacia fines de invierno, de modo que el posparto coincida con el rebrote primaveral de las pasturas, lo que ocurre si llueve en los meses de agosto y septiembre.

Como resultado, a pesar de que la oferta forrajera media anual de la región puede superar los requerimientos, al considerar el balance estacional puede haber escasez en ciertas épocas (Balbuena, 2003). Si la escasez ocurre en primavera, disminuiría a corto plazo la producción de carne y se tendría a largo plazo una baja en el ganado para reposición.

La curva de producción de forrajes es prácticamente la misma que acompaña a las lluvias y las temperaturas. Este comportamiento pone de relieve su estacionalidad y se da en todo el país.

Por otra parte, Bavera (2000) estudió los factores que determinan la productividad del ganado de carne en la Argentina y llegó a la conclusión de que durante la primavera es relativamente fácil lograr ganancias de 800 a 900 gramos por día cuando la oferta y la calidad del forraje se aproximan al nivel óptimo. Sin embargo, esa ganancia no se obtendría si no hay lluvia suficiente. Por lo tanto, la incidencia directa de las precipitaciones sobre el pasto, principalmente las de primavera, es determinante en el desempeño productivo de los animales.

En cuanto a la temperatura, debido al tipo de ganado que se cría, su influencia sobre la producción de carne es indirecta (vía la producción de pastos) y su efecto puede atenuarse si caen lluvias adecuadas. Por ejemplo, la producción de forraje se vería afectada si se presenta un invierno seco acompañado de heladas, seguido de una primavera con poca lluvia. En contraste, si a un invierno seco y con heladas le sigue una primavera con una adecuada precipitación, se recuperará el pasto y, por consiguiente, habrá forraje suficiente para las nuevas crías y ganancia de peso.

Sobre esa base se construyó un modelo dinámico que conecta las variables de producción y precipitación y se estableció el rango de producción de carne, que quedó definido según se presenta en el cuadro IV.17. Para ello se consideró que, si el ganado se vio afectado negativamente en determinado año, seguido de otro año con escasa lluvia, el efecto podría ser aun peor. Si a un mal año le sigue una primavera con adecuada precipitación, el efecto negativo se aminoraría. De todos modos, la ganancia sería mayor si en el primer año se hubieran presentado las condiciones climáticas óptimas.

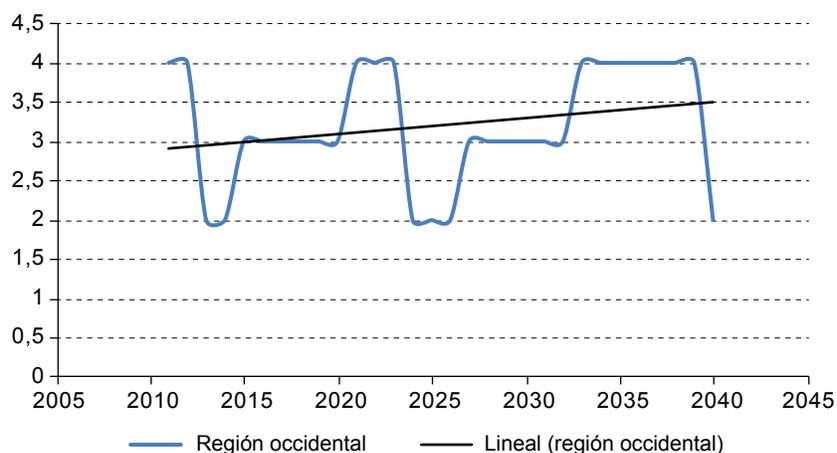
CUADRO IV.17
RANGO DE PRODUCCIÓN DE CARNE
(En kilogramos por hectárea por año)

Rango	Variación	Impacto en la producción
Valores mayores a	70	Alto
Valores entre	70-30	Medio
Valores menores a	30	Bajo

Fuente: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)/Centro Regional Chaco-Formosa de la Argentina.

Los resultados de este modelo, que se aprecian en el gráfico IV.13, muestran la tendencia de la producción de carne para la región occidental, según el escenario climático A2. La tendencia en término medio es al aumento del rendimiento, aunque se registran caídas y subidas en años puntuales debido a fenómenos meteorológicos extremos estimados.

GRÁFICO IV.13
ÍNDICE DE VARIACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CARNE EN LA REGIÓN OCCIDENTAL, ESCENARIO A2



Fuente: Elaboración propia, con datos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)/Centro Regional Chaco-Formosa de la Argentina.

2. Producción de leche

Una de las condiciones ambientales que más influye en la variación de la producción lechera es la temperatura (Gates, 1970). Esta variable, junto con la humedad, determina lo que se conoce como “temperatura efectiva”, que es importante porque, cuando se sobrepasa la zona de termoneutralidad o comodidad 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 suelen utilizar el índice de temperatura y humedad (ITH). En el presente estudio, la humedad se mantuvo constante porque no constituye un problema mayor en la región. El ITH permite evaluar el grado de incomodidad de los animales. Los valores del índice fueron estimados mediante la siguiente ecuación, obtenida de Valtorta y Gallardo (1996):

$$ITH = (1,8 Ta + 32) - (0,55 - 0,55 HR/100) (1,8 Ta - 26)$$

Donde: Ta = temperatura del aire en °C

HR = valor de la humedad relativa

Mediante esta fórmula, se determinó el valor de corte a partir del cual el animal sufre estrés y se estimó el porcentaje de tiempo durante la estación de verano, en la que se supera el punto de corte (31,65°C).

Para llevar a cabo la estimación del porcentaje de tiempo de estrés, el modelo de predicción meteorológica utilizado provee las temperaturas media, máxima y mínima estimadas respecto de cada estación. Con esa información, fue posible calcular el porcentaje de tiempo de estrés del animal por zonas, suponiendo que la temperatura tiene una distribución que depende de una medida de centralización y otra de dispersión. En el presente estudio se utilizó la distribución normal. De ese modo se definen las probabilidades de tiempo en estrés de los animales que se presentan en el cuadro IV.18.

Finalmente, se estableció la relación entre los grados de estrés y la producción de leche, como se indica en el cuadro IV.19.

CUADRO IV.18
PROBABILIDAD DE TIEMPO DE ESTRÉS EN EL GANADO

Grado de estrés	Probabilidad de tiempo de estrés
Bajo	menor al 8%
Medio	entre el 8 y el 17%
Grave	mayor al 17%

Fuente: Elaboración con datos del Centro Regional Chaco-Formosa del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de la Argentina.

CUADRO IV.19
RELACIÓN ENTRE LOS GRADOS DE ESTRÉS Y LA PRODUCCIÓN DE LECHE
(En litros por vaca por día)

Grado de estrés	Producción
Bajo	Superior a 18
Medio	Entre 10 y 18
Grave	Inferior a 10

Fuente: Elaboración con datos del Centro Regional Chaco-Formosa del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de la Argentina.

3. Impactos estimados en la producción de carne y leche

En el cuadro IV.20 se aprecian los impactos en la producción de carne y de leche según las reducciones de rendimiento y grados de estrés, respectivamente²².

CUADRO IV.20
ESTIMACIÓN DE LOS IMPACTOS CUALITATIVOS EN LA PRODUCCIÓN DE CARNE Y LECHE

Año	Impacto en la producción de carne	Impacto en la producción de leche
2011	Alto	Bajo
2012	Alto	Medio
2013	Bajo	Medio
2014	Bajo	Bajo
2015	Medio	Medio
2016	Medio	Medio
2017	Medio	Bajo
2018	Medio	Bajo
2019	Medio	Bajo
2020	Medio	Bajo
2021	Alto	Bajo
2022	Alto	Bajo
2023	Alto	Medio
2024	Bajo	Medio
2025	Bajo	Medio
2026	Bajo	Medio
2027	Medio	Medio
2028	Medio	Bajo
2029	Medio	Medio
2030	Medio	Medio
2031	Medio	Bajo
2032	Medio	Bajo
2033	Alto	Medio
2034	Alto	Medio
2035	Alto	Bajo
2036	Alto	Medio
2037	Alto	Medio
2038	Alto	Bajo
2039	Alto	Medio
2040	Bajo	Medio

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Paraguay.

²² Los niveles de impacto en la producción de carne se clasifican según los rangos indicados en el cuadro IV.17 y los rangos correspondientes a la producción de leche son los definidos en el cuadro IV.19.

Se puede observar que, en general, el impacto de la variabilidad climática sería mayor en la producción de carne que en la de leche. Este comportamiento se explica porque las prácticas pecuarias en el Chaco se llevan a cabo en forma extensiva, es decir, sobre grandes extensiones con pasturas naturales o complementadas con pasturas como el sorgo. En ambos casos la alimentación depende mucho de las condiciones del clima.

Sin embargo, en el caso de la producción de leche, por tratarse de una actividad más intensiva sobre la que hay mayor control, se sabe que el factor que más la afecta es el estrés calórico. En consecuencia, los productores buscan proporcionar las condiciones óptimas y asegurar la alimentación, por lo que las condiciones climáticas tienen un menor impacto.

F. Biodiversidad

El Paraguay posee 101 ecosistemas (Rodas y otros, 2006) distribuidos en 19.467 ocurrencias individuales por todo el territorio. Esos ecosistemas se agrupan en seis ecorregiones: Chaco Seco, Pantanal, Chaco Húmedo, Cerrado, Bosque Atlántico del Alto Paraná y Pastizales del Sur. Las ecorregiones son grandes unidades ecológicas definidas por los factores ambientales, plantas y animales que las componen, por ejemplo: tundra, taigá, estepa, desierto, bosque tropical y otros.

Se estima que la superficie cubierta de masa boscosa es de aproximadamente 19 millones de hectáreas de bosques nativos. De ese total, 15,5 millones de hectáreas se encuentran en la región occidental y 3,5 millones de hectáreas en la región oriental (FAO, 2004).

El número de especies de plantas en el Paraguay se ha estimado entre 5.000 y 13.000 según diversos autores. Por ejemplo, en el portal electrónico del proyecto “Flora del Paraguay” se menciona la existencia de 5.000, en tanto Mereles (2007) refiere la existencia de 7.000 especies y la Secretaría del Ambiente (SEAM/FMAM/PNUD, 2007) considera que existen 13.000²³.

La información oficial más reciente que se tiene en cuanto a recursos biológicos del Paraguay se dio a conocer en el Informe Nacional a la Convención de Diversidad Biológica (SEAM/PNUD, 2006) y se resume en el cuadro IV.21. De conformidad con ese informe, en el Paraguay hay un total de 6.214 especies conocidas. De esa cifra, 551 son invertebradas, 1.423 vertebradas y 4.240 vegetales.

Aún se están descubriendo especies en el Paraguay. Posiblemente en los próximos años se den a conocer nuevos géneros (como está ocurriendo con las aves) y nuevas especies (como ha ocurrido con reptiles), especialmente en el grupo de peces e invertebrados. Las especies están distribuidas por todo el país, con zonas más ricas que otras en cuanto a número y densidad. Sin embargo, gran parte de esta información no se conoce o solo se basa en estimaciones. Los distintos grados en que se evalúa la amenaza a que están expuestas las especies se determinan según estándares internacionales, pero en muchos casos, debido a los cambios del uso de la tierra, las especies o sus poblaciones podrían verse mucho más amenazadas de lo que se cree.

Hasta el momento el Paraguay no registra ninguna especie de mamífero extinta. Sin embargo, en el caso de las aves, se sabe que algunas de sus especies se encuentran extintas a nivel regional.

Algunos estudios, como el de Facetti (2002), muestran casos con una tendencia acelerada hacia la irreversibilidad en la degradación e irrecuperabilidad de algunas regiones debido a circunstancias ambientales, económicas y de sobrepoblación. Por ejemplo, la zona de Cateura presenta sobreexplotación pesquera y la cuenca del Pilcomayo adolece de una gestión deficiente. También se presentan tendencias poco sostenibles en otros casos, como en la cuenca del lago Ypacaraí, la laguna Cateura en la región metropolitana y el Alto Pantanal.

²³ Disponible [en línea] http://www.ville-ge.ch/cjb/fdp/project/project_frame.html.

A partir del análisis de la información existente, tanto a nivel nacional como internacional, y en consulta con especialistas, fue posible determinar que los impactos potenciales del cambio climático sobre la biodiversidad están relacionados con la vulnerabilidad de las distintas especies y la afectación de los bosques y el paisaje.

En lo que respecta al paisaje, los cambios de las variables climáticas parecen tender hacia una sabanización de las zonas boscosas, de modo que las zonas secas se vuelven aun más secas y cálidas, además de la reducción de las precipitaciones en zonas clave, como las áreas silvestres protegidas o las reservas naturales. Lo más llamativo sería el avance de los bosques de quebracho o maderas duras sobre las zonas de palmeras o áreas más abiertas. Los impactos sobre la fauna y la flora, en general, son muy complejos y difíciles de predecir, pues podrían beneficiar a algunas especies y promover la extinción de otras cuyo rango de distribución sea muy reducido.

CUADRO IV.21
RECURSOS BIOLÓGICOS CONOCIDOS DEL PARAGUAY

Taxones	Número de especies
Microorganismos	54
Arácnidos	44
Bivalvos	19
Crustáceos	1
Diplópodos	1
Gastrópodos	50
Insectos	382
Mamíferos	194
Aves	716
Reptiles	171
Anfibios	81
Peces	261
Pteridofitos	172
Monocotiledóneas	556
Dicotiledóneas	3 511
Pinopsida	1

Fuente: Elaboración propia, a partir de la SEAM/PNUD (2006).

Se puede proyectar que los matorrales del área de menor precipitación se verán definitivamente afectados. Si bien dichos matorrales son ya bastante ralos a nivel de superficie del suelo, la cobertura vegetal irá quedando reemplazada por especies que soporten una menor precipitación. Es decir, la matriz de vegetación rala se transformaría en una matriz desértica con vegetación rala.

El bosque, y particularmente la zona boscosa de transición entre el Chaco Central y el río Paraguay, probablemente presenten en el futuro un mosaico de vegetación entre bosque y matorral, donde las especies que necesiten suelos profundos y bastante drenados tiendan a desaparecer y quedar reemplazadas por otras de menor exigencia hídrica. Se prevé también un posible aumento de la salinización de la superficie de los suelos, como resultado de la presencia de altos niveles de salinidad en el manto freático de algunas zonas del centro-oeste del Chaco, lo que traería como consecuencia la sustitución de las especies del tercer estrato boscoso por otras de mayor tolerancia a la presencia de sal.

La extensión de las áreas boscosas se vería afectada debido a que el aumento previsto de la temperatura podría provocar un aumento de la frecuencia de incendios, principalmente en los bordes de los bosques por la quema de pastizales. Por otro lado, las condiciones de sequía previstas propiciarían la expansión de los fuegos, con la consiguiente disminución del tamaño de los bosques. La masa forestal reducida ya no serviría de refugio a la fauna, que no podría sostenerse debido a la falta de recursos que sustentan los procesos ecosistémicos.

El Paraguay ha designado seis humedales de importancia internacional con arreglo a la Convención de Ramsar, que suman en total una superficie de 785.970 hectáreas. Las áreas de humedales como los pantanales y las áreas de influencia del río Paraguay son ecosistemas muy frágiles y dependientes del agua. La vegetación acuática en particular tiene alta dependencia de los factores físicos (sedimentación, luminosidad) y químicos (especialmente el pH). El incremento de la temperatura, la reducción de la humedad y la disminución de las precipitaciones afectarían la eliminación y flujo de las aguas, impactando así los humedales, sobre todo por la sedimentación y la escasez de agua.

En general, las especies exóticas e invasoras se han convertido en un centro de atención en los últimos años. Los impactos esperados del cambio climático afectarían a las diversas especies nativas debido a la modificación de sus hábitats, lo que da cabida a la aparición de especies exóticas que sean más tolerantes a esos cambios.

Además, se podrían observar los siguientes impactos sobre la biodiversidad y, en particular, sobre la fauna:

1. Vulnerabilidad de la mastozoofauna

Es muy difícil estimar el porcentaje de incidencia y el modo en que la mastozoofauna analizada se ve afectada (Cartes, 2007). Según las proyecciones de temperatura y precipitación de los modelos climáticos presentados, las especies que más se beneficiarían serían las que están vinculadas con las sabanas y la desertificación. Por otra parte, se estima que las especies asociadas con el agua y los bosques decaerían en un porcentaje aún imposible de determinar. Esta declinación poblacional estaría ocasionada por los fenómenos derivados de los fenómenos extremos.

2. Vulnerabilidad de la ictiofauna

La temperatura es uno de los factores ambientales que influyen sobre el sistema reproductivo de los peces; pequeños cambios pueden alterar ese proceso. Al considerar las proyecciones del aumento de temperatura en el escenario A2 hasta 2050, no se ven cambios muy acentuados, si se toma como parámetro el rango de temperatura que pueden soportar los peces, ya que estos tienden a adaptarse. Esa situación variará según el ciclo biológico de cada especie.

Uno de los problemas que pueden incidir en el ecosistema acuático y los peces es que la cantidad de alimento sea insuficiente al elevarse las temperaturas, lo que frenaría el crecimiento y la tasa de reproducción de muchas especies. Además, con el aumento de la temperatura del agua, los organismos podrían sufrir de hipoxia y algunas especies podrían desaparecer, dado que el oxígeno se disuelve menos en aguas cálidas.

En el escenario B2 se observaría una adaptación en el hábitat de los peces, en función del aumento de la temperatura externa. Los impactos en este componente son difíciles de pronosticar, pero existe el consenso de que habría un impacto negativo si no se modifican las prácticas de pesca actuales en el país.

Todos estos problemas provocarían a largo plazo una disminución de las poblaciones de peces, o bien el surgimiento de nuevas poblaciones. Por lo tanto, se puede estimar que, según lo previsto, los valores económicos de cada ecorregión pueden llegar a disminuir en algunos casos o aumentar en otros.

3. Vulnerabilidad de la avifauna

Las variaciones de la temperatura y la precipitación también podrían perturbar la avifauna, pues estos factores afectan los recursos que favorecen la supervivencia de las aves: el alimento, el refugio y la reproducción. Las especies más impactadas serían las migratorias, que se guían por los cambios de estación para emprender la migración.

Por su parte, también podrían verse afectadas las aves que dependan de la floración y fructificación en las épocas marcadas para la obtención de alimentos, como sucede con los picaflores, tucanes y pavas de monte, si se tiene en cuenta que la temperatura y la precipitación determinan el tiempo de floración y producción del néctar.

Un cambio brusco de las condiciones climáticas (por ejemplo, el aumento de los episodios secos) entrañaría períodos más largos de ausencia de follaje, lo que a su vez implicaría mayor peligro para las especies buscadas por los cazadores, como las perdices de monte, las pavas de monte, los loros y las aves rapaces. Además, la propia brusquedad del cambio haría que las especies no tuvieran tiempo de adaptarse a las nuevas condiciones climáticas, lo que acarrearía una disminución repentina de sus poblaciones y su probable extinción a nivel regional.

Las estimaciones de pérdidas en las especies de aves sugieren una disminución importante de su población en el escenario A2 con respecto a la línea de base. Por su parte, en el escenario B2 se esperaría un menor impacto. Si bien la tendencia de cambio de las condiciones climáticas es similar en ambos casos, en el escenario B2 se daría de manera más discreta debido a que, entre otras cosas, proporcionaría a las aves mayor tiempo para adaptarse a las nuevas condiciones y buscar alternativas en lo que se refiere a sus áreas de refugio y a su alimentación.

4. Vulnerabilidad de los anfibios

Debido al incremento de la temperatura, la humedad relativa disminuirá, por lo que los recursos hídricos necesarios para la reproducción de los anfibios (pozas semipermanentes, tajamares, estanques, entre otros) se evaporarán a una tasa más acelerada que lo usual (Cacciali Villalba y Yanosky, 2007). En la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) correspondiente a 2006, había ya diez especies dentro de las categorías que afrontan distintos tipos de amenazas.

Ante un cambio climático, como la disminución del régimen pluviométrico, las especies paraguayas de anfibios más vulnerables serían *Limnopmedusa macroglossa*, *Proceratophrys avelinoi* y *Crossodactylus schmidtii*. En esos casos, el problema sería que se trata de especies muy raras, asociadas a ambientes que están sufriendo alteraciones. Si a esto se suman los problemas de sequía, podría entrañar su extinción, al menos a nivel nacional.

Asimismo, algunas especies que son casi completamente acuáticas, como las que antiguamente se agrupaban en la familia *Pseudidae*: *Pseudis limellum*, *Pseudis occidentalis* y *Pseudis platensis*, pueden verse muy afectadas si disminuyen las lluvias que alimentan los estanques y pozas naturales y artificiales donde pasan el 98% de sus vidas. Algunas especies, como *Argenteohyla siemersi*, *Dendropsophus elianae*, *Dendropsophus jimi*, *Dendropsophus melanargyreus* y *Scinax similis* tienen una distribución marginal en el Paraguay. Para adaptarse, tendrían que ser capaces de alcanzar ciclos reproductivos explosivos y desarrollos larvarios acelerados, como es el caso de los ceratófridos. Las que no se adaptan, se extinguirían. Las que lleguen a tener una retracción de su distribución a causa del cambio climático verán reducirse los límites de su rango corológico hasta quedar fuera del Paraguay, lo que implicaría su extinción local.

5. Vulnerabilidad en la fauna de reptiles

En cuanto a los reptiles, particularmente las tortugas no se verían muy afectadas por el cambio climático. Las tortugas de agua, al igual que los ceratófridos, pueden soportar períodos de sequía muy prolongados. El problema surgiría a muy largo plazo. En cambio, los caimanes no soportan mucho tiempo fuera del agua, por lo que podrían verse afectados, aunque por el momento sus poblaciones son muy grandes.

Por su parte, la especie *Dracaena paraguayensis* enfrentaría una situación muy difícil debido a su dieta específica (se alimenta de caracoles de agua). Si su alimento escasea debido a la falta de lluvia, puede verse en peligro su supervivencia.

Por otro lado, con un aumento gradual de la temperatura, algunos anfibios pueden experimentar adaptaciones a las exigencias del medio ambiente, con la consiguiente modificación de su ciclo biológico. Sin embargo, habrá una importante disminución de sus poblaciones.

No existen series de datos disponibles con las que se pueda aplicar una metodología para el cálculo económico de estos impactos. Por lo tanto, la valoración en este sector se limita a la descripción de las posibles tendencias del comportamiento de las variables sectoriales consideradas, sobre la base de consultas con expertos nacionales, que permiten obtener algunos indicios sobre la evaluación de la biodiversidad. En el cuadro IV.22 se resumen los impactos establecidos del cambio climático en el Paraguay.

CUADRO IV.22
POSIBLES EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

Sector afectado	Caracterización	Variable de cambio	Efecto esperado
Bosque subtropical	Aproximadamente 19 millones de hectáreas a nivel nacional.	Aumento de la temperatura.	Mayor probabilidad de incendios. Mayor riesgo de sabanización. Alteración de los hábitats.
Humedales	Seis sitios de humedales de importancia internacional, que suman 785.970 hectáreas.	Fenómenos meteorológicos extremos recrudescidos, como las sequías prolongadas.	Riesgo de degradación y desertificación, con la consiguiente afectación de la flora y la fauna.
Especies exóticas e invasoras	En 2002 se han detectado 410 especies de plantas invasoras.	Temperatura y precipitaciones alteradas.	Esas especies podrían verse beneficiadas, en detrimento de las especies nativas.
Mastozoofauna	Se han registrado oficialmente 194 especies de mamíferos en el Paraguay.	Alteración de los hábitats. Aumento de la temperatura. Fenómenos extremos.	La menor disponibilidad de agua tendría un efecto directo sobre las poblaciones relacionadas con el agua (de nutrias, carpinchos, tapires, chanchos, kyja, ciervos de los pantanos, entre otras). El probable beneficio se daría en especies asociadas a las sabanas y la desertificación.
Ictiofauna	Se conocen 261 especies de peces en el Paraguay.	Fenómenos meteorológicos extremos como sequías prolongadas. Aumento de la temperatura y cambios del régimen de lluvias.	El cambio climático es una amenaza para la pesca y la acuicultura, por los cambios en las temperaturas y precipitaciones que frenarían su crecimiento. El sistema reproductivo de algunas especies de peces podría verse alterado.
Avifauna	Se registró un total de 716 especies de aves.	Destrucción de los bosques.	Alteración de los hábitats. Las especies más impactadas de la avifauna serían las migratorias.

Cuadro IV.22 (conclusión)

Sector afectado	Caracterización	Variable de cambio	Efecto esperado
Anfibios	Se registran 81 especies en el Paraguay.	Debido al aumento de la temperatura, disminuirá la humedad relativa.	Los anfibios que presentan desarrollos larvarios muy prolongados se extinguirían localmente. Algunas especies se verían fuertemente afectadas ante la disminución del régimen pluviométrico. Los anfibios más amenazados y propensos a la extinción estarían amenazados por las alteraciones climáticas de su área de distribución natural.
Reptiles	Se conocen 171 especies de reptiles en el Paraguay.	Disminución del régimen pluviométrico que trae aparejada la alteración de la fuente alimentaria.	La especie <i>Dracaena paraguayensis</i> enfrentaría una situación muy difícil debido a su dieta específica (se alimenta de caracoles de agua). Si su alimento escasea debido a la falta de lluvia, puede verse en peligro su supervivencia.

Fuente: Elaboración propia.

G. Impacto agregado

El cambio climático generaría impactos en diversos sectores del desarrollo productivo y natural del Paraguay. En el presente estudio, no ha sido posible realizar una cuantificación económica de todos debido a la falta de información o a la complejidad de las metodologías requeridas para su valoración, por lo que algunos efectos solo se describen de manera cualitativa.

En el cuadro IV.23 se presenta un resumen de los impactos sectoriales del cambio climático, tanto en los sectores valorados económicamente (el sector agrícola, el de la salud y los fenómenos meteorológicos extremos), como en otros (recursos hídricos, sector pecuario y biodiversidad).

Para la integración económica de los resultados se sumaron los costos de los impactos provenientes de los sectores en que fue posible cuantificarlos. Todos los impactos fueron valorados y cuantificados en dólares de 2008, por lo que fue factible sumar los costos de los diferentes sectores por años y períodos. Además, respecto de cada año se calculó el valor del efecto del cambio climático en términos de porcentaje del PIB total del año de base. Para llegar a ese cálculo se proyectó el PIB total y sectorial anual, así como el efecto del cambio climático sobre esas variables.

CUADRO IV.23

RESUMEN DE LOS IMPACTOS SECTORIALES Y LOS SUPUESTOS CONSIDERADOS

A. Sectores analizados económicamente

Sector	Impactos esperados	Supuestos de la valoración económica
Agrícola	Cambios en los rendimientos de los cultivos asociados a la agricultura familiar y empresarial.	La variación del rendimiento en comparación con la línea de base se multiplicó por un precio de referencia del cultivo. Con ello se obtuvieron las pérdidas o ganancias del sector asociadas a las variaciones de temperatura y precipitación.
Salud	Modificación de los casos registrados de malaria, dengue, infecciones respiratorias agudas (IRA) y enfermedades diarreicas agudas (EDA).	A fin de evaluar la conexión entre clima y número de casos, se utilizó una regresión de Poisson que luego se aplicó a los escenarios climáticos futuros. Para la valoración económica, se utilizaron los costos de diagnóstico, atención, e internación en los servicios de salud, así como los costos de transporte y los costos indirectos de referencia.
Fenómenos meteorológicos extremos	Aumento del número de fenómenos meteorológicos extremos registrados (sequías e inundaciones).	Se analizó el registro histórico del costo de un fenómeno meteorológico extremo, sequía o inundación, que se expresó como porcentaje del PIB registrado en el año del fenómeno. En relación con los fenómenos que se proyectan en el futuro, su impacto se calcula en términos porcentuales, en función del PIB del pasado.

Cuadro IV.23 (conclusión)

B. Sectores analizados cualitativamente

Sector	Impactos esperados	Supuestos de la valoración económica
Recursos hídricos	Mayor estrés hídrico a nivel local y estacional.	El promedio nacional no presenta mayores impactos en cuanto a la disponibilidad del recurso hídrico. Sin embargo, se estimó una alta probabilidad de ocurrencia en algunas zonas del país. Para definir y evaluar económicamente esas zonas se requiere un mayor nivel de información.
Pecuario	Disminución de la producción de carne y leche.	Se detectó una alta probabilidad de ocurrencia y se cuenta con información de los niveles de impacto hasta 2040 en relación con el escenario A2. Se debe ampliar el análisis respecto del escenario B2 y contar con estimaciones de precios para la cuantificación económica.
Biodiversidad	Cambios en el paisaje y la superficie forestal, y afectación directa en cuanto a la vulnerabilidad de distintas especies de flora y fauna.	Se detectó una alta probabilidad de ocurrencia. Sin embargo, no existen datos suficientes para realizar la cuantificación y valoración económica de esos impactos.

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO IV.24
IMPACTOS ECONÓMICOS POR SECTOR^a
(En millones de dólares)

Sector	2010-2039		2040-2069		2070-2100	
	A2	B2	A2	B2	A2	B2
Agrícola						
Soja	28 419,2	16 240,9	9 109,0	19 921,6	-93 221,1	-66 186,0
Trigo	863,1	988,3	-430,2	751,6	-5 559,4	-3 289,8
Maíz	43,1	40,3	20,3	18,7	0,7	0,0
Total empresarial	29 325,5	17 269,4	8 699,1	20 691,8	-98 779,8	-69 475,9
Algodón	-1 169,6	-1 072,9	-2 239,3	-1 855,7	-7 088,3	-6 014,3
Mandioca	-877,2	-975,8	-442,5	-428,6	-142,5	-110,2
Poroto	-604,8	-555,5	-1 065,2	-855,7	-1 762,5	-1 598,3
Sésamo	-279,2	-422,0	-1 067,5	-697,9	-2 001,0	-1 512,5
Caña de azúcar	-51,1	-48,8	-116,5	-97,3	-387,1	-335,1
Total familiar	-2 981,9	-3 075,0	-4 931,1	-3 935,2	-11 381,3	-9 570,5
Total agrícola	26 343,6	14 194,4	3 768,0	16 756,6	-110 161,1	-79 046,4
Salud						
Dengue	-0,35	-0,25	-1,53	-0,44	-6,05	-3,71
EDA	-3,33	-3,15	-6,00	-4,65	-14,84	-9,72
IRA	-7,48	-7,52	-3,43	-5,49	-4,02	-6,66
Malaria	-0,60	0,03	-1,33	-0,34	-2,62	-1,11
Total Salud	-11,77	-10,90	-12,28	-10,91	-27,53	-21,19
Fenómenos extremos						
Inundaciones	-2 711,5	-2 958,6	-2 286,8	-3 589,4	-37 420,0	-19 467,4
Sequías	-120,0	-567,4	-490,4	-1 713,5	-4 537,5	-3 403,2
Total de fenómenos extremos	-2 831,5	-3 526,1	-2 777,2	-5 302,9	-41 957,5	-22 870,6
Total de impactos	23 500,3	10 657,4	978,5	11 442,8	-152 146,2	-101 938,2
PIB por períodos	933 886,6	933 886,6	2 621 227,1	2 621 227,1	7 757 266,9	7 757 266,9
Impacto en el PIB (en porcentajes)	2,52	1,14	0,04	0,44	-1,96	-1,31

Fuente: Elaboración propia.

^a Las cifras que tienen signo negativo representan costos adicionales.

En el cuadro IV.24 se muestran los impactos sectoriales y su relación con el PIB total proyectado y acumulado por período de corte. Los impactos corresponden a la diferencia entre los escenarios climáticos proyectados y la línea de base, por lo tanto, los que tienen signo negativo representarían costos adicionales.

Los impactos acumulados en relación con el primer período (2010-2039) muestran que, según el escenario A2, en términos de impactos totales netos, habría efectos positivos atribuibles al sector agrícola, específicamente en el rubro empresarial, donde la soja y el trigo mostrarían un incremento importante en relación a la línea de base. Sin embargo, los cultivos del rubro familiar (algodón, caña de azúcar, mandioca, poroto y sésamo) presentarían una caída en los rendimientos. En el sector de la salud, los efectos negativos se notaría sobre todo en las IRA y, en el de los fenómenos meteorológicos extremos, aumentarían las inundaciones. Por su parte, en el escenario B2 los impactos netos totales serían positivos durante este período, aunque en menor escala que en el escenario A2.

Los impactos correspondientes al período 2040-2069 serían positivos en ambos escenarios, aunque menores que en el período previo, pero seguirían estando relacionados con el incremento de la producción agrícola empresarial. El sector de la salud mantendría el mismo rango de pérdidas en ambos escenarios en comparación con el período anterior. En cuanto a los fenómenos meteorológicos extremos se observaría un comportamiento similar al del período anterior en el escenario A2 y una leve disminución en el escenario B2.

Como puede observarse en los mapas IV.2 y IV.3, durante el tercer período (2070-2100) habría impactos negativos totales netos en los tres sectores objeto de análisis (agropecuario, de salud y fenómenos extremos). Conviene destacar que los costos aumentarían de manera considerable en ambos escenarios y para todos los sectores. Sobresale el aumento de los costos relacionados con los fenómenos extremos, a los que correspondería más del 10% de los costos totales. Esto ocurriría principalmente debido al aumento previsto de las inundaciones en las condiciones climáticas proyectadas. En lo que se refiere al sector de la salud, no existiría una diferencia grande entre los escenarios A2 y B2, aunque el segundo presenta menores costos. En el sector agropecuario, el incremento de los efectos negativos sería muy pronunciado en ambos escenarios, sobre todo para el rubro empresarial.

En el cuadro IV.25 se presentan los resultados del cálculo del impacto del cambio climático por sector como porcentajes del PIB. Para realizar ese cálculo, se consideró la proyección del PIB presentada en la sección II.D, así como los costos de cada sector. Se puede observar que el sector con mayor impacto es el agrícola, debido a la relevancia del cultivo de la soja en la economía paraguaya. En los dos primeros períodos, el monto total del impacto podría ser positivo, pero no se debe olvidar que, en el caso de la agricultura familiar, el efecto del cambio climático sería siempre negativo, con las consecuencias que esto podría generar desde el punto de vista social.

A fin de conocer el impacto futuro acumulado hasta el año 2100 se descontaron los totales anuales, aplicando tasas del 0,5%, el 2% y el 4%, como se muestra en el cuadro IV.26. Se observa que, al utilizar la tasa de descuento del 0,5%, los impactos serían negativos en todos los sectores. Entretanto, con una tasa del 2%, el total nacional sería negativo pese a que el rubro de la agricultura empresarial tendría impactos positivos. Finalmente, con una tasa del 4%, el comportamiento de los sectores es similar al análisis realizado por períodos de corte.

CUADRO IV.25
IMPACTOS TOTALES COMO PORCENTAJE DEL PIB DE CADA PERÍODO^a
(En porcentajes)

Sectores	2010-2039		2040-2069		2070-2100	
	A2	B2	A2	B2	A2	B2
Agrícola	2,82	1,52	0,14	0,64	-1,42	-1,02
Salud	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fenómenos extremos	-0,30	-0,38	-0,11	-0,20	-0,54	-0,29
Total de impactos	2,52	1,14	0,04	0,44	-1,96	-1,31

Fuente: Elaboración propia.

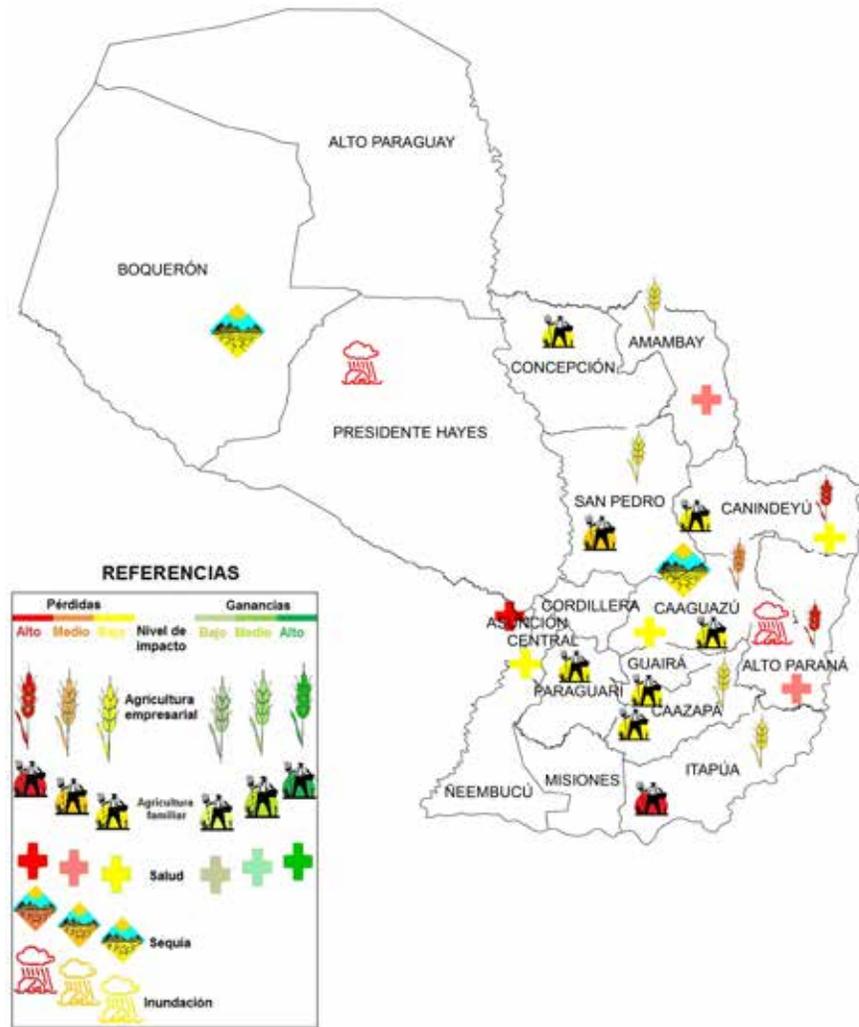
^a Las cifras que tienen signo negativo representan costos adicionales.

CUADRO IV.26
IMPACTOS TOTALES ACUMULADOS HASTA 2100
(En millones de dólares)

Sector	Tasa de descuento del 0,5%		Tasa de descuento del 2%		Tasa de descuento del 4%	
	A2	B2	A2	B2	A2	B2
Agrícola						
Soja	-29 286,7	-13 772,1	5 365,8	5 983,5	13 207,5	8 955,8
Trigo	-3 287,9	-693,9	-683,9	371,6	185,9	558,9
Maíz	57,4	52,9	42,5	39,8	30,6	29,3
Total empresarial	-32 517,3	-14 413,1	4 724,4	6 394,9	13 424,1	9 544,0
Algodón	-7 650,1	-6 556,8	-3 266,9	-2 850,2	-1 358,7	-1 207,2
Mandioca	-1 264,3	-1 346,7	-866,6	-997,3	-582,7	-730,6
Poroto	-2 606,5	-2 281,9	-1 259,5	-1 104,2	-598,2	-530,4
Sésamo	-2 487,7	-1 993,9	-1 090,4	-946,9	-435,3	-441,4
Caña de azúcar	-402,4	-351,2	-167,5	-148,8	-65,4	-59,6
Total familiar	-14 411,1	-12 530,5	-6 650,9	-6 047,4	-3 040,3	-2 969,2
Total agrícola	-46 928,4	-26 943,6	-1 926,5	347,5	10 383,8	6 574,7
Salud						
Dengue	-5,6	-3,1	-2,1	-1,2	-0,7	-0,4
EDA	-17,8	-13,2	-8,0	-6,3	-3,5	-3,0
IRA	-12,4	-15,9	-8,0	-9,5	-5,3	-5,8
Malaria	-3,4	-1,0	-1,5	-0,3	-0,7	-0,1
Total de salud	-39,3	-33,2	-19,6	-17,2	-10,2	-9,3
Fenómenos extremos						
Inundaciones	-29 795,0	-18 940,4	-11 151,6	-8 023,4	-3 772,2	-3 250,7
Sequías	-3 519,3	-4 599,8	-1 209,0	-2 006,6	-364,4	-815,6
Total de fenómenos extremos	-33 314,4	-23 540,3	-12 360,7	-10 030,0	-4 136,6	-4 066,3
Total de impactos	-80 282,0	-50 517,1	-14 306,8	-9 699,7	6 236,9	2 499,1
PIB descontado por periodos	8 122 189,0	8 122 189,0	3 281 546,6	3 281 546,6	1 235 145,7	1 235 145,7
Impacto en el PIB (en porcentajes)	-1,0%	-0,6%	-0,4%	-0,3%	0,5%	0,2%

Fuente: Elaboración propia.

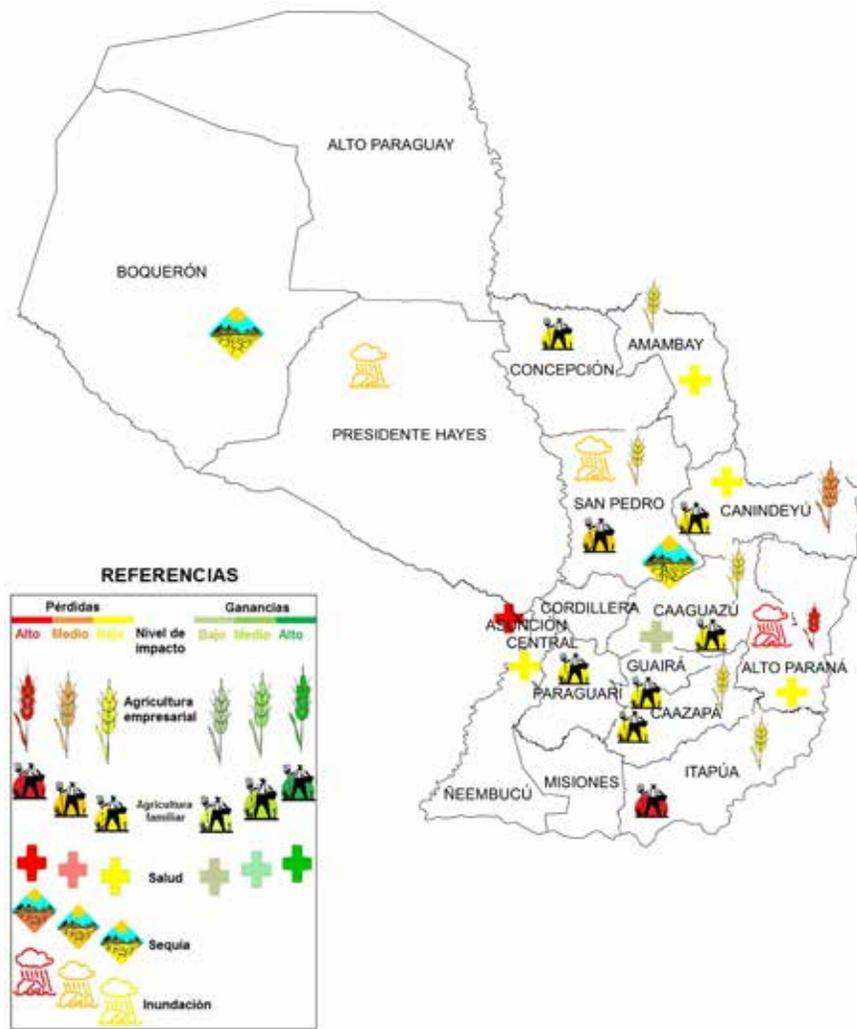
MAPA IV.2
IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO, ESCENARIO A2, 2070-2100^a



Fuente: Elaboración propia.

^a La localización de la simbología de los impactos es únicamente indicativa de las regiones de las que se contaba con datos para el cálculo de los impactos.

MAPA IV.3
IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO, ESCENARIO B2, 2070-2100^a



Fuente: Elaboración propia.

^a La localización de la simbología de los impactos es únicamente indicativa de las regiones de las que se contaba con datos para el cálculo de los impactos.

V. Procesos de adaptación en curso y medidas propuestas

El análisis de la vulnerabilidad de los distintos sectores permitió establecer los impactos significativos que precisan la adopción de nuevas medidas de adaptación y la profundización de las que se aplican en la actualidad. Para el diseño y la planificación de esas medidas con miras a hacer frente al cambio climático se requerirían recursos y esfuerzos adicionales.

Los impactos del cambio climático son transversales, por lo que presentan implicancias multidimensionales e incertidumbres. En consecuencia, las medidas de adaptación deben evaluarse en estrecha relación con las políticas concebidas para contribuir al desarrollo del país. Además, en este marco se debería incorporar la variabilidad climática y se tendrían que definir los riesgos a nivel sectorial, regional y nacional.

Por otro lado, se recomienda contar con un mayor compromiso político para asignar los recursos financieros que permitan llevar adelante las acciones de adaptación. Estas medidas requieren sobre todo la elaboración de estudios legales, la implementación de leyes y la difusión del tema en los diferentes niveles gubernamentales. El abordaje multisectorial es complejo, ya que debe coordinarse entre los órganos del Estado y el sector privado a fin de establecer acciones consensuadas y sostenibles.

Además, en la adaptación es necesario considerar un horizonte temporal adecuado (a mediano y largo plazo) y las medidas tienen que retroalimentarse mediante un proceso continuo e iterativo, según cada sector. En numerosas ocasiones, se subvalora la importancia de las políticas de adaptación y se da prioridad a otros temas que tienen impactos de corto plazo y aparecen en forma de crisis, lo que obliga a dedicarles los recursos limitados de que se dispone.

En consecuencia, se requieren estudios, análisis y gestiones diferentes a los que se utilizan comúnmente para administrar las crisis, lo que implicaría reforzar la capacidad institucional relacionada con la predicción y el monitoreo del clima (por ejemplo, a través de sistemas de observación o investigación científica) y con la respuesta ante fenómenos meteorológicos extremos. En ese contexto, se definieron algunas medidas de adaptación aplicables a los sectores de la salud, la agricultura y los fenómenos extremos.

A. Medidas de adaptación para el sector de la salud

En el análisis previo se determinó que, en el sector de la salud, el cambio climático generaría un incremento del número de casos de EDA, IRA, malaria y dengue. En particular, el dengue aumentaría en ambos escenarios durante todo el periodo, con mayores incrementos hacia fines del siglo. Con objeto de aminorar los impactos en este sector, se han delineado 11 medidas de adaptación al cambio climático que podrían aplicarse a nivel gubernamental:

- i) Ampliar las investigaciones a nivel nacional: así se enriquecería el conocimiento de las enfermedades más vulnerables a la variabilidad climática y sus patrones de comportamiento. Se conoce poco sobre la vulnerabilidad de las enfermedades prevalentes en el país en relación con los parámetros climáticos, por lo que se requiere un análisis permanente de la dinámica de esos vínculos complejos para poder establecer las consiguientes medidas de prevención y adaptación.
- ii) Definir el mapa de vulnerabilidad de cada sector en el país: se sugiere reforzar las medidas intersectoriales con el fin de determinar cuáles son las regiones de mayor vulnerabilidad en lo que se refiere a asentamientos humanos y cómo los fenómenos meteorológicos extremos podrían contribuir rápidamente a los brotes de epidemias y al surgimiento de otros riesgos para la salud de las poblaciones expuestas.
- iii) Fortalecer el sistema de predicción temprana en relación con la salud: conocer el comportamiento predictivo de las enfermedades sensibles a la variabilidad climática, como la influenza y las enfermedades diarreicas, permitiría diseñar campañas de vacunación adecuadas. Además, facilitaría la adopción de medidas de control de las enfermedades transmitidas por vectores y otras medidas pertinentes ante fenómenos meteorológicos extremos que puedan desencadenar riesgos para la salud de la población.
- iv) Descentralizar los servicios de control de la malaria y el dengue: se sugiere incorporar los servicios de salud y las municipalidades en los quehaceres del control y detección temprana de casos de estas enfermedades, funciones que hasta el momento realiza la dependencia del SENEPA a nivel nacional. Esto implicaría destinar recursos humanos y materiales a las instituciones correspondientes.
- v) Fortalecer el diagnóstico y tratamiento: el diagnóstico precoz y el tratamiento oportuno de los pacientes se deberían mejorar mediante el incremento de la infraestructura de los laboratorios y la preparación de personal adiestrado en los análisis pertinentes. Además, se deberían introducir a nivel departamental y nacional las técnicas que garanticen la calidad, rapidez y efectividad de los medios de diagnóstico.
- vi) Fortalecer el sistema de vigilancia a nivel nacional: es clave para enfrentar el cambio climático asegurar el funcionamiento de los sistemas de monitoreo. En particular, se propone dar seguimiento a los casos de enfermedades respiratorias y diarreicas, así como el monitoreo de las condiciones ambientales propicias al desarrollo de los vectores y agentes etiológicos de esas enfermedades.
- vii) Ampliar las campañas educativas sobre la relación de las variaciones climáticas y las enfermedades sensibles: se sugiere llevar a la práctica campañas educativas con la participación del Ministerio de Salud y en coordinación con los organismos estatales, organizaciones no gubernamentales y la iniciativa privada. Por su carácter de país bilingüe, en el Paraguay se debería priorizar el uso del castellano y el guaraní en esas campañas, a fin de garantizar que el mensaje llegue a toda la población. Además, el tema del impacto de los fenómenos climáticos sobre la salud de la población debería incluirse en los planes de estudio elaborados por el Ministerio de Educación.

- viii) Campañas educativas sobre el manejo de agua: la gestión de los recursos hídricos es fundamental para la adaptación al cambio climático. Las EDA, las IRA y el dengue estarían relacionados con la precipitación, por lo que la canalización adecuada de las aguas y el uso apropiado dentro de los hogares contribuiría a mitigar el aumento de la incidencia de esas enfermedades.
- ix) Mejorar el acceso y la comunicación de las zonas con mayor incidencia de las enfermedades evaluadas, así como la construcción de refugios en zonas vulnerables. Los asentamientos humanos expuestos a fenómenos meteorológicos extremos y a la transmisión de enfermedades por vectores deberían mejorar su acceso y comunicación para que sea más fácil identificar y controlar el avance de la cobertura epidemiológica. Se sugiere habilitar refugios para las familias desplazadas por inundaciones, con el fin de evitar una mayor exposición a las aguas no potables, lo que podría generar brotes de diarrea y enfermedades respiratorias, además de la proliferación de vectores de malaria y dengue, entre otros.
- x) Mejorar la inspección sanitaria y el control de focos: se recomienda promover la introducción de tecnologías de punta para controlar la proliferación de vectores.
- xi) Asegurar un adecuado mantenimiento de las redes de acueducto y alcantarillado: esto disminuiría los brotes de vectores en los reservorios de agua a la intemperie, sobre todo en las temporadas de verano y otoño.

Además, se recomienda que estas medidas vayan acompañadas de acciones implementadas por la población, tales como:

- i) promover el uso en los hogares de mosquiteros tratados y de repelentes de insectos para evitar la propagación de casos de malaria;
- ii) capacitar a los líderes comunitarios en el control y vigilancia de las enfermedades vectoriales con los materiales necesarios, y
- iii) apoyar la divulgación de boletines que incluyan recomendaciones sobre conductas personales para el control de depósitos de agua, su tratamiento y potabilidad, en especial todas las conductas relacionadas con el almacenamiento de agua limpia en los domicilios o espacios abiertos.

B. Medidas de adaptación para el sector agrícola

Después de analizar los resultados de los potenciales impactos del cambio climático en el sector agrícola, se ha determinado que recaerían fundamentalmente sobre la agricultura familiar. Ese tipo de agricultura es compleja, por lo que es necesario incluir y analizar la dimensión social, con una gran cantidad de involucrados y con una lógica menos rígida en comparación con la agricultura empresarial. Además, la estructura productiva del agricultor familiar hace que las medidas de adaptación al cambio climático no sean específicas de un cultivo en particular, sino de todo el sistema productivo de la finca.

En vista de lo anterior, se sugiere que una de las medidas de adaptación sea la identificación de una combinación adecuada de cultivos y de factores productivos que maximicen los ingresos y que permitan mantener estables los márgenes de ganancias del agricultor familiar.

Además, se pueden considerar medidas que han dado resultados auspiciosos para algunos productores, tales como las prácticas agrícolas culturales y ancestrales y las tecnologías alternativas, como la reducción de la distancia entre plantas y la introducción de sistemas de riego. Consecuentemente, se sugiere aumentar la asistencia técnica en la inversión física y en las prácticas tradicionales, en particular en la población más vulnerable.

La agricultura empresarial podría ver comprometida su eficiencia productiva en los cultivos de maíz, soja y trigo. Históricamente, el Paraguay ha sido un consumidor de tecnología, en particular en el cultivo de la soja, donde ha ido en aumento la superficie cultivada con organismos genéticamente modificados (OGM). Por lo tanto, se prevé que el productor empresarial seguirá invirtiendo en material genético modificado, obviando las variedades y los híbridos.

El incremento de las temperaturas mínimas medias implicaría una mayor necesidad de utilizar fungicidas debido a la aparición de enfermedades micóticas, principalmente en relación con cultivos de invierno, sobre todo el trigo. Esta condición también afectaría el potencial genético de las semillas producidas hasta el momento, lo que redundaría en una disminución de la eficiencia de la inversión en tecnología y un aumento de los costos de oportunidad de la infraestructura.

Así pues, en el caso de la agricultura empresarial se recomienda que las medidas contemplen la aplicación de la fitotecnología, entendida como el mejoramiento de las capacidades genéticas de los distintos cultivos a fin de alcanzar rendimientos compensatorios y acordes a las condiciones edafológicas y ambientales dadas. Ese mejoramiento puede llevarse a cabo de diferentes maneras, por ejemplo, mediante cruzamientos y selección genética.

Otra opción que se sugiere es la modificación de la geografía productiva, consistente en disminuir o incrementar las superficies cultivadas de los mismos cultivos ya existentes. Esto significa que el productor empresarial procuraría racionalmente encontrar la combinación de producción más eficiente para mantener sus ingresos, o aumentarlos si es posible. Con ese fin, podría llegar a considerar cultivos empresariales que por el momento son de menor envergadura, como la avena, el girasol y la vicia, entre otros.

C. Medidas de adaptación a los fenómenos meteorológicos extremos

En los escenarios estudiados, los fenómenos meteorológicos extremos afectarían al país de manera transversal, por lo que las medidas de adaptación deberían orientarse hacia las dimensiones agrarias, poblacionales, de ordenamiento territorial y de infraestructura. A partir de ese enfoque se recomienda la integración de la gestión de riesgos y la adaptación al cambio climático.

En materia de protección a la población y ordenamiento territorial, las medidas sugeridas consistirían en proteger el cauce normal de los ríos y las zonas inundables, que en los años de sequía son ocupadas por la población ribereña. A fin de disminuir la vulnerabilidad y reducir el número de damnificados, es necesario contar con la aplicación de una reglamentación más estricta y con un cumplimiento efectivo por parte de los municipios y las gobernaciones.

En cuanto a la planificación de la infraestructura, y con objeto de contrarrestar los efectos adversos de los fenómenos meteorológicos extremos provocados por el cambio climático, se recomienda considerar esos fenómenos como una variable en los proyectos del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC) relacionados con la construcción de carreteras, puentes y puertos, así como en la agricultura y en el sector de la salud.

En las estrategias sectoriales se deben incluir medidas que faciliten la disponibilidad de datos y tener en cuenta distintos aspectos metodológicos con miras a detectar los riesgos, de modo que se puedan entender los procesos físicos que conducen a los fenómenos extremos. También debe mejorarse la comprensión de los modelos y cuantificarse las diversas incertidumbres. Sobre esa base, se podrían desarrollar las siguientes áreas de estudio:

- i) integrar la dimensión humana en la investigación de los cambios sectoriales provocados por el cambio climático;
- ii) promover el conocimiento detallado de las condiciones climáticas actuales y de las perspectivas climáticas en el Paraguay como un elemento imprescindible para la puesta en funcionamiento del Plan Nacional de Adaptación;
- iii) mejorar la valoración del impacto del cambio climático sobre los bienes y servicios que proporcionan los distintos ecosistemas del país, y
- iv) difundir los resultados de la evaluación de los fenómenos meteorológicos extremos en cuanto a las previsiones sobre su intensidad y frecuencia y aplicarlos a otros sectores altamente dependientes de ellos (energía, agricultura, bosques, turismo, carreteras y caminos, entre otros).

El análisis de las medidas de adaptación descritas en el presente estudio se propone desde una perspectiva integradora de la temática ambiental y económica, a fin de obtener una visión más amplia del desarrollo sostenible. Como complemento de este esfuerzo, se sugiere que en las investigaciones futuras se profundice en una visión del análisis del impacto social del cambio climático. Dicho impacto se debe entender como el efecto sobre la población, sus relaciones y sus costumbres, sobre todo en lo que respecta a los sectores más vulnerables, como las comunidades ribereñas, los pueblos autóctonos cuyas vidas dependen en grado sumo de los recursos naturales, así como las comunidades aisladas, cuyas oportunidades son más limitadas y, por lo tanto, tienen una menor capacidad de respuesta ante los fenómenos extremos.

VI. Procesos de mitigación

En los capítulos anteriores se hizo énfasis en describir los efectos previstos del cambio climático en el Paraguay. En este capítulo se intenta evaluar el impacto que ha tenido el país en la ocurrencia de este fenómeno y el impacto que podría tener en el futuro. El Paraguay presenta una participación mínima en las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global, y considera la mitigación en el marco de la cooperación conjunta basada en las responsabilidades comunes pero diferenciadas.

La mitigación se entiende como el proceso de reducción de emisiones o aumento de los sumideros, que puede lograrse a partir de innovaciones tecnológicas, la reducción del uso de los principales emisores y el incremento de los sumideros de captura de carbono mediante la forestación, reforestación y mantenimiento de la superficie boscosa.

A. Emisiones de gases de efecto invernadero

En el Paraguay se realizaron inventarios nacionales de gases de efecto invernadero utilizando como base los años 1990, 1994 y 2000. Sin embargo, en el presente análisis se ha considerado la información del último año²⁴. En el cuadro VI.1 se presentan los principales sectores emisores del país en 2000 y su porcentaje con respecto a las emisiones totales. Según este inventario, el sector del cambio del uso de la tierra y la silvicultura es el mayor emisor de gases de efecto invernadero del país, pues llega a representar el 94% del total, seguido por el sector energético, con un 4%, y el de la agricultura, con el 1% de las emisiones.

La participación del sector industrial en las emisiones totales ha sido históricamente muy baja, incluso con tendencias a la reducción. El dióxido de carbono constituye el principal gas emitido en este sector, y su fuente principal es la industria cementera y de producción de cal. Por último, el subsector de los desperdicios, donde se consideraron los desechos sólidos urbanos, presenta el menor peso con respecto al total de las emisiones nacionales, con el 0,01%.

²⁴ Los resultados del inventario del año 2000 son de carácter preliminar en el momento de la realización del presente estudio.

CUADRO VI.1
PARAGUAY: EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, AÑO 2000

Sectores	Año 2000 (En gigagramos)	Número de especies (En porcentajes)
Energía	3 061	4,05
Agricultura	545	0,77
Cambio del uso de la tierra y silvicultura	66 092	93,81
Industria	735	1,04
Desperdicios	14	0,01
Total	70 447	100

Fuente: Secretaría del Ambiente del Paraguay (SEAM), segunda comunicación nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, noviembre de 2011.

B. Prospectiva de emisión de gases de efecto invernadero

1. Sector energético

El sector energético paraguayo se destaca por una marcada producción de energía primaria, compuesta en un 70% por la hidroenergía y en un 30%, por la biomasa. El 68% de la biomasa consiste en leña; el 25%, residuos vegetales, y un poco menos del 7%, otras biomásas. Hasta la fecha, el país no es productor de hidrocarburos líquidos o gaseosos, al menos de manera comercial.

A partir del Balance Energético Nacional de 2005, y utilizando la metodología recomendada por el IPCC, la emisión total del sector energético fue de 3.426,38 Gg de CO₂²⁵. Como se observa en el gráfico VI.1, las mayores emisiones del sector de la energía provienen del transporte, con cerca del 88% (3.013,02 Gg); seguidas por las de la industria, con un 6,5% (222,04 Gg); el subsector residencial, con un 5,6% (190,97 Gg), y la industria energética, con un 0,1% (0,35 Gg).

En 2007, el Paraguay utilizó la herramienta informática “Modelo para el Análisis de la Demanda de Energía” (MAED-2), que permite acometer la planificación del sector²⁶. Este modelo se diseñó para reflejar los cambios estructurales de la demanda de energía a mediano y largo plazo, mediante un análisis detallado de sus características sociales, económicas y tecnológicas.

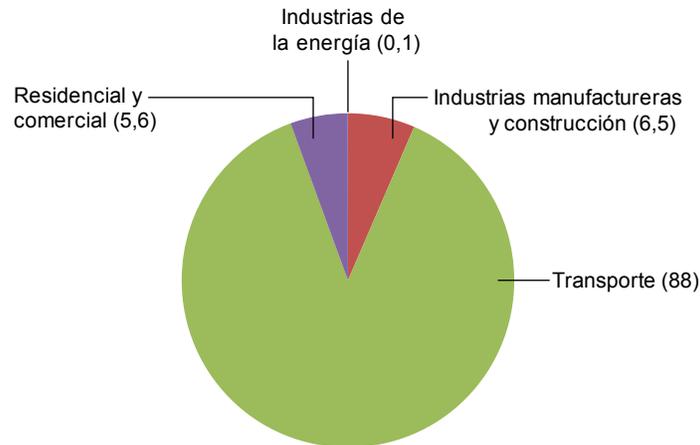
El modelo se utilizó en el contexto del presente estudio para el cálculo de la prospectiva energética a mediano (2005-2030) y largo plazo (2030-2100), lo que permitió determinar las emisiones potenciales de gases de efecto invernadero que corresponden al sector y, posteriormente, diseñar algunas medidas de mitigación.

En el diagrama VI.1 se presentan los insumos que requiere el modelo y los resultados que puede producir en términos de demanda de energía y detalles del comportamiento eléctrico. En particular, este modelo permite desagregar de manera coherente la demanda de energía total del país en un gran número de categorías de uso final y establecer en términos matemáticos las relaciones entre la demanda de energía y los factores que la afectan. Por consiguiente, permite definir escenarios de desarrollo social, económico y tecnológico. A partir de la evaluación de la demanda de energía resultante de cada escenario, se selecciona el patrón más probable de desarrollo del país.

²⁵ Las emisiones de CO₂ que se generan por la quema de biomasa no se contabilizan dentro del sector de la energía.

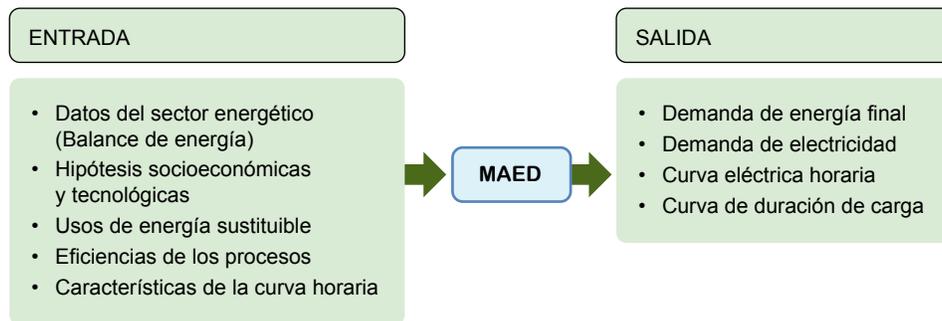
²⁶ Esta planificación fue posible porque en ese año el modelo del Paraguay se incorporó al Proyecto Regional RLA/0/029, “Estudio de país: Paraguay. Aplicación del modelo MAED del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA)”.

GRÁFICO VI.1
EMISIONES DE CO₂ EN EL SECTOR DE LA ENERGÍA, 2005
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia, sobre la base de estimaciones de emisiones derivadas del Balance Energético Nacional de 2005.

DIAGRAMA VI.1
ORGANIZACIÓN DEL MODELO MAED



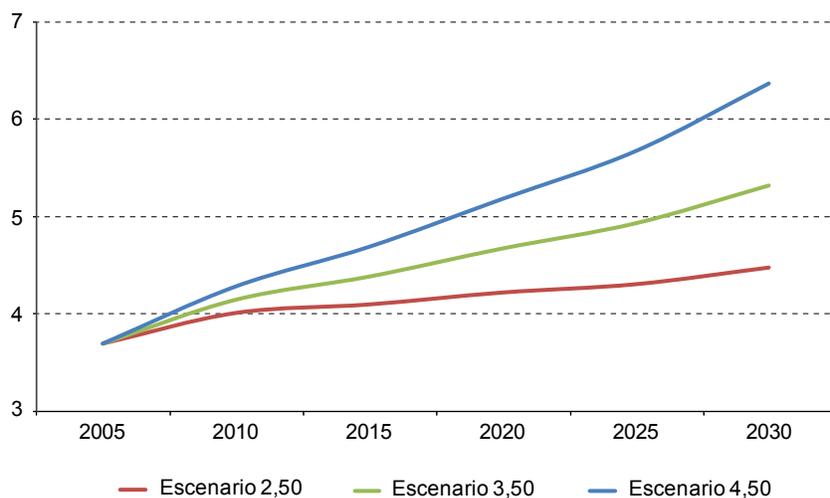
Fuente: Elaboración propia, sobre la base del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), 2007, *Modelo para el Análisis de la Demanda de Energía (MAED-2). Manual del usuario* (IAEA/CMS/18/S), Viena.

a) **Prospectiva energética para 2030**

Uno de los parámetros relevantes para proyectar la demanda energética en 2030 es el crecimiento esperado del PIB. Con ese fin, se utilizaron tres escenarios a partir de distintas tasas de crecimiento anual del PIB: i) un 2,5%; ii) un 3,5%, y iii) un 4,5%. De este modo se obtuvieron los crecimientos medios anuales de la demanda de energía final de un 0,77%; un 1,46% y un 2,20%, respectivamente, como puede observarse en el gráfico VI.2.

De acuerdo a esos resultados, se observa un desacople entre el PIB y la demanda de energía, lo que se explica como consecuencia de los cambios de estructura y composición que introducen en la matriz energética los recientes lineamientos de política. Por ejemplo, la aplicación de un conjunto de medidas de política energética que tienden al mejoramiento tecnológico en cuanto al uso de la energía y a la sustitución de combustibles tradicionales y combustibles fósiles por otros más eficientes. Por esa razón, el comportamiento de la demanda de energía en este período no está influenciado únicamente por las tendencias del PIB que se consideraron en cada escenario, sino que además influyen las hipótesis sobre políticas energéticas a las que se hacía referencia.

GRÁFICO VI.2
DEMANDA DE ENERGÍA FINAL POR ESCENARIO, 2005-2030
(En millones de toneladas equivalentes de petróleo)



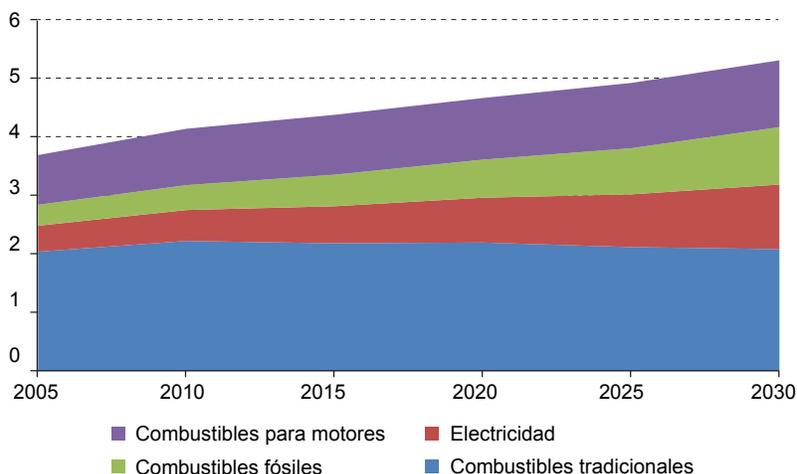
Fuente: Viceministerio de Minas y Energía del Paraguay (2007), “Estudio de país: Paraguay. Aplicación del modelo MAED del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Proyecto Regional (RLA/0/029). Primer Borrador”, San Lorenzo.

Los resultados obtenidos a partir del MAED-2, no presentan un comportamiento lineal en todo el período de análisis, sino que responden a períodos propios influenciados por la introducción de los recursos energéticos considerados y el margen de sustitución de cada uno. En el gráfico VI.3 se observa que la demanda de energía final en el período 2005-2030 en el escenario del PIB del 3,5% presentaría una disminución de los combustibles tradicionales (residuos, leña y carbón vegetal) al final del período, debido principalmente a la penetración del gas natural y el aumento de la demanda de electricidad.

Las proyecciones realizadas a partir del MAED-2 apuntan a la introducción de mejoras en la eficiencia y de nuevos combustibles en la matriz energética, como consecuencia del desarrollo de políticas tendientes a la sustitución de fuentes de energía convencionales por otras, más eficientes y menos contaminantes.

En el sector del transporte, se consideró la incorporación de vehículos de pasajeros propulsados por gas natural comprimido, y de trolebuses de diésel y eléctricos. El gas natural y la electricidad inciden en la disminución del consumo de diésel, tanto en la categoría de transporte público como privado. En cuanto a los medios de transporte de carga y de pasajeros, se considera la reactivación del ferrocarril en dos modalidades: eléctrico y diésel.

GRÁFICO VI.3
DEMANDA DE ENERGÍA FINAL POR FORMAS DE ENERGÍA
(ESCENARIO DEL 3,5%), 2005-2030
(En millones de toneladas equivalentes de petróleo)



Fuente: Viceministerio de Minas y Energía del Paraguay (2007), “Estudio de país: Paraguay. Aplicación del modelo MAED del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Proyecto Regional (RLA/0/029). Primer Borrador”, San Lorenzo.

En el sector industrial, el uso térmico de la energía tendría una significativa incidencia, incrementándose la penetración de electricidad, con el decrecimiento de los combustibles tradicionales, debido principalmente a las políticas de sustitución de energía.

En el sector residencial, se espera una mayor penetración de la electricidad, el gas licuado de petróleo y el gas natural, y un aumento de la eficiencia en los equipos gracias a las mejoras tecnológicas.

b) Prospectiva energética de 2030 a 2100

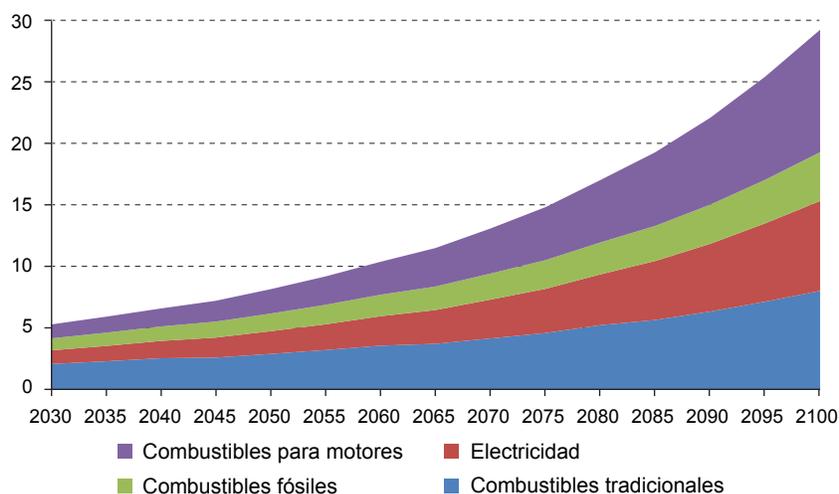
Para la obtención de la información del modelo MAED-2 correspondiente al período 2030-2100 se utilizaron los mismos criterios del período 2005-2030 y los tres escenarios de crecimiento anual del PIB en el Paraguay. Los resultados muestran que, en el escenario con un crecimiento del PIB del 2,5%, se obtiene un aumento medio anual de la demanda de energía del 1,53%, inferior a la tasa de crecimiento económico. En el escenario del 3,5%, la demanda energética crecería anualmente a un 2,47% y, por último, en el escenario del 4,5%, se obtiene un crecimiento anual del 3,49%.

En el período 2030-2100, la relación entre el crecimiento del PIB y la demanda de energía se determinó sin considerar nuevas hipótesis sobre los niveles de eficiencia, las tecnologías ni las nuevas formas de energía que pudieran existir en el futuro. Las estimaciones sobre la demanda de energía en ese período reflejan un crecimiento influido únicamente por las tasas de crecimiento del PIB.

En cuanto a la obtención de la información del modelo MAED-2, en el período 2030-2100 se utilizaron los mismos criterios que en el período 2005-2030. Estos resultados no se basan en los datos oficiales del Viceministerio de Minas y Energía, sino que se elaboraron con miras a la realización del presente documento.

En el escenario del 3,5%, durante el período 2030-2100 destaca el crecimiento de las biomásas modernas, como los biocombustibles (el 3,43% como promedio anual), seguido por los combustibles de motor (3,14%), la electricidad (2,74%), los combustibles fósiles para sectores diferentes al transporte (2,02%) y los combustibles tradicionales (1,95%).

GRÁFICO VI.4
DEMANDA DE ENERGÍA FINAL POR FORMAS DE ENERGÍA, 2030-2100
(En millones de toneladas equivalentes de petróleo)



Fuente: Elaboración propia.

En el escenario del 3,5%, no es hasta 2080 que se necesitaría ampliar la capacidad instalada de generación hidroeléctrica de 2005 (51.156 GWh al año) mediante la construcción de nuevas centrales para atender las necesidades del mercado nacional. Está prevista la construcción o terminación de centrales hidroeléctricas antes de 2080, como las de Yacretá, Aña Cuá, Corpus Christi, Yguazú, entre otras²⁷. Los proyectos mencionados se justifican a mediano plazo para aumentar la disponibilidad de energía eléctrica con destino a la exportación, más que para satisfacer la demanda nacional.

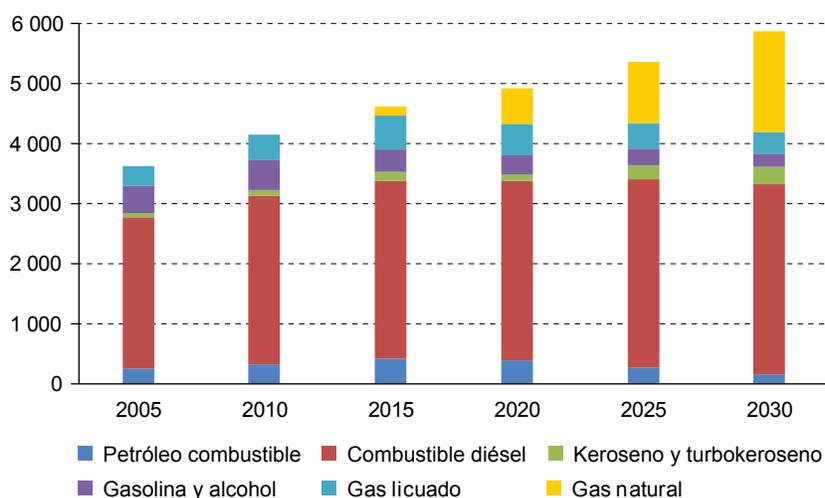
c) Emisiones proyectadas

De conformidad con las proyecciones energéticas realizadas con el modelo MAED-2 y sobre la base de la metodología del IPCC de 1996, se estimaron las emisiones de CO₂ producidas por el uso de combustibles fósiles hasta 2030. Cabe recordar que las emisiones notificadas se refieren a los combustibles fósiles y no se consideran las asociadas a la biomasa. En el gráfico VI.5 se presentan los resultados por tipo de combustible en relación con el período 2005-2030.

De conformidad con lo anterior, el crecimiento total de las emisiones de combustibles fósiles durante el período 2005-2030 sería del 62,3%. Por lo tanto, en 2030 las mayores participaciones en las emisiones totales de CO₂ se asocian al uso de combustible diésel o gasóleo, con un 54%; gas natural, con un 29%; gas licuado de petróleo, con un 5,9%; keroseno y turbokeroseno, con un 4,9%; gasolina, con un 4% y, por último, petróleo combustible, con un 2,7%. Esta tendencia se repite durante todo el período, en particular a partir de 2015, cuando se introduce el gas natural en la matriz energética. Por lo tanto, para que las medidas de mitigación sean efectivas, deben centrarse en este recurso, utilizado principalmente en el sector del transporte.

²⁷ Presentación sobre la inversión privada en el Paraguay, realizada en mayo de 2008 por Héctor Ruiz Díaz, Viceministro de Minas y Energía.

GRÁFICO VI.5
EMISIONES DEL SECTOR ENERGÉTICO, 2005-2030
(En gigagramos de CO₂)



Fuente: Elaboración propia, con la metodología del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), 1996, “Glosario de términos utilizados en el Tercer informe de evaluación del IPCC” [en línea] <https://www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-sp.pdf>.

2. Sector no energético

Como se presentó en la sección VII.A relativa a las emisiones de gases de efecto invernadero en el Paraguay, el sector de mayor participación es el del cambio del uso de la tierra y la silvicultura, especialmente debido al dióxido de carbono (CO₂). Por ese motivo, se consideró un análisis especial de ese sector en el presente estudio.

Además, se ha examinado el sector de los desperdicios debido a su impacto socioambiental, ya que el Paraguay presenta una de las mayores tasas de generación de residuos sólidos de América Latina, con 1.034 Kg por habitante por día, llegando incluso a 1.300 kg por habitante por día.

Se realizó un análisis de mitigación con respecto al sector no energético, construyendo un escenario tendencial a partir de un año base. Con ese fin, se consideró la proyección esperada de los sectores hasta 2100 sobre la base de su comportamiento histórico y partiendo del supuesto de que se mantendrían las condiciones socioeconómicas actuales. A continuación se enumeran los principales supuestos de modelación en ambos sectores:

a) Supuestos del sector de los desperdicios

- i) Se utilizó la variable de crecimiento poblacional urbano con una tasa del 2,5%;
- ii) se utilizó la tasa de generación de residuos sólidos urbanos per cápita disponible para el país, con valores de 2000, y
- iii) la tasa de generación de residuos sólidos urbanos per cápita se ajusta en un 5,5% cada diez años, correspondiente al porcentaje de variación experimentado en el lapso de tiempo de 1990 a 2000.

b) Supuestos del sector del cambio del uso de la tierra y la silvicultura

- i) Las proyecciones de la cobertura boscosa se realizaron separadamente respecto de las regiones oriental y occidental del país;
- ii) en la región oriental se consideraron dos momentos: antes y después de la prohibición del cambio del uso de la tierra en 2004;
- iii) en el escenario de base se utilizó el supuesto de que, una vez finalizada la prohibición del cambio del uso de la tierra en 2013, no existirían medidas ni incentivos para reducir la tasa de deforestación registrada hasta 2004, ni para modificar las condiciones socioeconómicas actuales;
- iv) para obtener las proyecciones de emisiones de CO₂, se utilizaron valores consultados en la bibliografía sobre el tema;
- v) en cuanto a la cobertura a nivel del país, se tomó como base el año 2002 para la región oriental, con datos de la Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuarias y la Encuesta agropecuaria por muestreo 2001-2002 del Ministerio de Agricultura y Ganadería (2003);
- vi) para la región occidental, se utilizaron datos generados por la SEAM/FMAM/PNUD (2007), donde la cobertura boscosa representa el 65% de la superficie de la región, y
- vii) se usó la tasa de deforestación anual del país citada por la FAO (2001), equivalente al 0,5%.

En el escenario de mitigación se indicaron cambios en los procesos productivos y de generación de actividades con miras a disminuir las emisiones. Las medidas se propusieron teniendo en cuenta dos aspectos: i) el impacto sobre las emisiones, y ii) la viabilidad de su implementación, como las iniciativas que ya han tenido un cierto grado de avance, o que han sido mencionadas por actores clave en cada sector analizado.

Después de la identificación de las medidas, se utilizó una matriz para establecer su compatibilidad con las políticas y se especificaron las dificultades más significativas para su implementación.

c) Análisis del escenario tendencial respecto del cambio del uso de la tierra y la silvicultura

El cambio del uso de la tierra ha sido la causa principal de emisión de gases de efecto invernadero en el Paraguay. Si bien se han dado pasos importantes en la gestión de los recursos forestales, los esfuerzos aún son insuficientes. A continuación se presentan los supuestos utilizados para visualizar la tendencia de la masa boscosa en determinado horizonte de tiempo con respecto a la región oriental y occidental o Chaco.

En las proyecciones se han considerado constantes las siguientes condicionantes: i) la presión que ejercen los mercados de materias primas, que contribuye al avance de la frontera agrícola, y ii) las políticas agropecuarias inadecuadas que favorecen la deforestación. Las proyecciones del comportamiento de la masa boscosa se realizaron considerando únicamente las tasas históricas de deforestación y no se incluyeron datos como la tasa de crecimiento poblacional o el ingreso.

Para el análisis tendencial de la región occidental o Chaco se utilizaron los siguientes escenarios:

- i) Primer escenario: se consideró que se mantendría la tasa de deforestación del 0,5% y no se introducen medidas restrictivas sobre la explotación. A partir de estos supuestos, la cobertura boscosa se reduciría en un 70%, pasando de las 16 millones de hectáreas existentes en 2002 a 9,8 millones de hectáreas en 2100. Según este escenario, las emisiones de CO₂ ascenderían a 20,7 millones toneladas.

- ii) Segundo escenario: se consideró el cumplimiento efectivo de las dos normativas: i) la Ley 422/73 (Ley Forestal), donde se estipula la permanencia del 25% de la cobertura boscosa, y ii) la Ley 294/03, relativa a la evaluación del impacto ambiental. En esas condiciones, la superficie de bosques se reduciría aproximadamente a 4 millones de hectáreas, con lo que aumentarían las emisiones de CO₂.
- iii) Escenario más pesimista: se consideró un cumplimiento deficiente de las normativas, la falta de incentivos, la permanencia de condiciones socioeconómicas adversas y la fuerte demanda del mercado para destinar las tierras boscosas a actividades más rentables. En consecuencia, las tasas de deforestación podrían ser muy elevadas, equiparables a las experimentadas en la región oriental, y promediar las 365.000 hectáreas al año. En ese escenario, la cobertura boscosa chaqueña podría perderse en poco más de 20 años.

Por otra parte, en la región oriental del país se han experimentado intensos procesos de deforestación. Sin embargo, esa situación se revirtió con la promulgación de la Ley 2524/2004, relativa a la prohibición de las actividades de transformación y conversión de superficies con cobertura de bosques, vigente hasta 2013. Con esta ley, en promedio la reducción fue de 10.375 hectáreas al año, lo que equivale a la tasa de deforestación en los primeros cuatro años de vigencia de la normativa (hasta 2008).

Con posterioridad, y de no adoptarse políticas e incentivos, y asegurar el cumplimiento de las normativas, la tasa de deforestación podría volver a los niveles medios de 100.000 hectáreas por año que se registraban antes de la implementación de esa ley. Según ese escenario, los bosques nativos de la región oriental podrían desaparecer en menos de 30 años.

Mientras tanto, el promedio de tierras reforestadas en el Paraguay se ha mantenido bajo durante los últimos 15 años (5.000 hectáreas por año), es decir, desde que entró en vigor la Ley 536/95, sobre incentivos forestales. Si esa tendencia se mantiene, se espera que para 2100 se reforesten aproximadamente 500.000 hectáreas.

d) Análisis del escenario tendencial del sector de los desechos

El Censo Nacional de Población y Vivienda de 2002 muestra que, en los últimos 20 años, la población paraguaya se ha vuelto más urbana. Ese comportamiento ha venido acompañado de un incremento del consumo y de la generación de residuos, con la consiguiente alza de la demanda de servicios de recolección y eliminación.

En ese sentido, la cobertura de los servicios de recolección y eliminación de residuos en el Paraguay es baja. Según la Organización Panamericana de la Salud (2001), la cobertura en el área urbana era solo de un 48%. La responsabilidad de la recolección recae en un 56% en el sector público y en un 37% en el privado. El 8% de los municipios poseen ambos servicios.

Dentro del total nacional de emisiones de gases de efecto invernadero, el subsector de los desperdicios representa el menor porcentaje, pero tiene una alta tasa de crecimiento de emisiones, por lo que se espera que pase de emitir 12 Gg en 2000 a 178 Gg en 2030.

Para realizar la proyección se consideró que la generación de residuos sólidos urbanos presenta una tasa ajustada en un 5,5% cada diez años y que la tasa de crecimiento poblacional inicial del 2,5% iría disminuyendo. Se considera que, en ese sector, los factores que hacen aumentar la tasa de generación y, en consecuencia, las emisiones de gases de efecto invernadero, son la tasa de crecimiento poblacional, el nivel de ingreso y la falta de una política sobre el tratamiento de residuos en el origen y en los vertederos.

En esas condiciones, y con una población urbana que se triplicará para 2100, se prevé que la generación de residuos sólidos urbanos llegue a 5,5 millones de toneladas. En este sector, la preocupación mayor radica en el volumen de residuos generado y el espacio necesario para su depósito, debido a lo que implica la modalidad de vertido a cielo abierto desde el punto de vista de la salud de la población y la protección del medio ambiente.

e) Opciones y costos de los procesos de mitigación

Sobre la base de los resultados de la proyección energética a mediano plazo y del cálculo de las emisiones según la metodología del IPCC, se estima que las emisiones de CO₂ del sector energético crecerían de 3.625 Gg de CO₂ de 2005 a 5.883 Gg de CO₂ para 2030. Esto equivaldría a un crecimiento acumulado del 62,3%, lo que representaría un aumento medio del 2,0% en forma anual. Esa cifra es menor si se compara con el escenario basado en el 3,5% del PIB.

Respecto al sector energético, para que las medidas de mitigación puedan contribuir a la reducción de los gases de efecto invernadero, se debe priorizar el subsector del transporte. Una reducción de las emisiones de CO₂ del 10% en ese subsector entrañaría una reducción del 8,8% de las emisiones del sector energético.

Entre las medidas sugeridas para la mitigación en el sector del transporte figura la utilización de biocombustibles para sustituir los derivados del petróleo. Un ejemplo de esa clase de sustitutos es el etanol, que se ha utilizado desde hace varias décadas con buenos resultados. La normativa permite mezclar la gasolina con hasta un 24% de etanol²⁸.

Por otro lado, la implementación del plan de biodiésel B5 a partir de coco, para la sustitución de 50.000 m³ de diésel de origen fósil por año, acarrearía una reducción anual de 134,2 Gg de CO₂. Esta reducción presentaría costos anuales en torno a los 64,6 millones de dólares. Por otra parte, y de acuerdo con Bohn (2009), el costo de producción del biocombustible, si se considera toda la cadena productiva desde el cultivo del coco hasta la generación del producto final, sería de aproximadamente 143,2 millones de dólares. Además, existirían otros impactos asociados, como la generación de mano de obra, la seguridad energética y una mayor recaudación fiscal (alrededor de 31 millones de dólares).

Las medidas propuestas y analizadas en relación con el sector no energético contemplan la lucha contra la deforestación, las reforestaciones masivas, los incentivos económicos y el pago por servicios ambientales y reforestación en pequeñas fincas, en el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). En cuanto al sector de los desperdicios, se sugiere la instalación de reactores de materia orgánica a nivel municipal, así como la instalación de rellenos sanitarios y mecanismos de captura de gas metano.

Con respecto a la reforestación y forestación, se presenta una medida concreta de mitigación que actualmente está en vigor en el país y se proponen tres medidas de mitigación:

- i) la aplicación de la Ley 2524/04, relativa a la prohibición en la región oriental de las actividades de transformación y conversión de superficies con cobertura de bosques, con lo que se logró evitar que se emitieran 42 millones toneladas de CO₂ en cuatro años;
- ii) la implementación de incentivos económicos mediante el pago por servicios ambientales para que los propietarios privados contribuyan a la conservación en mayor medida de lo que establece la ley, con lo que se evitaría la emisión de unos 98 millones de toneladas de CO₂ en diez años;
- iii) las campañas masivas de reforestación, con lo que en un plazo de 50 años se lograría restablecer los bosques en aproximadamente un 15% de la superficie de la región oriental, lo que a su vez posibilitaría la absorción de 230 millones de toneladas de CO₂, y

²⁸ Resolución núm. 952 del Ministerio de Industria y Comercio, de 24 de diciembre de 2004.

- iv) la reforestación en comunidades de bajos ingresos, en el marco de los proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio, con lo que se lograría eliminar de la atmósfera 123.000 toneladas de CO₂ en 20 años.

Al comparar los escenarios con y sin medidas de mitigación en relación con el sector del cambio del uso de los suelos, se proyecta que las medidas propuestas permitirían eliminar de la atmósfera 24,7 millones de toneladas de CO₂ por año. Esa cifra representaría el 65% de las 37,7 millones de toneladas de CO₂ emitidas en el año de base (2002).

Por último, la mitigación en el sector de los desperdicios se concentraría en la implementación de dos medidas:

- i) la captura del gas metano del vertedero Cateura de Asunción, en la modalidad de proyectos del MDL, con lo que se dejarían de emitir entre 20.000 y 90.000 toneladas de CO₂ durante los 20 años de duración del proyecto, y
- ii) la instalación de reactores de materia orgánica en los municipios que tienen más de 100.000 habitantes. Si se consideran al menos diez municipios, con esta medida, se dejaría de emitir el equivalente a 375.000 toneladas de CO₂.

En comparación con el escenario de base, la implementación de estas medidas en el sector de los desperdicios permitiría obtener una reducción del 13,25% de las emisiones.

VII. Construcción de políticas públicas

El Paraguay puso en marcha su Política Ambiental Nacional en 2005, y en 2011 se concretó la Política Nacional de Cambio Climático (SEAM/PNUD, 2011). Esta última constituye el marco que define las actividades que deberán desarrollar de manera coordinada el sector público, el sector privado y la sociedad civil en relación con la problemática del cambio climático. Mediante esta política se busca contribuir a la estabilización de los gases de efecto invernadero, promover medidas de adaptación y asegurar el desarrollo sostenible del país.

La elaboración de la Política Ambiental Nacional fue un proceso nacional, amplio e incluyente, basado en la creación de consensos gubernamentales, privados y sociales para proponer líneas de acción, políticas y estrategias, como base del fortalecimiento del Programa Nacional de Cambio Climático y su proyección en el Plan Nacional de Desarrollo Sostenible.

Se contempla además el área estratégica de la adaptación, con acciones e iniciativas que se deben definir e implementar a nivel nacional o subregional, pues los impactos y las vulnerabilidades son específicos de cada lugar.

En 2012, como parte del seguimiento a la aprobación de la Política Nacional de Cambio Climático y sobre la base de sus lineamientos, se elabora el proyecto de Estrategia Nacional de Mitigación. Las acciones de mitigación propuestas consisten en medidas locales con efectos globales y son parte de una respuesta conjunta y coordinada ante el cambio climático a nivel internacional.

En el marco de la Estrategia, se propone el desarrollarlo de cuatro planes de acción: i) los inventarios y la gestión de emisiones, ii) las acciones nacionales apropiadas de mitigación, iii) el fortalecimiento de la capacidad para la implementación de la Estrategia Nacional de Mitigación, y iv) el Programa de colaboración de las Naciones Unidas para reducir las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal en los países en desarrollo (REDD+).

El Gobierno de la República del Paraguay, sobre la base de sus instrumentos estratégicos, ha establecido las siguientes acciones prioritarias para enfrentar la problemática del cambio climático (SEAM/PNUD, 2011):

A. Respeto de los bosques

- i) Detener la deforestación y la degradación de los ecosistemas boscosos, que son piezas clave en los procesos de regulación climática;
- ii) iniciar un proceso de restauración de bosques, que implica restablecer su estructura, biodiversidad y funcionalidad, además de otros ecosistemas alterados;
- iii) impulsar un nuevo modelo de desarrollo que tenga en cuenta la generación de información de base y las investigaciones científicas, que asegure el equilibrio entre la reproducción, conservación, preservación y restauración de los sistemas naturales, mediante una política de Estado, acompañada de la legislación y los recursos financieros necesarios, en forma que se respeten los derechos fundamentales de todos los habitantes, así como las prácticas tradicionales de las comunidades campesinas e indígenas, y
- iv) establecer una coordinación eficiente y eficaz entre las instituciones del Estado que deben velar por el cumplimiento de las normativas vigentes relacionadas con el cambio del uso de la tierra que provoca deforestación, de manera que se garantice el respeto de las atribuciones y competencia de dichas instituciones.

B. Respeto de la adaptación

Desde el punto de vista del Paraguay, la adaptación consiste en desarrollar la capacidad de moderar los impactos adversos del cambio climático, creando o potenciando las defensas ante ellos.

- i) Promover y facilitar la participación de todos los actores de la sociedad, principalmente de las comunidades afectadas, e incorporar sus conocimientos en las políticas y medidas previstas;
- ii) asegurar el suministro de agua en las cantidades necesarias y con la debida calidad para el consumo humano y el mantenimiento de la higiene;
- iii) asegurar el suministro de agua en las zonas críticas y combatir la salinización de las reservas hídricas del Chaco;
- iv) implementar programas de restauración de ecosistemas degradados y vulnerables al cambio climático, mediante la aplicación de las herramientas de la iniciativa ONU-REDD y una interacción positiva y amplia con los diversos actores de la sociedad en la búsqueda de soluciones estructurales e integrales;
- v) elaborar un diagnóstico de necesidades de adaptación al cambio climático, sobre la base de los distintos análisis existentes y otros por realizarse;
- vi) promover y facilitar la investigación y el análisis de las medidas tecnológicas y soluciones aplicables a la adaptación a los efectos del cambio climático, en especial las que garanticen la soberanía y seguridad alimentaria y el suministro de agua potable a las poblaciones, y
- vii) definir las acciones urgentes y llevarlas a cabo, a partir de los resultados de las investigaciones, los conocimientos existentes y el resultado del diagnóstico.

C. Respeto de la mitigación

- i) Elaborar inventarios de gases de efecto invernadero, desarrollar procedimientos para la elaboración y actualización periódica de dichos inventarios y publicar los resultados cada año, a fin de visibilizar ante la opinión pública los efectos del cambio climático en el Paraguay;
- ii) promover y facilitar la participación de todos los actores locales y los sectores de la economía nacional que, de conformidad con su potencial, puedan colaborar en la mitigación, e incorporar los conocimientos tradicionales de los pueblos indígenas y las comunidades campesinas;
- iii) promover y facilitar la investigación y el análisis de las medidas técnicas, las políticas y las soluciones que contribuyan a la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero por los diferentes sectores productivos;
- iv) restaurar los ecosistemas sobre la base del “enfoque ecosistémico” y el “enfoque de cuencas hidrográficas”, promoviendo la participación activa de las organizaciones de la sociedad civil;
- v) sustituir los combustibles fósiles y la leña en forma que optimice el uso de la biomasa con fines energéticos, utilizando como herramienta la reforestación, principalmente con especies nativas;
- vi) promover el uso de energía limpia para suministrar electricidad a los hogares, las industrias, el comercio y el transporte, así como la investigación y utilización de energía solar, eólica y otras posibles fuentes de energía limpias y renovables;
- vii) reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel nacional, y
- viii) establecer el potencial de mitigación por sector: cada sector de la economía nacional presenta distinto potencial de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, y cada uno requiere un enfoque que contribuya a evitar las emisiones excesivas o innecesarias mediante la incorporación de tecnología apropiada, el uso racional de los recursos naturales y la adecuada eliminación residuos y efluentes resultantes. De esta manera, se podrán evaluar las oportunidades que existen para implementar proyectos en el marco del MDL, lo que servirá de base para la conformación de un portafolio de proyectos que se puedan ofrecer a inversionistas interesados.

D. Respeto del financiamiento interno y el marco jurídico

- i) Adoptar políticas de Estado apropiadas que contribuyan a generar un marco jurídico y regulatorio nacional en cuanto a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, así como mecanismos de compensación;
- ii) crear un registro nacional de empresas emisoras de gases de efecto invernadero, que participen en la reducción de las emisiones y se beneficien de los mecanismos de compensación, y
- iii) adoptar estrategias que conduzcan a una transición hacia economías sostenibles, con bajos niveles de emisiones. Para encarar ese proceso de transición, es necesario contar con fondos adicionales, públicos y privados, que permitan financiar los mecanismos de compensación adecuados.

E. Estrategias transversales para abordar el cambio climático

Los estudios sectoriales abordados y las recomendaciones de adaptación y mitigación que se desprenden del presente documento coinciden con los lineamientos estratégicos de la Política Nacional de Cambio Climático, que se resumen en los cuadros VII.1 a VII.4. Como se puede apreciar, los cuatro pilares que sustentan esa política son: i) el fortalecimiento de las capacidades institucionales, ii) el financiamiento, iii) la educación, comunicación y participación ciudadana, y iv) la gestión del conocimiento y la tecnología.

CUADRO VII.1 POLÍTICA NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO: PILAR ESTRATÉGICO DEL FORTALECIMIENTO DE LAS CAPACIDADES INSTITUCIONALES

Objetivo	Lineamientos
Fortalecimiento y desarrollo de capacidades institucionales genéricas	<ol style="list-style-type: none"> Fortalecer las capacidades institucionales de las partes que integran la Comisión Nacional de Cambio Climático, incluida su modernización y adecuación estructural, con énfasis en las capacidades de planificación, ejecución y seguimiento de la temática sobre el cambio climático. Asegurar la incorporación permanente del talento humano idóneo para la Oficina Nacional de Cambio Climático. Asegurar la instalación de una estructura organizacional adecuada en la Oficina Nacional de Cambio Climático. Fomentar la cohesión entre las partes de la Comisión Nacional de Cambio Climático a fin de potenciar su capacidad de coordinación y articulación. Asegurar la implementación de un marco jurídico y normativo con miras a lograr el adecuado funcionamiento del Programa Nacional de Cambio Climático. Asegurar la instalación de un sistema integral de control y evaluación permanente mediante indicadores de gestión, sistema de rendición de cuentas, política de incentivos y sanciones de la Oficina Nacional de Cambio Climático. Fomentar las alianzas estratégicas con instituciones locales e internacionales que contribuyan con sus experiencias y conocimientos a la formulación de buenas prácticas. Asegurar la disponibilidad de una infraestructura edilicia, tecnológica y logística para el funcionamiento adecuado de la Oficina Nacional de Cambio Climático. Fomentar el fortalecimiento de capacidades nacionales a nivel gubernamental, departamental y municipal, con inclusión de instituciones del sector privado y de la sociedad civil. Asegurar la instalación de un sistema de evaluación participativa de los mecanismos relacionados con el cumplimiento de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y de las obligaciones internacionales. Asegurar la instalación y monitoreo de un sistema de salvaguardas sociales y ambientales.
Fortalecimiento y desarrollo de capacidades institucionales específicas	<ol style="list-style-type: none"> Fortalecer las capacidades institucionales para diseñar e implementar programas y proyectos con la finalidad de hacer frente a los efectos negativos del cambio climático y mitigar la emisión de gases de efecto invernadero. Fortalecer las capacidades institucionales que permitan utilizar los mecanismos y oportunidades que han surgido como consecuencia del cambio climático para lograr un desarrollo sostenible. Fortalecer las capacidades institucionales para incorporar el cambio climático en las políticas sectoriales, territoriales e institucionales. Fortalecer las capacidades relacionadas con las distintas áreas del cambio climático, entre otras cosas, mediante: <ol style="list-style-type: none"> foros permanentes de debate sobre aspectos prioritarios relacionados con el cambio climático; los mercados de carbono; la captación de fondos públicos o donaciones, además de otros mecanismos de financiación, y la negociación en ámbitos nacionales e internacionales. Fortalecer las capacidades institucionales para fomentar las sinergias con otras convenciones, en acciones relacionadas con el cambio global.

Cuadro VII.1 (conclusión)

Objetivo	Lineamientos
	<ol style="list-style-type: none"> 6. Fortalecer las capacidades para lograr arreglos institucionales capaces de canalizar recursos a escala necesaria. 7. Fortalecer las capacidades institucionales mediante la incorporación del enfoque de género, en forma que permita una mayor participación de las mujeres en las acciones de adaptación al cambio climático y su mitigación. 8. Fortalecer las capacidades institucionales para potenciar los sistemas tradicionales (conocimientos y prácticas), como innovaciones de los pueblos indígenas y de las comunidades locales para adaptarse al cambio climático y mitigar sus efectos. 9. Fortalecer las capacidades institucionales que impulsen la participación de actores locales y sectoriales con miras a la articulación de políticas de desarrollo sostenible con enfoque territorial. 10. Fortalecer las capacidades institucionales para promover medidas de adaptación que vayan de la mano con procesos sostenibles de reducción conjunta de las dimensiones de pobreza desde una perspectiva territorial. 11. Fortalecer las capacidades institucionales para identificar oportunidades e instrumentar actividades relacionadas con medidas basadas en ecosistemas como componentes clave de la estrategia amplia de adaptación.

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de la Secretaría del Ambiente del Paraguay/Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (SEAM/PNUD), 2011, *Política nacional de cambio climático del Paraguay*, Asunción.

CUADRO VII.2

POLÍTICA NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO: PILAR ESTRATÉGICO DEL FINANCIAMIENTO

Objetivo	Lineamientos
Promover la búsqueda y obtención de fuentes de financiamiento para hacer frente a los impactos del cambio climático.	<p>Potenciación financiera y estructural del Programa Nacional de Cambio Climático.</p> <p>Financiamiento climático.</p> <p>Áreas temáticas que financiar. Sectores consensuados.</p> <p>Fuentes de financiamiento consensuados.</p>

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de la Secretaría del Ambiente del Paraguay/Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (SEAM/PNUD), 2011, *Política nacional de cambio climático del Paraguay*, Asunción.

CUADRO VII.3

POLÍTICA NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO: PILAR ESTRATÉGICO DE LA EDUCACIÓN, COMUNICACIÓN Y PARTICIPACIÓN CIUDADANA

Objetivo	Lineamientos
Mejorar la comprensión, el entendimiento y el abordaje del cambio climático a nivel nacional	<ol style="list-style-type: none"> 1. Promover la inclusión efectiva de los temas relacionados con el cambio climático en la educación formal (inicial, básica, media, técnica y superior), no formal e informal. 2. Promover el desarrollo de capacidades, competencias científicas, destrezas y habilidades, con la adecuada capacitación de los recursos humanos para que puedan abordar los temas del cambio climático. 3. Fomentar la realización de investigaciones permanentes y la generación de conocimientos sobre los aspectos sociales, económicos y ambientales relacionados con el cambio climático y cómo afectan a hombres y mujeres en forma diferenciada. 4. Sensibilizar a los encargados de la adopción de decisiones, comunidades e individuos, fomentando cambios de actitud y comportamiento frente a las nuevas dinámicas del sistema climático. 5. Elaborar e implementar una estrategia de comunicación interna y externa del Programa Nacional de Cambio Climático que fortalezca la interacción de las instituciones miembros y potencie el vínculo del programa con toda la sociedad.

Cuadro VII.3 (conclusión)

Objetivo	Lineamientos
	<ol style="list-style-type: none"> 6. Promover y facilitar el acceso público a la información sobre las causas, consecuencias e impactos del cambio climático y las acciones para afrontarlos. 7. Involucrar efectivamente a la ciudadanía en general y a los encargados de la adopción de decisiones, y en particular a los formadores de opinión, en cuanto a la elaboración, planificación, ejecución, monitoreo y evaluación de políticas, planes, programas y proyectos relacionados con el cambio climático. 8. Incluir las consideraciones culturales, étnicas y de perspectiva de género en el diseño de todos los planes, programas y acciones, y en el proceso de toma de decisiones.

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de la Secretaría del Ambiente del Paraguay/Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (SEAM/PNUD), 2011, *Política nacional de cambio climático del Paraguay*, Asunción.

CUADRO VII.4

POLÍTICA NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO: PILAR ESTRATÉGICO DE LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO Y LA TECNOLOGÍA

Objetivo	Lineamientos
Desarrollar e incorporar la gestión del conocimiento y los adelantos científicos y tecnológicos para la adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gestión de riesgos: establecer planes y programas de gestión del riesgo a fin de definir la vulnerabilidad y anticipar los impactos asociados al cambio climático de conformidad con criterios de vulnerabilidad, frecuencia e intensidad del impacto, sobre cuya base se plantean medidas, capacidad nacional y local de adaptación, así como acciones preventivas que reduzcan el costo del impacto. 2. Transferencia de tecnología: fomentar los mecanismos que impulsen la transferencia de tecnología y conocimientos al menor costo posible desde sus fuentes hacia los niveles correspondientes, desde los centros de investigación u otros niveles para su posterior aplicación en la sociedad. 3. Investigación: <ol style="list-style-type: none"> i) fomentar la investigación relacionada con la adaptación al cambio climático en sectores prioritarios para el país, como base para la definición de medidas; ii) promover y facilitar la investigación y el análisis de medidas tecnológicas y soluciones aplicables a la adaptación a los efectos del cambio climático, incluidas las que garanticen la soberanía y la seguridad alimentaria; iii) promover investigaciones que conduzcan a la reducción de la vulnerabilidad del país frente al cambio climático, y iv) relevar el conocimiento de las comunidades locales e indígenas a fin de hacer frente al cambio climático. 4. Información: promover la creación de un sistema de información que genere, centralice, sistematice y provea la información histórica, actual y sobre los escenarios climáticos futuros que sirvan de base para la ejecución de planes y medidas de adaptación al cambio climático. 5. Observación sistemática: promover el fortalecimiento de sistemas de monitoreo, observación y predicción del clima y otros indicadores relacionados con los impactos del cambio climático. 6. Innovación: promover la creatividad y las condiciones para desarrollar nuevos abordajes, métodos, soluciones y nuevas tecnologías con miras a la adaptación al cambio climático. 7. Relevamiento: documentar los conocimientos tradicionales y las innovaciones realizadas por los pueblos indígenas.
	<p>Con referencia a la mitigación</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fomentar mecanismos que impulsen la transferencia de tecnología limpia, conocimientos conducentes a un impacto social positivo y una reducción en la emisión de gases de efecto invernadero. 2. Fomentar la investigación relacionada con la mitigación, como base para la definición de planes y programas relacionados con la reducción de los gases de efecto invernadero. 3. Promover y facilitar la investigación y el análisis de las medidas tecnológicas y soluciones aplicables a la mitigación de la emisión de los gases de efecto invernadero.

Cuadro VII.4 (conclusión)

Objetivo	Lineamientos
	<ol style="list-style-type: none"><li data-bbox="516 264 1369 342">4. Promover la creación de un sistema de información que genere, centralice, sistematice y provea la información histórica, actual y de escenarios climáticos futuros que sirvan de base para la ejecución de planes y medidas de mitigación de emisión de los gases de efecto invernadero.<li data-bbox="516 348 1369 405">5. Promover el desarrollo de nuevos abordajes, métodos, soluciones y tecnologías para la mitigación de la emisión de los gases de efecto invernadero.<li data-bbox="516 411 1369 457">6. Potenciar el conocimiento y la práctica de los pueblos indígenas y comunidades campesinas en la conservación de los bosques.

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de la Secretaría del Ambiente del Paraguay/Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (SEAM/PNUD), 2011, *Política nacional de cambio climático del Paraguay*, Asunción.

VIII. Conclusiones

El estudio realizado permite proyectar que, hacia fines de 2040 en el escenario A2, la temperatura se incrementaría de 1°C a 2°C en casi todo el territorio del Paraguay, a excepción de Ñeembucú, Itapúa y Boquerón; hacia fines del siglo se esperaría un incremento de 4°C a 5°C en el norte de la región oriental, mientras que el resto del territorio experimentaría un incremento de 3°C a 4°C. En el escenario B2, hacia fines del siglo se esperarían aumentos ligeramente inferiores, particularmente en el norte de la región oriental, donde se presentaría un incremento de 3°C a 4°C, mientras que el resto del territorio experimentaría un incremento de 2°C a 3°C.

Con respecto a las precipitaciones, en el escenario A2 hacia fines de 2040, se esperaría que aumenten, sobre todo en el Chaco Norte. Hacia fines del siglo se esperaría un incremento del 10% al 30%, que presentaría la mayor intensidad al norte del territorio nacional. En el escenario B2, para 2040, se esperaría un ligero incremento de la precipitación en el norte de la región occidental, el Chaco Norte, mientras que el resto del país mantendría un comportamiento similar a la línea de base. Según ese escenario, hacia fines del siglo en algunos lugares, como el Chaco Norte y el departamento de Cordillera, habría incrementos de la precipitación de hasta un 20%.

Con esas proyecciones climáticas, el Paraguay sería más vulnerable al cambio climático por ser altamente dependiente del sistema primario de producción y con un sector de servicios aún en desarrollo, principalmente en el área de la salud. De hecho, es uno de los países de América Latina que presenta una de las tasas más altas de participación de las actividades agropecuarias en la formación del PIB. Este sector ha experimentado una fuerte expansión debido a la creciente demanda externa, centrada principalmente en productos como la soja y la carne bovina, lo que ha implicado la creciente incorporación de nuevas tierras a la producción agropecuaria y un subsecuente proceso de deforestación que ha sido uno de los más dinámicos de la región.

Los resultados muestran que los impactos económicos del cambio climático evaluados en el presente estudio serían significativos. El efecto total sobre la economía se obtuvo agregando los valores de los sectores agropecuario, de la salud y de fenómenos extremos, proyectados hasta 2100. Con una tasa de descuento del 0,5% y el 2%, la economía experimentaría un costo neto agregado que se ubicaría en un rango de 80.200 millones de dólares a 14.300 millones de dólares, en el escenario A2. Por su parte, en el escenario B2, estos costos se encontrarían en un rango de 50.500 millones de dólares a 9.700 millones de dólares. Los costos en el escenario A2 representarían entre un 1,0% y un 0,4% del PIB descontado y, en el escenario B2, entre un 0,6% y un 0,3% del PIB descontado a las respectivas tasas.

Por otro lado, al considerar una tasa de descuento del 4%, los impactos podrían ser incluso positivos al darse mayor peso a las ganancias a corto plazo del sector de la soja.

Al desglosar por períodos los impactos del cambio climático y sin descontar los flujos futuros, en el período 2010-2039 se presentaría un beneficio del 2,5% del PIB del período en el escenario A2, mientras que, en el escenario B2, el beneficio sería del 1,1%. En lo que respecta al período 2040-2069, los beneficios serían mucho menores y estarían cercanos al 0% del PIB en el escenario A2, siendo del 0,4% en el escenario B2. Por último, en el período 2070-2100 en ambos escenarios habría costos, equivalentes al 2% del PIB en el escenario A2 y al 1,3% en el escenario B2.

Con respecto a las proyecciones sectoriales, los resultados obtenidos confirman que, incluso si la participación del sector agropecuario en el PIB global ha de disminuir progresivamente, su comportamiento seguirá incidiendo fuertemente sobre el conjunto. De manera puntual, en la agricultura empresarial, representada en este estudio por tres cultivos, habría una alta vulnerabilidad en relación con la soja en ambos escenarios, mientras que el trigo presentaría una vulnerabilidad media. Por su parte, el maíz no es muy vulnerable al cambio climático en términos agregados.

En el caso de la agricultura familiar, representada en este estudio por cinco rubros (algodón, poroto, caña de azúcar, sésamo y mandioca), dos de esos productos son altamente vulnerables al cambio climático. El poroto, un rubro de autoconsumo y de renta, presenta una vulnerabilidad agregada importante en ambos escenarios, y lo mismo sucede con el algodón. Sin embargo, la caña de azúcar, el sésamo y la mandioca presentarían una vulnerabilidad media en ambos escenarios a lo largo del horizonte del estudio, incrementándose a partir de 2070 hasta fines del siglo.

En relación con el sector de la salud, se estableció el incremento del número de casos adicionales de dengue en ambos escenarios. Si bien la malaria muestra una tendencia inicial a la eliminación, el número de casos aumentaría a partir de 2070. Esa tendencia es la misma en ambos escenarios.

Se observaron ciertas particularidades que se atribuyen a la dinámica de transmisión de las enfermedades. Por ejemplo, que las características climáticas pueden favorecer, hasta cierto rango de temperatura, la proliferación de los vectores y agentes etiológicos del dengue y la malaria.

Algo similar podría esperarse en relación con las enfermedades diarreicas, cuyos aumentos en verano e invierno son potencialmente de etiología diferente. Estas dolencias mostrarían un leve incremento en ambos escenarios, acentuándose a partir de 2050 en el escenario A2. En contraste, las enfermedades respiratorias agudas muestran una tendencia a disminuir de forma constante en ambos escenarios durante casi la totalidad del período y con incrementos recién a partir de 2070.

En cuanto a los fenómenos meteorológicos extremos, se esperaría que se incrementen considerablemente a partir de 2070. Las sequías se darían con mayor frecuencia en la región occidental, en particular en los meses de octubre a marzo, período en que habitualmente se registran lluvias altas en el país. Paradójicamente, las inundaciones también serían más frecuentes en la región occidental, pero ocurrirían entre abril y septiembre, o sea, durante el período de lluvias bajas.

Con respecto al agua, y en función del estrés hídrico, se esperaría a partir de 2030, en ambos escenarios, una vulnerabilidad ligeramente superior a la línea de base. Dada la gran disponibilidad de ese recurso en el Paraguay y la baja densidad poblacional proyectada, no se prevé un mayor grado de estrés hídrico y solo se observaría una vulnerabilidad moderada a fines del siglo, en el escenario B2. Es importante señalar que ese resultado corresponde a un promedio nacional, por lo que la vulnerabilidad podría ser mayor en algunas regiones.

El impacto de la variabilidad climática en el sector pecuario sería mayor en la producción de carne que en la de leche. Esto se explica porque las prácticas pecuarias en el Chaco se llevan a cabo en forma extensiva. Por otro lado, el factor que más afecta la producción de leche es el estrés calórico pero,

al ser una actividad más intensiva y con mayor control, los productores buscan proporcionar condiciones óptimas y asegurar la alimentación, por lo que se reduce el impacto de las condiciones climáticas.

A partir de la información existente fue posible determinar que los impactos potenciales del cambio climático sobre la biodiversidad se encuentran asociados a la vulnerabilidad de las distintas especies y a la afectación de los bosques y el paisaje. Los cambios de las variables climáticas parecen tender hacia la sabanización de las zonas boscosas, de modo que las zonas secas serían aun más secas y cálidas, con reducciones de la precipitación en zonas clave, como las áreas silvestres protegidas o las reservas naturales. Los impactos sobre la fauna y la flora, en general, son muy complejos y difíciles de predecir, pues resultan favorables a algunas especies y al mismo tiempo promueven la extinción de otras cuyo rango de distribución es muy reducido.

El conjunto de resultados permite señalar dos aspectos fundamentales: i) que el cambio climático tendría impactos significativos en la economía paraguaya, y ii) que los costos de la inacción serían elevados, pero podrían reducirse, con una participación activa en lo que se refiere a medidas de adaptación.

De ahí la necesidad de la adaptación al cambio climático, en particular mediante estrategias a mediano o largo plazo y de forma sostenida, según el sector de que se trate. En ocasiones, se subvalora esa necesidad, en comparación con otros temas relacionados, como las crisis y urgencias.

En el estudio se indican las principales medidas de adaptación aplicables en los sectores agrícola, de salud y de fenómenos meteorológicos extremos, que se deberían considerar en el marco del fortalecimiento de la capacidad del Paraguay en materia de adaptación al cambio climático. Un aspecto fundamental es la asignación de un presupuesto adecuado a esos fines, sin lo que sería difícil aplicar cualquier iniciativa. Dada la transversalidad de los impactos del cambio climático, se plantean concatenaciones multidimensionales e incertidumbres que imponen la necesidad de evaluar las medidas de adaptación en estrecha relación con las políticas de desarrollo del país.

El Paraguay presenta una participación mínima en las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global y considera que la mitigación debe ser parte de la cooperación conjunta, sobre la base de responsabilidades comunes pero diferenciadas. En el presente estudio se determinó que el principal sector emisor es el del cambio del uso de suelo y la silvicultura, por lo que se proponen algunas iniciativas que el Paraguay podría aplicar para reducir sus emisiones o aumentar sus sumideros de carbono. Entre ellas estarían las innovaciones tecnológicas, la reducción de los principales factores emisores, la reforestación, la forestación y el mantenimiento de la superficie boscosa.

Además, se determinó que el sector de los desperdicios, es el de mayor aumento, dado que el país se ha urbanizado intensamente en los últimos años. De ahí que la mayor preocupación sea el volumen de residuos generado y el espacio necesario para su depósito, por lo que implica desde el punto de vista de la salud de la población y la protección del medio ambiente. En consecuencia, la aplicación de medidas de mitigación en este sector no solo haría disminuir las emisiones, sino que mejoraría la calidad de vida de los habitantes y la situación del medio ambiente.

Por otra parte, el estudio permitió definir los alcances y las limitaciones de la información disponible para evaluar los impactos del cambio climático. Se pueden visualizar las áreas donde se deberían desarrollar otras iniciativas que contribuyan al diseño de políticas y estrategias orientadas a hacer frente a los desafíos del cambio climático y sus impactos en la sociedad y la economía nacional.

El presente estudio es una herramienta para los encargados de la adopción de decisiones, ya que en él se ha presentado un análisis sobre distintos aspectos vulnerables ante las variaciones futuras del clima y se ha hecho una valoración de los impactos económicos del cambio climático, desde una perspectiva integral y más allá de las limitaciones en sectores particulares. Por último, se logró definir las medidas de adaptación y mitigación que permitirían encarar los impactos futuros y disminuir la participación del Paraguay en las emisiones globales.

Bibliografía

- Añe, G. y otros (2006), “Impacto económico del dengue y del dengue hemorrágico en el Estado de Zulia, Venezuela, 1997–2003”, *Revista Panamericana de Salud Pública*, vol. 19, N° 5.
- Arnell, Nigel W. (2004), “Climate change and global water resources: SRES emissions and socio-economic scenarios”, *Global Environmental Change*, vol. 14, N° 1.
- Báez, E., M. A. Dentice e I. Heitmann (2008), “El costo del tratamiento antibiótico de síndromes infecciosos prioritarios en Paraguay, 2004”, *Revista Panamericana de Infectología*, vol. 10, N° 4.
- Balbuena, O. (2003), “Suplementación en rodeos de cría de Chaco y Formosa”, *Hoja de Divulgación Técnica*, N° 12, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)/Centro Regional Chaco-Formosa.
- Bavera, G. A. (2000), “Suplementación mineral del bovino a pastoreo y referencias en engorde a corral”, Río Cuarto, Edición del Autor [en línea] http://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/03-necesidad_suplementar.pdf.
- Banco Central del Paraguay (2008), “Estadística económica. Análisis coyuntural” [en línea] <https://www.bcp.gov.py/analisis-coyuntural-i360>.
- ____ (2007), *Sistema de Cuentas Nacionales del Paraguay 1991-2007*, septiembre.
- Bohn, E. (2009), “Tablero de comando” para la promoción de los biocombustibles en Paraguay”, *Documentos de Proyecto*, N° 238 (LC/W.238), Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Cacciali, P., R. Villalba y A. Yanosky (2007), “New species of atractus (serpentes: colubridae: dipsadinae) from Alto Parana Atlantic Forest of Paraguay”, *South American Journal of Herpetology*, vol. 2, N° 2.
- Camilloni, I., I. Cavalcanti y Tércio Ambrizzi (2006), “Escenarios climáticos”, *El cambio climático en la cuenca del Plata*, V. Barros, R. Clarke y P. Silva Días (eds.), Buenos Aires, Ediciones Cima.
- Cartes, J.L. (2007), “Patrones de uso de los mamíferos del Paraguay. Importancia socio-cultural y económica”, *Biodiversidad del Paraguay, una aproximación a sus realidades*, D. Salas-Dueñas y J.F. Facetti (eds.), Asunción, Fundación Moisés Bertoni.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2009), *Anuario estadístico de América Latina y El Caribe, 2008* (LC/G.2399-P), Santiago de Chile, febrero. Publicación de las Naciones Unidas. N° de venta: E/S.09.II.G.1.
- Delpiano, L. y otros (2006a), “Características y costos directos de infecciones respiratorias agudas en niños de guarderías infantiles”, *Revista Chilena de Infectología*, vol. 23, N° 2.

- _____ (2006b), “Comportamiento clínico y costos de la gastroenteritis por rotavirus en lactantes: adquisición vs. nosocomial”, *Revista Chilena de Infectología*, vol. 23, N° 1.
- DGEEC (Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos del Paraguay) (2002), *Resultados finales Censo Nacional de Población y Viviendas. Año 2002 – Distrital*, Asunción.
- Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuarias (2003), “Encuesta agropecuaria por muestreo 2001/2002”, Asunción, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).
- Espinosa, F. J. (1994), “Estimación de los costos de la epidemia de dengue en el año 1994 en Nicaragua. Informe de consultoría”, Organización Panamericana de la Salud (OPS), abril.
- Facetti, J. F. (2002), *Estado ambiental del Paraguay. Presente y futuro*, Asunción, Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ).
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2004) *Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina. Informe nacional, Paraguay*, Roma.
- _____ (2001), “Causas y tendencias de la deforestación en América Latina”, *Documento de trabajo*, N° 52, Roma.
- FMI (Fondo Monetario Internacional) (2009), “World Economic Outlook Database” [en línea] <http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2009/01/weodata/index.aspx>.
- Francke, P. (2000), “Impacto económico de la malaria en el Perú”, *Documento de trabajo*, N° 179, Departamento de Economía, Pontificia Universidad Católica del Perú [en línea] <http://departamento.pucp.edu.pe/economia/images/documentos/DDD185.pdf>.
- Gates, D. M. (1970), “Animal climates (where animals must live)”, *Environmental Research*, vol. 3.
- Grassi, B., P. A. Max y J. Armoa (2005), “Un análisis del comportamiento de la precipitación en el Paraguay. Informe final del proyecto”, San Lorenzo, Universidad Nacional de Asunción.
- _____ (2004), “Análisis de la tendencia de la temperatura del aire en el Paraguay. Informe final del proyecto”, San Lorenzo, Ciudad Universitaria.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) (2007), “Glosario de términos utilizados en el Tercer informe de evaluación del IPCC” [en línea] <https://www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-sp.pdf>.
- _____ (1996), “Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories”, *Reference Manual*, vol. 3.
- Mereles H., M. F. (2007), “La diversidad vegetal en el Paraguay”, *Biodiversidad del Paraguay, una aproximación a sus realidades*, D. Salas-Dueñas y J.F. Facetti (eds.), Asunción, Fundación Moisés Bertoni.
- Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social del Paraguay (2007), “Costo campaña contra el dengue 2007”, inédito.
- _____ (2006), “La Estrategia de Gestión Integrada (EGI) –Dengue”, Dirección General de Vigilancia de la Salud.
- Naciones Unidas (2004), “World Population in 2300”, Department of Economic and Social Affairs, [en línea] <http://www.un.org/esa/population/publications/longrange2/WorldPop2300final.pdf>.
- OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica) (2007), *Modelo para el Análisis de la Demanda de Energía (MAED-2). Manual del usuario (IAEA/CMS/18/S)*, Viena.
- OPS (Organización Panamericana de la Salud) (2001), *Análisis sectorial de residuos sólidos en Paraguay*, Organización Panamericana de la Salud (OPS)/Organización Mundial de la Salud (OMS) [en línea] <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/e/fulltext/analisis/paraguay.pdf>.
- Ortiz Bultó, P. L. (2006), “Assessment of human health vulnerability to climate variability and change in Cuba”, *Environmental Health Perspectives*, vol. 14, N° 12.
- Páez, M., M. Almirón y R. Figueroa (1999), *Enfermedades emergentes y re-emergentes. Un nuevo modelo de vigilancia epidemiológica para el Paraguay*, Asunción, Dirección General de Epidemiología, Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social del Paraguay/ Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud (IICS)/Organización Panamericana de la Salud (OPS).

- Rodas, O. y otros (2006), “Ecosystems gap analysis in Paraguay”, *Gap Analysis Bulletin*, N° 14, Arlington, Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).
- Rojas de Arias, A. (2007), “Ecosistema y salud. El impacto de las alteraciones ambientales en las enfermedades transmitidas por vectores”, *Biodiversidad del Paraguay, una aproximación a sus realidades*, D. Salas-Dueñas y J.F. Facetti (eds.), Asunción, Fundación Moisés Bertoni.
- ____ (2006), “Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. Plan de Implementación”, Secretaría del Ambiente, Programa Nacional de Cambio Climático (PNCC), inédito.
- ____ (2001), “Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático, sector salud”, *Primera comunicación sobre cambio climático en el Paraguay*, Secretaría del Ambiente/Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
- Roses, M. y M. G. Guzmán (2007), “Dengue y dengue hemorrágico en las Américas”, *Revista Panamericana de Salud Pública*, vol. 21.
- Schmunis, G. A. y otros (2008), “Costo de la infección nosocomial en unidades de cuidados intensivos de cinco países de América Latina: llamada de atención para el personal de salud”, *Revista Panamericana de Infectología*, vol. 10, N° 4.
- SEAM (Secretaría del Ambiente del Paraguay) (2011), *Segunda comunicación nacional cambio climático Paraguay*, noviembre.
- SEAM/FMAM/PNUD (Secretaría del Ambiente del Paraguay/Fondo para el Medio Ambiente Mundial/Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) (2007), *Estrategia Nacional y Plan de Acción para la Conservación de la Biodiversidad del Paraguay (ENPAB) 2004-2009*, Asunción.
- SEAM/PNUD (Secretaría del Ambiente del Paraguay/Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) (2011), *Política nacional de cambio climático del Paraguay*, Asunción.
- ____ (2006), *Segundo informe nacional al Convenio de Diversidad Biológica*, Asunción.
- SEAM/PNCC (Secretaría del Ambiente del Paraguay/Programa Nacional de Cambios Climáticos) (2009), “Adaptación y vulnerabilidad”, Subcomponente Salud, inédito.
- SENEPA (Servicio Nacional de Erradicación del Paludismo) (2008), *Memoria anual 2008*, Asunción.
- ____ (2007), *Informe anual 2007*, Asunción.
- ____ (2006), *Informe anual 2006*, Asunción.
- ____ (2005), *Informe anual 2005*, Asunción.
- ____ (2003), *Informe anual 2003*, Asunción.
- ____ (1999), *Memoria anual 1999*, Asunción.
- Stern, Nicholas (2006), *The Economics of Climate Change. The Stern Review*, Londres, Cambridge University Press.
- Suaya, J. A. y otros (2009), “Cost of dengue cases in eight countries in the Americas and Asia: a prospective study”, *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, vol. 80, N° 5.
- Tortella, J. J. y otros (2008), “Costo del tratamiento de infecciones en la República Argentina”, *Revista Panamericana de Infectología*, vol.10, N° 4.
- Valtorta, S. y M. Gallardo (1996), “El estrés por calor en producción lechera”, *Miscelánea*, vol. 81, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).
- Viceministerio de Minas y Energía del Paraguay (2007), “Estudio de país: Paraguay. Aplicación del modelo MAED del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Proyecto Regional (RLA/0/029). Primer Borrador”, San Lorenzo.

Anexo

Cambios en rendimientos agrícolas e intervalos de confianza

El análisis relacionado con los impactos del cambio climático en la agricultura utiliza diversos supuestos con el fin de dimensionar las variaciones en los rendimientos de los cultivos que se podrían generar en el Paraguay. Esta estimación es compleja e implica relacionar y modelar procesos de diferentes características y naturaleza como son los climáticos, los fenológicos y los procesos productivos.

Una de las herramientas más usadas para estudiar la evolución futura del clima son los modelos climáticos. No obstante, dada la complejidad y no linealidad de los sistemas climáticos, ciertos procesos deben ser parametrizados y representados de manera simplificada. A su vez, los modelos productivos también incluyen diversos supuestos sobre las características fenológicas de cada cultivo, así como de los rendimientos asociados a cada área geográfica. Por ello, las proyecciones de cambio en los rendimientos constituyen escenarios que probablemente puedan ocurrir, pero no son pronósticos exactos. También existen limitaciones asociadas con la falta de información en algunos cultivos, además de los distintos grados de incertidumbre del propio fenómeno del cambio climático.

El análisis de la incertidumbre se puede abordar por medio de la construcción de distintos intervalos de confianza que permiten entregar los rangos más probables a partir del uso de la mejor información disponible. En el siguiente cuadro se presenta este análisis para el caso de la agricultura empresarial, donde se muestra el cambio esperado para el rendimiento medio para el período 2010-2100 y los rangos en los que debiera oscilar esta variación. Cabe señalar que la evolución anual puede mostrar fluctuaciones mayores que el promedio aquí presentado y que, en general, los efectos de corto plazo podrían ser positivos pero con tendencia negativa conforme avanza el tiempo.

CUADRO A.1
VARIACIÓN DEL RENDIMIENTO MEDIO DE LA AGRICULTURA EMPRESARIAL
PARA EL ESCENARIO A2, 2010-2100, CON INTERVALOS DE CONFIANZA
(En porcentajes y nivel de confianza al 99%)

Cultivo	Rango inferior	Cambio medio	Rango superior
Soja	-28,6	-14,2	0,2
Trigo	-27,4	-17,2	-7,1
Maíz	4,7	7,3	10,0

Fuente: Elaboración propia.



La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe

