

# LA ECONOMÍA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA ARGENTINA

Primera aproximación



NACIONES UNIDAS

CEPAL



Ministry of Foreign  
Affairs of Denmark



UNION EUROPEA



cooperación  
alemana  
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEITUNG



# **La economía del cambio climático en la Argentina**

**Primera aproximación**

**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 autores y pueden no coincidir con las de la Organización ni con las de la República Argentina.

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 cuadros, diagramas, gráficos, recuadros y mapas que aparecen en esta publicación estuvo a cargo de los autores, salvo que se indique otra cosa.

LC/W.567

Copyright © Naciones Unidas, enero 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 LA ARGENTINA

Primera aproximación



NACIONES UNIDAS

CEPAL

## **Estudio Regional de la Economía del Cambio Climático (ERECC)**

### **Equipo de la 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  
Oscar Cetrángolo, Experto en políticas públicas, Oficina de la CEPAL en Buenos Aires

### **Panel asesor internacional:**

Daniel Bouille, Asesor en mitigación  
Graciela Magrin, Asesora en adaptación  
Gustavo Nagy, Asesor en adaptación  
José Marengo, Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales, Brasil (INPE)  
Lincoln Muniz, Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales, Brasil (INPE)  
Coordinador en la Argentina:  
Leonidas Osvaldo Girardin (CONICET/Fundación Bariloche)

### **Asistencia a la coordinación:**

Jorge Luis Etcharrán (Universidad Tecnológica Nacional)

### **Colaboradores temáticos:**

#### **Impactos sobre la biodiversidad en los esteros del Iberá**

Juan José Neiff (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)/Centro de Ecología Aplicada del Litoral, (CECOAL))

#### **Impactos sobre la deforestación y la biodiversidad en el noroeste**

Ignacio Gasparri (Universidad Nacional de Tucumán, Instituto de Ecología Regional)  
Ricardo Torres (Universidad Nacional de Tucumán, Instituto de Ecología Regional)  
Ricardo Grau (Universidad Nacional de Tucumán, Instituto de Ecología Regional)

#### **Impactos sobre los caudales de los principales ríos de la región del Comahue**

Rafael Seoane (Universidad de Buenos Aires)  
Víctor Pochat (Instituto Nacional del Agua)

#### **Impactos sobre los caudales de los principales ríos de la Cuenca del Plata**

Vicente Barros (Comisión Interdisciplinaria de Medio Ambiente (CIMA)/CONICET/Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEN) de la Universidad de Buenos Aires (UBA))

#### **Impactos sobre las inundaciones de los ríos Uruguay y Paraná**

Inés Camillioni (CIMA/CONICET/FCEN/UBA)

#### **Impactos sobre los caudales de los ríos del sistema de los esteros del Iberá**

Ricardo Vidal (CIMA/CONICET/FCEN/UBA)

#### **Impactos sobre los caudales de los principales ríos de la región de Cuyo**

José Boninsegna (Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA)/CONICET)

#### **Impactos sobre la oferta y demanda de agua en la región de Cuyo**

Armando Llop (Instituto Nacional del Agua (INA))

#### **Vulnerabilidad de las costas del río de la Plata**

Vicente Barros (CIMA/CONICET/FCEN/UBA)

#### **Impactos sobre la producción agrícola**

Ana Murgida (Facultad de Filosofía y Letras/UBA)  
María Isabel Travasso (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA))

#### **Impactos sobre la salud**

Aníbal Carbajo (Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEN)/UBA)

### **Valorización económica de los impactos y las medidas de adaptación**

Leonidas Osvaldo Girardin (Coordinación) (Fundación Bariloche/CONICET)  
Guillermo Gallo Mendoza (Fundación Patagonia Tercer Milenio)  
Marita Mokobodzki Ongaro (Fundación Bariloche)  
Juan Mandayo (Fundación Bariloche)

### **Escenarios de emisiones y medidas de mitigación en el sector energético**

Leonidas Osvaldo Girardin (Coordinación) (Fundación Bariloche/CONICET)  
Gonzalo Bravo (Fundación Bariloche)  
Rocío Araoz Sandoval (Fundación Bariloche)

### **Escenarios de emisiones y medidas de mitigación en el sector de procesos industriales**

Pablo Guidalo  
Laura Dawidowski (Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA))

### **Escenarios de emisiones y medidas de mitigación en el sector agrícola**

Miguel Angel Taboada (FAG/UBA/INTA)

### **Escenarios de emisiones y medidas de mitigación en el sector ganadero**

Laura Finster (INTA)  
Escenarios de emisiones y medidas de mitigación en el sector residuos  
Ricardo Vicari (FCEN/UBA)

### **Escenarios de emisiones y medidas de mitigación en el sector de uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura**

Héctor Ginzo

### **Escenarios socioeconómicos de largo plazo para los escenarios de emisiones**

Leonidas Osvaldo Girardin (Coordinación) (Fundación Bariloche/CONICET)  
Héctor Pistonesi (Fundación Bariloche)

### **Cálculo de los costos de mitigación**

Leonidas Osvaldo Girardin (Coordinación) (Fundación Bariloche/CONICET)  
Gonzalo Bravo (Fundación Bariloche)  
Rocío Araoz Sandoval (Fundación Bariloche)

### **Panel asesor nacional**

Se recibieron comentarios y aportes por parte de las autoridades y funcionarios de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable y del Ministerio de Economía y Finanzas Públicas, quienes formaron parte del Panel Asesor Nacional. Se agradece en especial a los siguientes funcionarios de las distintas reparticiones por sus contribuciones para llevar adelante esta investigación: Nazareno Castillo, Gabriel Blanco, Martín Chojo y Vanesa D'Elia.

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





## Índice

Resumen ejecutivo .....	17
I. El cambio climático en la Argentina .....	25
A. Aspectos generales .....	25
B. Algunos datos básicos .....	29
C. El cambio climático en la Argentina .....	30
II. Escenario macroeconómico y demográfico .....	37
A. El contexto internacional y sus efectos para el país .....	37
B. El contexto nacional .....	39
C. Desarrollo económico y emisiones .....	42
D. Escenario macroeconómico nacional .....	48
III. Metodologías empleadas para el análisis económico del cambio climático .....	53
A. Desarrollo de escenarios .....	54
B. Valorización del impacto del cambio climático .....	56
IV. Impactos económicos, y vulnerabilidad al cambio climático y a los eventos extremos .....	65
A. Recursos hídricos .....	66
1. Impactos previstos y vulnerabilidad de los principales ríos de la cuenca del Plata .....	67
2. Impactos previstos y vulnerabilidad según los escenarios de inundaciones de los ríos Paraná y Uruguay .....	73
3. Impactos previstos en términos de vulnerabilidad ante el aumento del nivel del mar en las zonas costeras del río de la Plata .....	81
4. Impactos previstos en el sistema de los esteros del Iberá y vulnerabilidad de los recursos hídricos .....	86
5. Impactos previstos y vulnerabilidad de los recursos hídricos de los principales ríos de la región del Comahue .....	87
6. Impactos previstos y vulnerabilidad de los recursos hídricos de los principales ríos de la provincia de Mendoza y evolución de los glaciares cordilleranos .....	92
7. Impactos previstos y vulnerabilidad de los recursos hídricos en la provincia de Mendoza .....	94
8. Resumen de los impactos previstos y la vulnerabilidad de los recursos hídricos al cambio climático .....	98

B.	Sector agropecuario: impacto del cambio climático en la producción, el rendimiento, la degradación del suelo, las plagas y las enfermedades.....	99
1.	Biodiversidad y ecosistemas.....	108
2.	Población, migración y salud .....	119
V.	Procesos de adaptación en curso: medidas propuestas y estimación de sus costos .....	127
A.	Medidas de adaptación en las costas del río de la Plata.....	128
B.	Medidas de adaptación a las inundaciones de los principales ríos del litoral (Paraná y Uruguay).....	129
C.	Medidas de adaptación a los impactos previstos en el ámbito de la salud .....	132
D.	Medidas de adaptación en materia de riego en la región del Comahue .....	134
E.	Resumen de las medidas de adaptación identificadas.....	137
VI.	Procesos de mitigación del cambio climático .....	139
A.	Escenarios de base de emisiones de CO <sub>2</sub> equivalente .....	140
1.	Composición actual de la matriz energética, y posibles tendencias de la oferta y la demanda de energía en el período 2010-2100 .....	144
2.	Uso del suelo y cambio del uso del suelo, incluidas la agricultura y la ganadería .....	150
B.	Opciones y costos de los procesos de mitigación del cambio climático .....	162
1.	Escenario de mitigación.....	162
2.	Cálculo del ahorro de emisiones .....	174
3.	Cálculo de los costos de mitigación .....	178
VII.	Síntesis de la valorización de los impactos del cambio climático y las medidas de adaptación y mitigación .....	187
A.	Resumen del costo de los impactos previstos del cambio climático identificados, cuantificados y valorizados.....	187
B.	Resumen del valor económico de las medidas de adaptación al cambio climático identificadas y cuantificadas .....	198
C.	Resumen del costo de las medidas de mitigación identificadas y cuantificadas.....	203
VIII.	Estrategias de cambio climático .....	209
A.	El contexto internacional y la estrategia nacional.....	209
B.	Posibles criterios para la identificación de metas.....	213
IX.	Conclusiones .....	225
	Bibliografía .....	231

#### Índice de recuadros

Recuadro 1	Regiones y sectores analizados, e impactos e indicadores identificados .....	18
Recuadro 2	Medidas de adaptación valorizadas .....	19
Recuadro III.1	Métodos de valorización monetaria de los impactos identificados .....	63
Recuadro III.2	Regiones estudiadas, impactos identificados y métodos de valorización económica utilizados .....	63
Recuadro III.3	Regiones analizadas, medidas de adaptación identificadas y métodos de valorización económica utilizados .....	64
Recuadro IV.1	Cambios en las nuevas condiciones climáticas y la superficie sembrada .....	105

## Índice de cuadros

Cuadro 1	Resumen del costo de los impactos previstos del cambio climático .....	19
Cuadro 2	Resumen del costo ponderado de los impactos previstos del cambio climático .....	20
Cuadro 3	Costo económico acumulado de las medidas de adaptación identificadas al cambio climático, escenario A2 .....	20
Cuadro 4	Costo económico acumulado de las medidas de adaptación identificadas al cambio climático, escenario B2 .....	21
Cuadro 5	Emisiones sectoriales de GEI, escenario de base .....	21
Cuadro 6	Emisiones sectoriales de GEI, escenario de mitigación .....	21
Cuadro 7	Emisiones sectoriales de GEI ahorradas, 1990-2100 .....	22
Cuadro 8	Total acumulado de emisiones sectoriales de GEI ahorradas, 1990-2100 .....	22
Cuadro 9	Costo bruto total acumulado de las medidas de mitigación identificadas en ambos escenarios a tasas de descuento del 4% y el 12% .....	23
Cuadro 10	Costo bruto total acumulado de las medidas de mitigación identificadas en ambos escenarios .....	23
Cuadro II.1	Tasas de crecimiento del PIB mundial y de grandes regiones en términos reales .....	38
Cuadro II.2	Contribución al PIB por sectores en 2005 y crecimiento del PIB en 2004-2005 .....	41
Cuadro II.3	Intensidad de las emisiones en relación con el PIB .....	44
Cuadro II.4	Indicadores socioeconómicos empleados para estimar las emisiones de GEI del sector de procesos industriales .....	45
Cuadro II.5	Relaciones básicas: oferta y demanda globales .....	48
Cuadro II.6	Desagregación sectorial del valor bruto de la producción y demás indicadores socioeconómicos utilizados para elaborar el escenario socioeconómico nacional .....	49
Cuadro II.7	Tasas medias de crecimiento histórico de los países de América Latina .....	50
Cuadro IV.1	Caudales medios anuales .....	67
Cuadro IV.2	Caudales de los ríos Paraná y Uruguay y cambios porcentuales respecto del período 1990-1999, escenarios ajustados .....	71
Cuadro IV.3	Costo de las pérdidas acumuladas por la menor generación de energía eléctrica en la cuenca del Plata según los dos escenarios .....	72
Cuadro IV.4	Inundaciones del río Uruguay .....	75
Cuadro IV.5	Inundaciones del río Paraná .....	76
Cuadro IV.6	Datos empleados para la valorización económica de las inundaciones del río Uruguay en Entre Ríos .....	76
Cuadro IV.7	Datos empleados para la valorización económica de las inundaciones de los ríos Paraná y Paraguay en 1992 .....	76
Cuadro IV.8	Datos empleados para la valorización económica de las inundaciones de los ríos Paraná y Paraguay en 1982 .....	77
Cuadro IV.9	Costos de los impactos de las inundaciones en la zona del litoral, escenario A2 .....	78
Cuadro IV.10	Costos de los impactos de las inundaciones en la zona del litoral, escenario B2 .....	78
Cuadro IV.11	Costo de los impactos acumulados de las inundaciones en la zona del litoral, escenario A2 .....	78
Cuadro IV.12	Costo de los impactos acumulados de las inundaciones en el litoral, escenario B2 .....	79
Cuadro IV.13	Daño medio anual en caso de expansión de la infraestructura, escenario A2 .....	84
Cuadro IV.14	Daño acumulado en la infraestructura por los impactos previstos del aumento del nivel del mar en el estuario del río de la Plata .....	84

Cuadro IV.15	Caudal mensual medio del río Corrientes, según ambos escenarios .....	87
Cuadro IV.16	Características de las centrales hidroeléctricas ubicadas en los ríos Limay y Neuquén .....	89
Cuadro IV.17	Caudal de los ríos de la región del Comahue .....	89
Cuadro IV.18	Pérdidas económicas acumuladas por estrés hídrico en la región del Comahue, escenario A2 .....	91
Cuadro IV.19	Pérdidas económicas acumuladas por estrés hídrico en la región del Comahue, escenario B2 .....	91
Cuadro IV.20	Caudales estimados de los ríos de la región de Cuyo, escenario A2 .....	93
Cuadro IV.21	Caudales estimados de los ríos de la región de Cuyo, escenario B2 .....	93
Cuadro IV.22	Evolución del costo social acumulado del agua de los ríos de la región de Cuyo, escenario A2 .....	95
Cuadro IV.23	Evolución del costo social acumulado del agua de los ríos de la región de Cuyo, escenario B2 .....	96
Cuadro IV.24	Resumen del costo económico de los impactos acumulados en los recursos hídricos, escenario A2 .....	98
Cuadro IV.25	Resumen del costo económico de los impactos acumulados en los recursos hídricos, escenario B2 .....	99
Cuadro IV.26	Variaciones porcentuales medias previstas del rendimiento de algunos cultivos: comparación del año 2080 y el período 1961-1990 .....	101
Cuadro IV.27	Variaciones porcentuales medias previstas del rendimiento de algunos cultivos .....	101
Cuadro IV.28	Variación del rendimiento de los cultivos de trigo, maíz y soja considerando el efecto positivo del CO <sub>2</sub> , escenarios A2 y B2 .....	103
Cuadro IV.29	Extracción de nutrientes por tonelada producida de algunos cultivos .....	104
Cuadro IV.30	Costo de los fertilizantes empleados .....	104
Cuadro IV.31	Precio medio FOB .....	104
Cuadro IV.32	Costo neto acumulado del aumento de la productividad de los tres cultivos más importantes, considerando el efecto positivo del CO <sub>2</sub> , escenario A2 .....	106
Cuadro IV.33	Costo neto acumulado del aumento de la productividad de los tres cultivos más importantes, considerando el efecto positivo del CO <sub>2</sub> , escenario B2 .....	106
Cuadro IV.34	Superficie de los departamentos de la provincia de Corrientes incluidos en el estudio .....	112
Cuadro IV.35	Costo de las pérdidas de bienes y servicios ambientales del ecosistema de los esteros del Iberá y de actividades económicas, escenarios A2 y B2 .....	114
Cuadro IV.36	Resumen del costo anual de los elementos considerados en la valorización monetaria de los impactos previstos del cambio climático en los esteros del Iberá .....	114
Cuadro IV.37	Costo acumulado de las pérdidas de bienes y servicios ambientales de los bosques del noroeste de la Argentina, escenarios A2 y B2, a diferentes tasas de descuento .....	117
Cuadro IV.38	Resumen del costo anual de las pérdidas debidas a los impactos previstos del cambio climático en los bosques del noroeste .....	118
Cuadro IV.39	Población en riesgo de contraer dengue en términos absolutos, escenarios A2 y B2 .....	121
Cuadro IV.40	Dengue: costo de las pérdidas estimadas por impactos del cambio climático, escenarios A2 y B2 .....	123
Cuadro IV.41	Población en riesgo de contraer malaria, escenarios A2 y B2 .....	123
Cuadro IV.42	Malaria: costo de las pérdidas estimadas atribuibles a los impactos del cambio climático .....	124
Cuadro IV.43	Costo de las pérdidas estimadas atribuibles a los impactos del cambio climático en la salud, escenario A2 .....	124
Cuadro IV.44	Costo de las pérdidas estimadas atribuibles a los impactos del cambio climático en la salud, escenario B2 .....	124

Cuadro V.1	Costos de una obra de defensa en la costa del río de la Plata .....	129
Cuadro V.2	Costo de las medidas de adaptación a las inundaciones del litoral, escenario A2 .....	130
Cuadro V.3	Costos de las medidas de adaptación a las inundaciones del litoral, escenario B2 .....	130
Cuadro V.4	Costo acumulado de las medidas de adaptación a las inundaciones de los principales ríos de la región del litoral (ríos Paraná y Uruguay), escenario A2 .....	130
Cuadro V.5	Costo acumulado de las medidas de adaptación a las inundaciones de los principales ríos de la región del litoral (ríos Paraná y Uruguay), escenario B2 .....	131
Cuadro V.6	Costos económicos acumulados de las medidas de adaptación relacionadas con el dengue, escenario A2 .....	133
Cuadro V.7	Costos económicos acumulados de las medidas de adaptación relacionadas con el dengue, escenario B2 .....	133
Cuadro V.8	Costo del agua de riego y volumen de agua correspondiente a un ciclo de cultivo de una hectárea en la región del Comahue .....	135
Cuadro V.9	Costos acumulados de las medidas de adaptación al cambio climático asociadas a la mayor necesidad de riego en la región del Comahue, escenario A2 .....	135
Cuadro V.10	Costos acumulados de las medidas de adaptación al cambio climático asociadas a la mayor necesidad de riego en la región del Comahue, escenario B2 .....	136
Cuadro V.11	Resumen de los costos acumulados de las medidas de adaptación al cambio climático identificadas y valorizadas, escenario A2 .....	137
Cuadro V.12	Resumen de los costos acumulados de las medidas de adaptación al cambio climático identificadas y valorizadas, escenario B2 .....	138
Cuadro VI.1	Emisiones sectoriales de GEI en términos de CO <sub>2</sub> e, escenario de base .....	142
Cuadro VI.2	Emisiones de GEI del sector de residuos, escenario de base .....	144
Cuadro VI.3	Evolución prevista de la intensidad energética, escenario de base .....	144
Cuadro VI.4	Emisiones de GEI del sector energético, escenario de base .....	150
Cuadro VI.5	Emisiones de GEI del sector agropecuario, escenario de base .....	151
Cuadro VI.6	Proyección de la producción de granos y soja .....	153
Cuadro VI.7	Emisiones de GEI del sector de USCUS, escenario de base .....	157
Cuadro VI.8	Emisiones de GEI del sector de residuos, escenario de base, 2030-2100 .....	159
Cuadro VI.9	Emisiones de GEI del sector de procesos industriales, escenario de base .....	161
Cuadro VI.10	Emisiones sectoriales de GEI, escenario de mitigación .....	166
Cuadro VI.11	Emisiones netas de GEI por tipo de gas, escenario de mitigación .....	168
Cuadro VI.12	Emisiones de GEI del sector energético, escenario de mitigación .....	168
Cuadro VI.13	Emisiones de GEI del sector de procesos industriales, escenario de mitigación .....	170
Cuadro VI.14	Emisiones de GEI del sector agropecuario, escenario de mitigación .....	171
Cuadro VI.15	Emisiones de GEI del sector de USCUS, escenario de mitigación .....	172
Cuadro VI.16	Emisiones de GEI del sector de residuos, escenario de mitigación .....	174
Cuadro VI.17	Ahorro de emisiones sectoriales de GEI: comparación del escenario de base y el escenario de mitigación, 1990-2100 .....	176
Cuadro VI.18	Total acumulado de emisiones sectoriales de GEI ahorradas: comparación del escenario de base y el escenario de mitigación, 1990-2100 .....	177
Cuadro VI.19	Costos brutos totales de las opciones de mitigación identificadas a una tasa de descuento del 4% .....	181
Cuadro VI.20	Costos brutos totales de las medidas de mitigación identificadas a una tasa de descuento del 12% .....	182
Cuadro VI.21	Costos netos totales de las opciones de mitigación identificadas a una tasa de descuento del 4% .....	183

Cuadro VI.22	Costos netos totales de las opciones de mitigación identificadas a una tasa de descuento del 12% .....	184
Cuadro VI.23	Síntesis de las las opciones de mitigación y sus costos .....	186
Cuadro VII.1	Costos acumulados de los impactos previstos del cambio climático, escenario A2 .....	188
Cuadro VII.2	Costos acumulados de los impactos previstos del cambio climático, escenario B2 .....	191
Cuadro VII.3	Resumen de los costos de los impactos previstos del cambio climático, escenarios A2 y B2 .....	193
Cuadro VII.4	Resumen de los costos económicos de los impactos previstos del cambio climático en relación con el PIB, escenarios A2 y B2 .....	193
Cuadro VII.5	Ecorregiones y valor económico de sus servicios ambientales .....	196
Cuadro VII.6	Costos económicos de la pérdida de servicios ambientales en caso de desertificación total de la región de la Puna, escenario A2 .....	197
Cuadro VII.7	Costos económicos de la pérdida de servicios ambientales en caso de desertificación total del monte de sierras y bolsones, escenario A2 .....	197
Cuadro VII.8	Costos económicos de la pérdida de servicios ambientales en caso de desertificación total de la estepa patagónica, escenario A2 .....	197
Cuadro VII.9	Costo de las medidas de adaptación al cambio climático identificadas, escenario A2 .....	198
Cuadro VII.10	Costo económico acumulado de las medidas de adaptación al cambio climático identificadas, escenario B2 .....	200
Cuadro VII.11	Costo económico acumulado de las medidas de adaptación al cambio climático identificadas, escenario A2 .....	201
Cuadro VII.12	Costo económico acumulado de las medidas de adaptación al cambio climático identificadas, escenario B2 .....	202
Cuadro VII.13	Costo medio anual de las medidas de adaptación al cambio climático identificadas, escenario A2 .....	202
Cuadro VII.14	Costo medio anual de las medidas de adaptación al cambio climático identificadas, escenario B2 .....	202
Cuadro VII.15	Costos brutos totales acumulados de las medidas de mitigación identificadas, escenarios A2 y B2 .....	204
Cuadro VII.16	Resumen de los costos brutos totales acumulados de las medidas de mitigación identificadas a tasas de descuento del 4% y el 12%, escenarios A2 y B2 .....	205
Cuadro VII.17	Costos brutos totales acumulados de las medidas de mitigación identificadas en relación con el PIB, escenarios A2 y B2 .....	205
Cuadro VII.18	Costos brutos totales anualizados de las medidas de mitigación identificadas, escenarios A2 y B2 .....	205
Cuadro VII.19	Costos brutos totales anualizados de las medidas de mitigación identificadas en relación con el PIB, escenarios A2 y B2 .....	205
Cuadro VIII.1	Emisiones sectoriales de GEI per cápita, escenario de base .....	214
Cuadro VIII.2	Emisiones sectoriales de GEI per cápita, escenario de mitigación .....	214
Cuadro VIII.3	Evolución de las emisiones de GEI per cápita del sector energético, escenario de base .....	216
Cuadro VIII.4	Evolución de las emisiones de GEI per cápita del sector energético, escenario de mitigación, 2005-2100 .....	219
Cuadro VIII.5	Evolución de la intensidad de las emisiones de GEI de algunos sectores en relación con el PIB, escenario de base, 2005-2100 .....	221
Cuadro VIII.6	Evolución de la intensidad de las emisiones de GEI de algunos sectores en relación con el PIB, escenario de mitigación, 2005-2100 .....	222

## Índice de gráficos

Gráfico I.1	Esquema de los componentes del estudio .....	26
Gráfico II.1	Tasas de crecimiento del PIB de la Argentina, los Estados Unidos y la economía mundial, 1960-2007 .....	38
Gráfico II.2	Evolución del valor agregado por grandes sectores .....	39
Gráfico II.3	Evolución del PIB .....	40
Gráfico II.4	Evolución de las exportaciones y las importaciones y saldo comercial acumulado, 2001-2008 .....	41
Gráfico II.5	Evolución del PIB per cápita .....	42
Gráfico II.6	Relación entre las emisiones de gases de efecto invernadero y el PIB, 1990, 1994, 1997 y 2000 .....	43
Gráfico II.7	Relación entre las emisiones de N <sub>2</sub> O y la producción de soja .....	44
Gráfico II.8	Relación entre los residuos sólidos urbanos depositados en rellenos sanitarios del área metropolitana de Buenos Aires y el PIB expresado en precios corrientes .....	45
Gráfico II.9	Relación entre los residuos sólidos urbanos vertidos en depósitos a cielo abierto y la población .....	46
Gráfico II.10	Evolución de las emisiones de GEI del sector ganadero y de las existencias de ganado bovino .....	47
Gráfico II.11	Relación entre la evolución de las emisiones de GEI del sector energético y el PIB .....	47
Gráfico III.1	Esquema básico de interacciones implícitas en el desarrollo de escenarios .....	54
Gráfico III.2	Esquema de la función del escenario socioeconómico en el contexto del estudio .....	55
Gráfico III.3	Principales supuestos, tendencias y variables considerados en los escenarios de emisiones .....	58
Gráfico III.4	Escenarios de emisiones de GEI .....	59
Gráfico IV.1	Escenarios de caudal medio anual del río Uruguay en Salto Grande .....	69
Gráfico IV.2	Escenarios de caudal medio del río Paraná en la ciudad de Posadas .....	70
Gráfico IV.3	Costo de las pérdidas acumuladas por la menor generación de electricidad en las represas de Yacyretá (río Paraná) y Salto Grande (río Uruguay), a una tasa de descuento del 0% .....	72
Gráfico IV.4	Costo de las pérdidas acumuladas por la menor generación de electricidad en las represas de Yacyretá (río Paraná) y Salto Grande (río Uruguay), a tasas de descuento del 0,5%, el 2% y el 4% .....	73
Gráfico IV.5	Costo de los impactos acumulados de las inundaciones en el litoral (ríos Paraná y Uruguay), en ambos escenarios .....	79
Gráfico IV.6	Costo de los impactos acumulados de las inundaciones en el litoral (ríos Paraná y Uruguay), escenario A2 .....	80
Gráfico IV.7	Costo de los impactos acumulados de las inundaciones en el litoral (ríos Paraná y Uruguay), escenario B2 .....	80
Gráfico IV.8	Daño acumulado en la infraestructura por los impactos previstos del aumento del nivel del mar en el estuario del río de la Plata, escenarios A2 y B2, a una tasa de descuento del 0% .....	85
Gráfico IV.9	Daño acumulado en la infraestructura por los impactos previstos el aumento del nivel del mar en el estuario del río de la Plata, escenarios A2 y B2, a distintas tasas de descuento .....	85
Gráfico IV.10	Descenso acumulado de la generación de energía hidroeléctrica en la región del Comahue, escenarios A2 y B2, a una tasa de descuento del 0% .....	90
Gráfico IV.11	Descenso acumulado de la generación de energía hidroeléctrica en la región del Comahue, escenario A2 .....	90
Gráfico IV.12	Descenso acumulado de la generación de energía hidroeléctrica en la región del Comahue, escenario B2 .....	91

Gráfico IV.13	Evolución del costo social acumulado del agua de los ríos de la región de Cuyo, escenarios A2 y B2, a una tasa de descuento del 0% .....	96
Gráfico IV.14	Evolución del costo social acumulado del agua de los ríos de la región de Cuyo, escenario A2, a tasas de descuento del 0,50%, el 2% y el 4% .....	97
Gráfico IV.15	Evolución del costo social acumulado del agua de los ríos de la región de Cuyo, escenario B2, a tasas de descuento del 0,5%, el 2% y el 4% .....	97
Gráfico IV.16	Evolución del costo neto acumulado del aumento de la productividad de los tres cultivos más importante, considerando el efecto positivo del CO <sub>2</sub> , escenarios A2 y B2 .....	107
Gráfico IV.17	Evolución del costo neto acumulado del aumento de la productividad de los tres cultivos más importante, considerando el efecto positivo del CO <sub>2</sub> , escenario A2 .....	107
Gráfico IV.18	Evolución del costo neto acumulado del aumento de la productividad de los tres cultivos más importante, considerando el efecto positivo del CO <sub>2</sub> , escenario B2 .....	108
Gráfico IV.19	Costo de las pérdidas de bienes y servicios ambientales del ecosistema de los esteros del Iberá y de actividades económicas, escenarios A2 y B2, a una tasa de descuento del 0% .....	113
Gráfico IV.20	Costo de las pérdidas de bienes y servicios ambientales del ecosistema de los esteros del Iberá y de actividades económicas, escenarios A2 y B2, a distintas tasas de descuento .....	113
Gráfico IV.21	Costo acumulado de las pérdidas de bienes y servicios ambientales de los bosques del noroeste de la Argentina, escenarios A2 y B2, a una tasa de descuento del 0% .....	117
Gráfico IV.22	Costo acumulado de las pérdidas de bienes y servicios ambientales de los bosques del noroeste, escenarios A2 y B2, a distintas tasas de descuento .....	118
Gráfico IV.23	Costo de las pérdidas estimadas atribuibles a los impactos del cambio climático en la salud, escenarios A2 y B2, a una tasa de descuento del 0% ....	125
Gráfico IV.24	Costo de las pérdidas estimadas atribuibles a los impactos del cambio climático en la salud, escenario A2, a distintas tasas de descuento .....	125
Gráfico IV.25	Costo de las pérdidas estimadas atribuibles a los impactos del cambio climático en la salud, escenario B2 .....	126
Gráfico V.1	Evolución del costo acumulado de las medidas de adaptación a las inundaciones de los principales ríos de la región del litoral (ríos Paraná y Uruguay), escenario A2 .....	131
Gráfico V.2	Evolución del costo acumulado de las medidas de adaptación a las inundaciones de los principales ríos de la región del litoral (ríos Paraná y Uruguay), escenario B2 .....	132
Gráfico V.3	Evolución de los costos económicos acumulados de las medidas de adaptación relacionadas con el dengue, escenario A2 .....	133
Gráfico V.4	Evolución de los costos económicos acumulados de las medidas de adaptación relacionadas con el dengue, escenario B2 .....	134
Gráfico V.5	Evolución de los costos acumulados de las medidas de adaptación al cambio climático asociadas a la mayor necesidad de riego en la región del Comahue, escenario A2 .....	136
Gráfico V.6	Evolución de los costos acumulados de las medidas de adaptación al cambio climático asociadas a la mayor necesidad de riego en la región del Comahue, escenario B2 .....	137
Gráfico VI.1	Evolución de las emisiones sectoriales netas de gases de efecto invernadero, escenario de base, 1990-2100 .....	141
Gráfico VI.2	Evolución de las emisiones netas de GEI por tipo de gas, escenario de base, 1990-2100 .....	143

Gráfico VI.3	Predicción de la demanda final de energía por sectores, escenario de base, 2005-2100 .....	146
Gráfico VI.4	Predicción de la demanda final de energía por fuentes, escenario de base, 2005-2030 .....	147
Gráfico VI.5	Predicción de la demanda final de energía por fuentes, escenario de base, 2030-2100 .....	148
Gráfico VI.6	Sistemas interconectados: evolución de la estructura de generación, 2005 y 2030 .....	149
Gráfico VI.7	Sistemas interconectados: estructura de generación de energía, 2100 .....	149
Gráfico VI.8	Evolución de las emisiones de GEI del sector energético por categoría, escenario de base .....	150
Gráfico VI.9	Evolución de las emisiones de GEI del sector agropecuario, escenario de base, 1990-2100 .....	152
Gráfico VI.10	Evolución de las existencias de ganado, 1990-2030 .....	155
Gráfico VI.11	Relación entre la evolución de las existencias de ganado bovino y las emisiones del sector ganadero, 1990-2030 .....	156
Gráfico VI.12	Evolución de las emisiones de GEI del sector de USCUS, escenario de base, 1990-2100 .....	158
Gráfico VI.13	Evolución de las emisiones de GEI del sector de residuos, escenario de base, 1990-2100 .....	160
Gráfico VI.14	Evolución de las emisiones de GEI del sector de procesos industriales, escenario de base, 1990-2100 .....	162
Gráfico VI.15	Evolución de las emisiones sectoriales netas de GEI, escenario de mitigación, 1990-2100 .....	166
Gráfico VI.16	Evolución de las emisiones netas de GEI por tipo de gas, escenario de mitigación, 1990-2100 .....	167
Gráfico VI.17	Evolución de las emisiones de GEI del sector energético, escenario de mitigación, 1990-2100 .....	169
Gráfico VI.18	Evolución de las emisiones de GEI del sector de procesos industriales, escenario de mitigación, 1990-2100 .....	170
Gráfico VI.19	Evolución de las emisiones de GEI del sector agropecuario, escenario de mitigación, 1990-2100 .....	172
Gráfico VI.20	Evolución de las emisiones de GEI del sector de USCUS, escenario de mitigación, 1990-2100 .....	173
Gráfico VI.21	Evolución de la participación de las emisiones de GEI del sector de residuos, escenario de mitigación, 1990-2100 .....	174
Gráfico VI.22	Ahorro de emisiones netas de GEI: comparación del escenario de base y el escenario de mitigación, 1990-2100 .....	175
Gráfico VI.23	Emisiones netas evitadas en todos los sectores: comparación del escenario de base y el escenario de mitigación, 1990-2100 .....	175
Gráfico VI.24	Evolución de las emisiones de GEI ahorradas por el sector energético: comparación del escenario de base y el escenario de mitigación, 1990-2100 .....	177
Gráfico VI.25	Curva de costos brutos totales de las medidas de mitigación a una tasa de descuento del 4%, 2030 .....	182
Gráfico VI.26	Curva de costos brutos totales de las medidas de mitigación a una tasa de descuento del 12%, 2030 .....	183
Gráfico VI.27	Curva de costos netos totales de las opciones de mitigación identificadas a una tasa de descuento del 4%, 2030 .....	184
Gráfico VI.28	Curva de costos netos totales de las opciones de mitigación identificadas a una tasa de descuento del 12%, 2030 .....	185
Gráfico VII.1	Costos totales de las medidas de mitigación acumulados hasta el año 2100 ...	206
Gráfico VII.2	Evolución del costo anual medio de las medidas de mitigación como porcentaje del PIB de 2005 .....	207

Gráfico VIII.1	Evolución de las emisiones de GEI per cápita, escenario de base .....	215
Gráfico VIII.2	Evolución de las emisiones de GEI per cápita, escenario de mitigación .....	215
Gráfico VIII.3	Evolución de las emisiones de GEI per cápita del sector energético, escenario de base .....	216
Gráfico VIII.4	Trayectoria de las emisiones per cápita del sector energético y el consumo final de energía per cápita, escenario de base, 2005-2100 .....	217
Gráfico VIII.5	Evolución de las emisiones del sector eléctrico, escenario de base, 2005-2100 .....	218
Gráfico VIII.6	Evolución de las emisiones de CO <sub>2</sub> e per cápita en el sector energético, escenario de base, 1990-2030 .....	219
Gráfico VIII.7	Trayectoria de las emisiones per cápita del sector energético y el consumo final de energía per cápita, escenario de mitigación, 2005-2100 .....	220
Gráfico VIII.8	Evolución de las emisiones del sector eléctrico .....	221
Gráfico VIII.9	Evolución de la intensidad de las emisiones sectoriales de GEI en relación con el PIB, escenario de base, 2005-2100 .....	222
Gráfico VIII.10	Evolución de la intensidad de las emisiones sectoriales de GEI en relación con el PIB, escenario de mitigación, 2005-2100 .....	223

### Índice de mapas

Mapa I.1	Temperaturas y precipitación anual media .....	32
Mapa I.2	Escenarios de variación de las precipitaciones anuales medias entre los periodos 1960-1990 y 2090-2099 .....	33
Mapa I.3	Escenarios de variación de la temperatura anual media entre los periodos 1960-1990 y 2090-2099 .....	34
Mapa IV.1	Red hidrográfica aguas superficiales .....	66
Mapa IV.2	Cuenca del Plata .....	68
Mapa IV.3	Mosaico de imágenes de la extensión máxima de la crecida del río Paraná de 1998 .....	75
Mapa IV.4	Estuario del río de la Plata .....	81
Mapa IV.5	Bahía de Samborombón - río de la Plata: área de posible inundación .....	82
Mapa IV.6	Ubicación geográfica de los esteros del Iberá .....	86
Mapa IV.7	Cuencias de los ríos Neuquén y Limay .....	88
Mapa IV.8	Cuencas hidrográficas de la región de Cuyo y estaciones de aforo en funcionamiento .....	92
Mapa IV.9	Ubicación geográfica del área considerada en el estudio de los impactos del cambio climático en la agricultura .....	100
Mapa IV.10	Variación porcentual del rendimiento de los cultivos de maíz, trigo y soja en 2080 .....	102
Mapa IV.11	Esteros de Iberá: distribución de las lluvias hasta 2020 de acuerdo al modelo PRECIS .....	109
Mapa IV.12	Esteros del Iberá: distribución de las lluvias en 2100 de acuerdo al modelo PRECIS .....	110
Mapa IV.13	Deforestación proyectada en el noroeste de la Argentina, 2050 .....	115
Mapa IV.14	Índice de vulnerabilidad social frente a desastres .....	119
Mapa VII.1	Desertificación en 2000 .....	194
Mapa VII.2	Mapa de ecorregiones .....	195

## Resumen ejecutivo

El estudio de la economía del cambio climático en la Argentina se enmarca en una iniciativa regional cuyo principal objetivo es demostrar la importancia económica que tiene el cambio climático para las sociedades, los sistemas productivos y el patrimonio natural de los países de la región, a fin de que los responsables de la toma de decisiones en los planos nacional y local tengan una herramienta que les permita tomar en consideración los costos y beneficios pertinentes en sus análisis.

El estudio para la Argentina es una primera aproximación a la valorización monetaria de los efectos previstos del cambio climático y de los diferentes aspectos de la vulnerabilidad a este fenómeno que presentan los sectores, sistemas y regiones del país analizados en este estudio, como así también de las medidas de adaptación y mitigación identificadas. Por consiguiente, el propósito del presente informe no es establecer lineamientos de políticas ni proponer la adopción de determinadas estrategias respecto del cambio climático, responsabilidad que recae en los organismos y dependencias correspondientes del Estado, sino ofrecer información y datos concretos para la toma de decisiones.

En la Segunda Comunicación Nacional (SCN) del Gobierno de la República Argentina (2007) a la Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) se identifican cambios importantes de algunas tendencias de las variables climáticas, en comparación con lo observado históricamente. En el texto se destacan las tendencias climáticas registradas en la mayor parte del territorio de la Argentina en las últimas tres o cuatro décadas y, además, se indica que muy probablemente estén relacionadas con el cambio climático global. Dichas tendencias han afectado los sistemas naturales y las actividades humanas, y les han exigido una rápida adaptación. Las más importantes son las siguientes; i) el aumento de las precipitaciones medias anuales en casi toda la Argentina, especialmente en el noreste y en la zona oeste que rodea a la región húmeda tradicional; ii) el aumento de la frecuencia de las precipitaciones extremas en gran parte del este y el centro del país; iii) el aumento de la temperatura en la zona cordillerana de la Patagonia y Cuyo, unido a un retroceso de glaciares; iv) el aumento del caudal de los ríos y de la frecuencia de las inundaciones en todo el país, excepto en San Juan, Mendoza, Comahue y el norte de la Patagonia, y e) la disminución del caudales de los ríos de origen cordillerano en San Juan, Mendoza y Comahue.

El estudio consistió en el establecimiento del escenario socioeconómico y demográfico que sirve de base a las posteriores proyecciones de las variables explicativas de la evolución de la actividad económica del país en el período 2005-2100; asimismo, se definió el escenario macroeconómico que se utiliza en todo el estudio. En este escenario también se toman en cuenta los efectos que tienen para el país el contexto internacional, y la relación entre el desarrollo económico y las emisiones en los sectores analizados. Como era de esperar, este presenta un mayor grado de desagregación en el período comprendido entre los años 2005 (considerado año de base del estudio) y 2030, y proyecciones hasta el año 2100 (año horizonte) con un menor grado de detalle. Para la definición del escenario socioeconómico también se identificaron los factores indirectos (*drivers*) empleados en el desarrollo del modelo predictivo de la situación energética y de los análisis destinados a determinar el comportamiento futuro de los demás emisores de gases de efecto invernadero (GEI).

Asimismo, se estudiaron los impactos del cambio climático en diversos sectores, sistemas y regiones de la Argentina, cuya valorización económica se realizó de acuerdo con las metodologías indicadas a continuación:

**RECUADRO 1**  
**REGIONES Y SECTORES ANALIZADOS,**  
**E IMPACTOS E INDICADORES IDENTIFICADOS**

Caudales en la región del Comahue (provincias de Río Negro y Neuquén)	Pérdida de ingreso por disminución del caudal en las centrales hidroeléctricas.
Caudales en la región de Cuyo (ríos de Mendoza y San Juan)	Costo social del agua en situaciones previstas de estrés hídrico, sobre la base del informe sectorial de oferta y demanda de agua en las provincias de Cuyo.
Caudales en la región del litoral (Ríos Paraná y Uruguay)	Potencial pérdida económica por la disminución de la generación hidroeléctrica como consecuencia de la reducción prevista de los caudales a largo plazo.
Agricultura	Impacto en la variación de las toneladas producidas de cada uno de los tres cultivos principales estudiados (trigo, maíz y soja).
Bosques del noroeste	Pérdida de bienes y servicios ambientales como consecuencia del proceso de deforestación: i) servicios de protección de los recursos hídricos, ii) servicios de regulación del clima, iii) servicios de prevención de inundaciones y crecidas extraordinarias, iv) servicios de formación de suelos, v) servicios de control biológico, vi) servicios relacionados con la recreación, vii) provisión de medicinas naturales, viii) costos de reposición y ix) pérdida de biodiversidad en términos de flora.
Esteros del Iberá	Pérdida de bienes y servicios significativos que están potencialmente en riesgo, en condiciones de estrés hídrico prolongado en los siguientes ámbitos: i) agricultura, ii) ganadería, iii) silvicultura, iv) turismo, v) retención de nutrientes, vi) regulación de inundaciones y otras crecidas extraordinarias, vii) recarga de acuíferos, viii) biodiversidad y ix) refugio para poblaciones residentes y migratorias.
Salud	Costos del potencial aumento de los casos de dengue y malaria.
Costa del río de la Plata	Potencial impacto económico por inundación de i) la infraestructura de servicios públicos y ii) la infraestructura edilicia.
Región del litoral (Ríos Uruguay y Paraná).	Valor monetario de las pérdidas provocadas por inundaciones prolongadas de los ríos de la región, tomando en cuenta factores tales como el número de casos y la duración de cada episodio.
<b>Fuente:</b> Elaboración propia.	

En lo concerniente a las medidas de adaptación identificadas en los estudios mencionados, se valorizaron las correspondientes a la costa del río de la Plata, la región del litoral, el sector salud y la región del Comahue (véase el recuadro 2).

## RECUADRO 2 MEDIDAS DE ADAPTACIÓN VALORIZADAS

Región o fenómeno	Medidas
Inundaciones del río de la Plata	Se consideraron dos tipos de medidas, a fin de determinar su costo: i) construcción de defensas y ii) reubicación de asentamientos humanos en zonas no inundables.
Inundaciones de los ríos del litoral (Paraná y Uruguay)	Se tomaron en consideración las siguientes medidas: i) construcción de defensas y ii) medidas de emergencia y evacuación tomadas en casos anteriores.
Región del Comahue	Se tomó en consideración el costo de aprovechamiento del agua para regadío de las hectáreas plantadas con árboles frutales.
Problemas de salud	Se tomaron en consideración medidas de adaptación consistentes en control del vector transmisor del dengue, actividades de vigilancia y servicios de laboratorio.

**Fuente:** Elaboración propia.

Los resultados de las respectivas valorizaciones monetarias se convirtieron a dólares del año 2005, con el fin de determinar los totales correspondientes a los años de corte (2020, 2030, 2050, 2070 y 2100), y se les aplicaron las tasas de descuento acordadas por el equipo técnico y los representantes del Gobierno: 0%, 0,5%, 2% y 4%. El cálculo se aplicó tanto a los impactos previstos del cambio climático en las regiones, los sistemas y los sectores seleccionados para el estudio como a las medidas de adaptación correspondientes. También se estimaron los costos de las medidas de mitigación identificadas utilizando tasas del 4% y el 12%. En el capítulo VII se presentan los resultados agregados de estos cálculos y los relativos a las hipótesis sobre emisiones y mitigación en los diversos sectores socioeconómicos; en dicho capítulo se describe el cálculo de los impactos y de los costos de mitigación y adaptación al cambio climático en la Argentina.

Los resultados de la valorización de los impactos se agruparon por escenario climático y tasa de descuento, como se indica a continuación:

### CUADRO 1 RESUMEN DEL COSTO DE LOS IMPACTOS PREVISTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO<sup>a</sup> (En dólares de 2005)

Escenario y tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
A2 0%	13.003.590.535	20.028.545.835	18.316.855.618	16.783.212.774	263.149.205.059
B2 0%	11.426.382.765	19.428.678.692	21.915.718.780	12.590.379.609	232.268.521.805
A2 0,5%	12.444.276.642	18.767.086.079	17.109.126.724	15.447.505.269	180.195.138.708
B2 0,5%	10.941.894.774	18.173.325.668	20.055.827.660	12.572.941.936	159.241.775.912
A2 2%	10.932.018.517	15.550.760.785	14.158.973.127	12.742.476.802	62.853.135.898
B2 2%	9.631.355.314	14.982.162.079	15.739.561.686	11.872.128.352	56.242.700.248
A2 4%	9.247.756.790	12.298.325.398	11.302.645.422	10.480.950.165	21.131.070.846
B2 4%	8.170.534.430	11.773.286.943	11.914.455.469	10.302.377.632	19.647.505.520

**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>a</sup>Los años de corte son los indicados en el encabezamiento de las columnas.

Para determinar la magnitud ponderada de estos costos, se calcularon como porcentaje del PIB de la Argentina en el año base (2005). Los resultados se indican en el cuadro 2.

**CUADRO 2**  
**RESUMEN DEL COSTO PONDERADO DE LOS IMPACTOS**  
**PREVISTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO<sup>a</sup>**  
*(En porcentajes del PIB de 2005)*

Escenario y tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
A2 0%	7,13	10,99	10,05	9,21	144,35
B2 0%	6,27	10,66	12,02	6,91	127,41
A2 0,5%	6,83	10,29	9,39	8,47	98,85
B2 0,5%	6,00	9,97	11,00	6,90	87,35
A2 2%	6,00	8,53	7,77	6,99	34,48
B2 2%	5,28	8,22	8,63	6,51	30,85
A2 4%	5,07	6,75	6,20	5,75	11,59
B2 4%	4,48	6,46	6,54	5,65	10,78

**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>a</sup>Los años de corte son los indicados en el encabezamiento de las columnas.

Asimismo, se calculó el costo de las medidas de adaptación identificadas, expresado como porcentaje del PIB del año 2005 (véase el cuadro 3).

**CUADRO 3**  
**COSTO ECONÓMICO ACUMULADO DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN**  
**IDENTIFICADAS AL CAMBIO CLIMÁTICO, ESCENARIO A2**  
*(En porcentajes del PIB de 2005)*

Tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
0%	0,96	1,68	2,55	3,89	5,76
0,50%	0,93	1,58	2,32	3,34	4,59
2%	0,85	1,34	1,79	2,24	2,63
4%	0,75	1,10	1,34	1,50	1,59

**Fuente:** Elaboración propia.

A partir de los datos correspondientes al escenario socioeconómico desarrollado, se elaboraron escenarios sobre la situación energética de base y las medidas de mitigación, de los que surgieron los escenarios de base de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y de medidas de mitigación en el sector energético. A estos datos se sumaron las emisiones de este tipo de gases de los restantes sectores, con el propósito de desarrollar escenarios consolidados de base de emisiones de GEI y de medidas de mitigación. En el caso de estas últimas, se aplicaron supuestos de intervención en los diversos sectores, con el fin de limitar o reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

**CUADRO 4**  
**COSTO ECONÓMICO ACUMULADO DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN**  
**IDENTIFICADAS AL CAMBIO CLIMÁTICO, ESCENARIO B2**  
*(En porcentajes del PIB de 2005)*

Tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
0%	0,80	1,40	2,33	3,37	5,20
0,50%	0,78	1,32	2,10	2,90	4,12
2%	0,71	1,12	1,59	1,95	2,33
4%	0,64	0,93	1,17	1,30	1,38

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 5**  
**EMISIONES SECTORIALES DE GEI, ESCENARIO DE BASE**  
*(En millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e)<sup>a</sup>*

Emisiones sectoriales (incluidos el uso del suelo, el cambio del uso del suelo y la silvicultura, USCUS)	1990	2005	2010	2020	2030	2050	2070	2100
Energía	103,6	148,8	191,6	260,4	331,2	509,5	757,9	1 500,4
Procesos industriales	8,3	13,9	16,0	23,7	30,7	50,4	82,5	173,1
Agricultura	108,1	136,3	152,4	164,0	178,7	203,9	220,8	249,4
Residuos	8,7	19,2	24,1	29,7	38,7	60,7	79,9	108,9
Uso del suelo, cambio del uso del suelo y silvicultura	-3,5	-12,4	-7,5	-13,7	-18,5	-27,3	-26,9	-26,6
Total	225,2	305,8	376,6	464,1	560,8	797,2	1 114,2	2 005,2

Fuente: Elaboración propia.

<sup>a</sup>CO<sub>2</sub>e: unidad universal de medida utilizada para indicar el potencial de calentamiento global de cada uno de los seis gases de efecto invernadero, en este caso del dióxido de carbono.

**CUADRO 6**  
**EMISIONES SECTORIALES DE GEI, ESCENARIO DE MITIGACIÓN**  
*(En millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e)*

Emisiones sectoriales (incluido el sector de USCUS)	1990	2005	2010	2020	2030	2050	2070	2100
Energía	103,6	148,8	179,2	214,8	240,8	350,0	518,4	977,0
Procesos industriales	8,3	13,9	15,9	23,6	30,4	49,6	80,9	168,7
Agricultura	108,1	136,3	143,8	155,6	170,1	193,6	204,6	224,7
Residuos	8,7	19,2	24,1	21,9	27,1	29,5	37,4	49,2
Uso del suelo, cambio del uso del suelo y silvicultura	-3,5	-12,4	-9,1	-25,9	-32,4	-31,7	-31,3	-31,1
Total	225,2	305,8	353,9	390,0	436,0	591,0	809,9	1 388,5

Fuente: Elaboración propia.

En los cuadros 7 y 8 se presenta información detallada sobre las emisiones ahorradas, que se calcularon mediante la comparación de ambos escenarios. Se observa que el sector energético es el que más puede contribuir a evitar emisiones, seguido del sector de residuos.

**CUADRO 7**  
**EMISIONES SECTORIALES DE GEI AHORRADAS, 1990-2100<sup>a</sup>**  
*(Gg de CO<sub>2</sub>e)*

Emisiones sectoriales (incluido el sector de USCUS)	2020	2030	2050	2070	2100
Energía	45 594,19	90 417,16	159 477,16	239 517,69	523 427,97
Procesos industriales	170,61	280,89	738,71	1 644,87	4 395,69
Agricultura	8 365,74	8 587,48	10 270,66	16 213,00	24 735,30
Uso del suelo, cambio del uso del suelo y silvicultura	7 741,11	13 883,96	4 429,29	4 429,30	4 429,30
Residuos	12 212,92	11 611,84	31 273,67	42 469,56	59 724,47
Total	74 084,57	124 781,33	206 189,49	304 274,41	616 712,57

**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>a</sup>Escenario de base menos escenario de mitigación.

**CUADRO 8**  
**TOTAL ACUMULADO DE EMISIONES SECTORIALES  
DE GEI AHORRADAS, 1990-2100<sup>a</sup>**

Emisiones sectoriales (incluido el sector de USCUS)	Gg de CO <sub>2</sub> e	Porcentaje del total
Energía	19 780 424,08	80,12
Procesos industriales	123 229,69	0,50
Agricultura	1 370 170,69	5,55
Residuos	2 807 791,72	11,37
Uso del suelo, cambio del uso del suelo y silvicultura	606 066,87	2,45
Total	24 687 682,80	100,00

**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>a</sup>Escenario de base menos escenario de mitigación.

Se estimaron los costos de mitigación por tonelada de CO<sub>2</sub>e a tasas de descuento del 4% y el 12%. En ambos casos, las opciones que presentan los menores costos, indicadas en orden ascendente del costo por tonelada evitada, son las vinculadas con el tratamiento de residuos, el etiquetado, el sector forestal, la eficiencia energética en la industria y el transporte de personas. A partir de estos datos, se calculó el costo bruto total acumulado de las medidas de mitigación (véase el cuadro 9).

**CUADRO 9**  
**COSTO BRUTO TOTAL ACUMULADO DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN**  
**IDENTIFICADAS EN AMBOS ESCENARIOS A TASAS DE DESCUENTO**  
**DEL 4% Y EL 12%**  
*(En dólares de 2005)*

	Tasa de descuento del 4%				
	2020	2030	2050	2070	2100
Energía					
Industria Energética	8.587.884.281	35.139.576.405	127.508.383.536	386.794.930.739	1.080.071.705.445
Transporte	1.277.023.017	3.038.057.132	10.350.468.581	26.489.189.700	83.200.263.350
Residencial y comercial	29.175.493	80.262.270	237.638.896	449.348.654	919.639.878
Industria	297.512.858	502.576.975	2.958.559.401	6.594.598.512	16.750.108.940
Ganadería	468.465.900	1.874.833.128	3.540.025.060	5.280.196.162	8.038.465.386
Sectora forestal	239.699.983	670.721.025	1.269.181.404	1.561.518.263	2.000.020.665
Desechos	4.648.275	16.242.880	67.246.162	153.538.081	336.935.006
Totales	10.904.409.806	41.322.269.815	145.931.503.040	427.323.320.111	1.191.317.138.671

	Tasa de descuento del 12%				
	2020	2030	2050	2070	2100
Energía					
Industria Energética	16.868.004.532	69.019.855.729	250.447.248.835	544.866.207.669	1.332.079.537.459
Transporte	2.216.292.857	5.272.594.335	17.963.395.560	45.972.391.387	144.395.321.774
Residencial y comercial	30.634.268	84.275.383	249.520.840	471.816.086	965.621.872
Industria	369.136.324	1.090.680.704	3.670.805.183	8.182.187.042	20.782.542.574
Ganadería	468.465.900	1.874.833.128	3.540.025.060	5.280.196.162	8.038.465.386
Sectora forestal	239.699.983	670.721.025	1.269.181.404	1.561.518.263	2.000.020.665
Desechos	7.747.125	27.071.467	112.076.937	255.896.802	561.558.344
Totales	20.199.980.989	78.040.031.771	277.252.253.819	606.590.213.412	1.508.823.068.073

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 10**  
**COSTO BRUTO TOTAL ACUMULADO DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN**  
**IDENTIFICADAS EN AMBOS ESCENARIOS**  
*(En porcentajes del PIB de 2005)*

	Tasa de descuento del 12%				
	2020	2030	2050	2070	2100
Totales (4%)	5,98	22,67	80,05	234,41	653,49
Totales (12%)	11,08	42,81	152,09	332,74	827,66

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, el costo total de las medidas mitigación calculado en este estudio supera considerablemente el costo estimado de los impactos identificados y el costo de las medidas de adaptación identificados y valorizadas en términos monetarios. Sin embargo, estos resultados deben interpretarse como un reflejo de la mayor facilidad de recopilación de la información necesaria para calcular los ahorros de emisiones y los costos de mitigación, y de la certeza con respecto a ella, teniendo en cuenta las dificultades generales existentes, tanto en términos de disponibilidad de información

sobre los impactos previstos como de las posibles medidas de adaptación, la mayor incertidumbre sobre estos datos y la dificultad adicional de calcular el costo de bienes y servicios, especialmente los suministrados por el medio ambiente, a los que no se les puede asignar fácilmente un precio de mercado.

El presente documento se compone de nueve capítulos. El capítulo I está dedicado a contextualizar el análisis, para lo cual se presentan los resultados de los estudios más recientes sobre el cambio climático en la Argentina, a fin de establecer el escenario de base que servirá de referencia a los diversos aspectos del estudio.

En el capítulo II se describe el escenario socioeconómico y demográfico que sirve de punto de partida a las posteriores proyecciones de las variables explicativas del comportamiento de la actividad económica del país en el período 2005-2100, y se presenta el escenario macroeconómico nacional utilizado a lo largo del estudio. En este último también se toman en cuenta los efectos del contexto internacional en el país y la relación entre desarrollo económico y emisiones en los sectores analizados. Como es lógico, este escenario presenta un mayor grado de desagregación en lo que respecta al período comprendido entre los años 2005 (año base del estudio) y 2030, y un menor grado de detalle desde entonces hasta el año 2100 (año horizonte del estudio). En el escenario socioeconómico también se incluyen los factores indirectos que se consideran en el modelo energético predictivo y en los análisis sobre el comportamiento futuro de los demás sectores emisores de GEI.

En el capítulo III se describen la metodología empleada para el análisis económico del cambio climático y los métodos de valorización utilizados en cada caso.

En el capítulo IV se presenta la información producida en el marco del estudio de los impactos físicos y económicos previstos debido a la vulnerabilidad al cambio climático; esta información se basa en numerosos informes sectoriales ejecutados en el marco del Estudio Regional de la Economía del Cambio Climático para Sudamérica y en los resultados de la aplicación de los modelos climáticos suministrados por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE) del Brasil, basados a su vez en los escenarios climáticos A2 y B2 del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Los impactos se agrupan en las siguientes categorías: i) recursos hídricos y eventos extremos conexos (inundaciones y vulnerabilidad costera), ii) sector agrícola, iii) biodiversidad y ecosistemas (Esteros del Iberá y deforestación en el noroeste argentino) y iv) salud. El costo monetario de todos estos efectos en los años de corte (2020, 2030, 2050, 2070 y 2100) se calculó a cuatro tasas de descuento (0%, 0,5%, 2% y 4%).

En el capítulo V se consignan las medidas de adaptación identificadas en los informes sectoriales y cuyo costo económico se pudo determinar en el contexto del estudio. Al igual que en el caso anterior, los costos se calcularon para los diferentes años de corte y a las distintas tasas de descuento establecidas.

En el capítulo VI se describen los escenarios de emisiones y de mitigación (por sector y consolidados), elaborados en los informes sectoriales. Además, se determinan el ahorro de emisiones de GEI que podría lograrse como consecuencia de las medidas de mitigación propuestas y los costos correspondientes.

En el capítulo VII se consolidan los resultados de la valorización económica de los efectos previstos y de las medidas de adaptación y de mitigación correspondientes a ambos escenarios, a las distintas tasas de descuento y para todos los años de corte.

El capítulo VIII está dedicado al proceso de elaboración de la Estrategia Nacional de Cambio Climático que comenzó a aplicar el Gobierno y al análisis de factores relevantes relacionados con los indicadores más comunes de emisiones de GEI.

En el capítulo IX se dan a conocer las conclusiones y recomendaciones derivadas del presente estudio.

# I. El cambio climático en la Argentina

## A. Aspectos generales

El Estudio Regional de la Economía del Cambio Climático para Sudamérica responde a una iniciativa de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para América Latina y el Caribe (CEPAL); su principal objetivo es demostrar la importancia económica que tiene el cambio climático para las sociedades, los sistemas productivos y el patrimonio natural de los países de la región, a fin de que los responsables de la toma de decisiones en los planos nacional y locales tengan una herramienta que les permita tomar en consideración los costos y beneficios pertinentes en sus análisis.

En este contexto se elaboró este informe sintético sobre la República Argentina, en el que se dan a conocer las conclusiones más importantes de un conjunto de estudios realizados en el marco del proyecto<sup>1</sup>. El propósito de los estudios era ofrecer una primera aproximación a la valorización monetaria de los impactos previstos del cambio climático y de los diferentes aspectos de la vulnerabilidad a este fenómeno que presentan los sectores, sistemas y regiones del país analizados en este estudio, como así también de las medidas de adaptación y mitigación identificadas (véase el gráfico I.1)

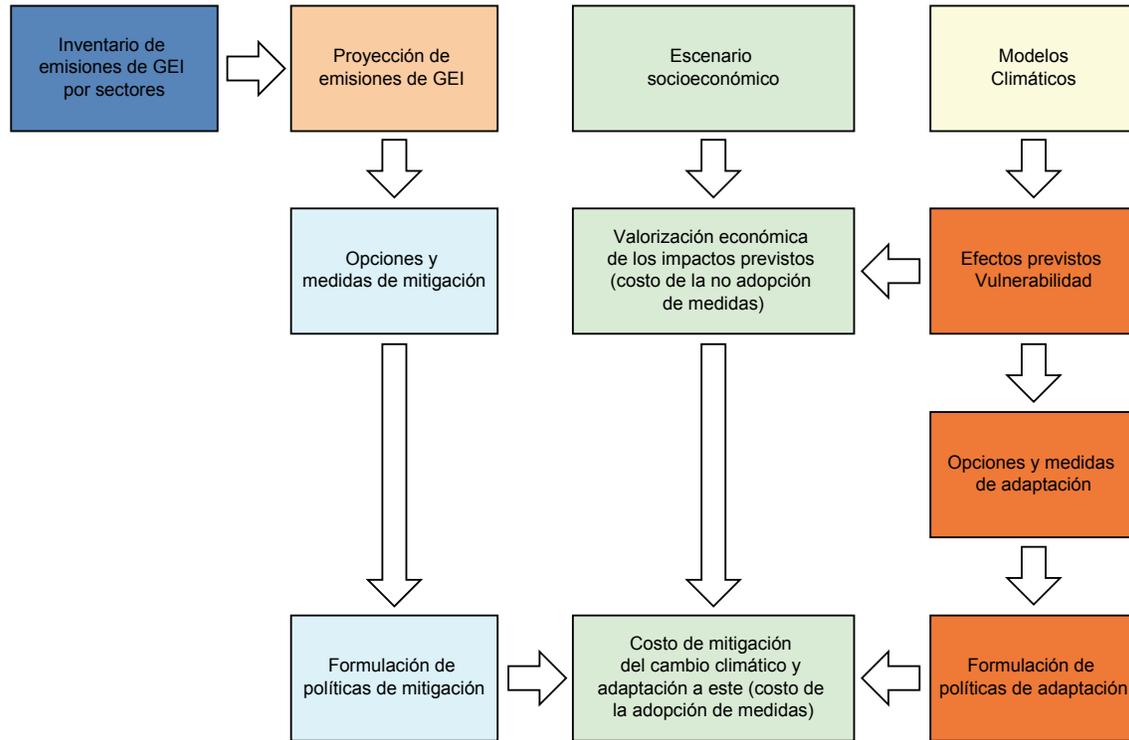
El presente informe no es de carácter exhaustivo, en términos de cobertura de todos los sectores, sistemas y regiones del país, tarea más acorde con los plazos fijados y los fondos disponibles para la elaboración de las comunicaciones nacionales sobre cambio climático<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Los estudios sectoriales en los que se basa la información presentada en este documento se entregarán a los organismos gubernamentales pertinentes, que los pondrán a disposición de los interesados en consultarlos.

<sup>2</sup> Entre los principales criterios utilizados para la selección y posterior ordenamiento por orden de prioridades de las regiones, los sectores y los sistemas considerados relevantes y que, por consiguiente, justifican su inclusión en este estudio destacan los siguientes: i) existencia de información incorporada en las comunicaciones nacionales sobre cambio climático o de estudios especiales sobre los diversos sectores socioeconómicos, sistemas naturales y regiones geográficas del país, teniendo en cuenta la limitación de recursos disponibles para cubrir todos los factores relacionados con el tema; ii) magnitud del impacto potencial, y iii) temas que no hayan sido examinados en las comunicaciones nacionales anteriores, ámbito en el que destacan la salud y la biodiversidad como los casos más emblemáticos.

**GRÁFICO I.1**  
**ESQUEMA DE LOS COMPONENTES DEL ESTUDIO**



**Fuente:** Elaboración propia.

Una característica particular del proceso de toma de decisiones relacionadas con el cambio climático es que, dado el tiempo que suele transcurrir entre la aplicación de las medidas y la obtención de los resultados derivados de su implementación, estas deben adoptarse a pesar del contexto de la incertidumbre que las rodea. Es por ello que el disponer de una valorización monetaria aproximada de los impactos previstos del cambio climático<sup>3</sup> y de la aplicación de medidas de adaptación y mitigación<sup>4</sup> permite comparar la factibilidad, el alcance y el impacto socioeconómico de estas con los daños potenciales de los impactos previstos. De hecho, el cálculo de datos relevantes para la toma de decisiones podría contribuir a crear conciencia en los encargados de su adopción sobre la importancia y prioridad del cambio climático.

Para la realización del estudio nacional de los aspectos económicos del cambio climático, se desarrollaron seis actividades complementarias:

- Estudios de impactos, vulnerabilidad y potenciales medidas de adaptación al cambio climático en diferentes sistemas, sectores y regiones, a partir de información sobre las condiciones climáticas suministrada por el Centro de pronósticos del tiempo y estudios climáticos del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales del Brasil (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, (INPE)), correspondiente a los escenarios A2 y B2 de emisiones del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático y al período comprendido entre 1990 y 2100.

<sup>3</sup> En este contexto se podrían considerar como “costos de la no adopción de medidas”.

<sup>4</sup> En este contexto, podría representar el costo de la adopción de medidas.

- Desarrollo de un único escenario socioeconómico que abarca todo el país y el período 2005-2100. Este escenario se desarrolló con un mayor grado de detalle hasta el año 2030; a la vez, se identificaron las tendencias más probables de comportamiento de los diversos sectores y actividades del sistema socioeconómico nacional y se tomaron en consideración las tendencias de la economía nacional y regional que presentan mayores posibilidades de concretarse. Con posterioridad al año 2030 y hasta el año 2100, el escenario se elaboró en términos más agregados, como consecuencia de la acentuación de la incertidumbre que se produce mientras mayor es la distancia temporal del año base<sup>5</sup>.
- Estudios específicos destinados a elaborar proyecciones sobre emisiones sectoriales de GEI, por fuentes y absorción de CO<sub>2</sub> por sumideros, e identificar las medidas de mitigación que podrían aplicarse.
- Desarrollo, a partir de las proyecciones mencionadas, de un escenario de emisiones de GEI de base o referencial y un escenario de mitigación, con el fin de determinar la reducción potencial de emisiones netas.
- Cálculo del valor económico de los efectos del cambio climático en las regiones, los sectores y los sistemas incluidos en el estudio, de las medidas de adaptación potencialmente aplicables y de los costos de las medidas de mitigación.
- Inclusión de todos los costos y beneficios identificados como porcentajes del PIB del país en el año base.

Por todos los motivos indicados, la metodología empleada para la determinación de los costos y beneficios que podría representar el cambio climático para la Argentina consiste en la aplicación de un enfoque ascendente (*bottom-up*), que comienza con los impactos físicos en determinados sectores, sistemas y regiones, y continúa con la identificación de las opciones de adaptación y mitigación, la valorización económica de estas y la posterior integración de los valores monetarios calculados.

A continuación se indican los componentes del presente estudio:

## **Impactos previstos y vulnerabilidad**

### ***Biodiversidad***

- impactos en la biodiversidad de los Esteros del Iberá
- impactos en la deforestación y la biodiversidad en el noroeste de la Argentina

### ***Recursos hídricos***

- impactos en el caudal de los principales ríos de la Cuenca del Plata
- impactos en las inundaciones de los ríos Paraná y Uruguay
- impactos en el caudal de los ríos de los Esteros del Iberá
- impactos en el caudal de los principales ríos de la región de Cuyo

---

<sup>5</sup> Cabe recordar que los horizontes temporales más relevantes, considerados tanto en los estudios de impacto y vulnerabilidad como en la aplicación de medidas de adaptación y mitigación, no necesariamente coinciden. Mientras en el primer caso algunos de los efectos comienzan a observarse a partir del año 2050, en el caso de las medidas de mitigación no es realista pretender desarrollar un escenario con un alto grado de desagregación con posterioridad al año 2030.

- impactos en la oferta y demanda de agua en la región de Cuyo
- vulnerabilidad de las costas del río de la Plata

### *Agricultura*

- impactos en la producción agrícola

### *Salud*

- impactos en la salud

## **Valorización económica de los impactos y las medidas de adaptación**

### **Escenarios socioeconómicos a largo plazo correspondientes a los escenarios de emisiones**

#### **Escenarios de emisiones y medidas de mitigación**

- escenarios de emisiones y medidas de mitigación en el sector energético y escenario consolidado de los demás sectores
- escenarios de emisiones y medidas de mitigación en el sector industrial
- escenarios de emisiones y medidas de mitigación en el sector agrícola
- escenarios de emisiones y medidas de mitigación en el sector ganadero
- escenarios de emisiones y medidas de mitigación en el sector de residuos
- escenarios de emisiones y medidas de mitigación en el sector de uso del suelo, cambio del uso del suelo y silvicultura
- cálculo de los costos de mitigación

Quedan fuera del alcance del estudio los impactos en los siguientes ámbitos: i) biodiversidad en todas las zonas del país, con excepción de las dos citadas (Iberá y noroeste); ii) recursos hídricos en las cuencas hidrográficas, con excepción de las cuencas de los ríos Paraná, Paraguay, Uruguay, de la Plata, los principales de Cuyo y los ríos Limay y Neuquén en Comahue; iii) actividades agrícolas en el resto del territorio nacional, con excepción de la zona núcleo (región de la Pampa) y la región del Chaco; iv) la mayor parte de la región de la Patagonia (especialmente la zona sur), tanto en lo concerniente a los recursos hídricos (dinámica de los ríos) como a los glaciares; v) eventos extremos en todo el territorio del país; vi) aumento del nivel del mar, excepto en el estuario del río de la Plata; vii) demás enfermedades transmisibles por vectores o simplemente fruto de las condiciones cambiantes del clima, con excepción de las dos estudiadas (dengue y malaria), y viii) repercusiones socioeconómicas más significativas. Tampoco se analizaron exhaustivamente todas las potenciales medidas de adaptación y de mitigación que podrían aplicarse en las regiones, los sectores y los sistemas estudiados. No obstante, estas limitaciones no le restan validez al estudio, puesto que se trata del primer intento integral de cuantificación de los valores monetarios de los potenciales impactos previstos del cambio climático y de las medidas de adaptación y mitigación que podrían aplicarse.

En la Segunda Comunicación Nacional del Gobierno de la República Argentina (2007), enviada a la Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, se consigna que “Las proyecciones del clima para este siglo en la Argentina

resultan preocupantes”. En los escenarios climáticos basados en todos los modelos se prevé un aumento de la temperatura, más pronunciado en el norte del país y superior al incremento previsto de las precipitaciones, lo que acentuaría el estrés hídrico en algunas regiones y provocaría un retroceso generalizado de los glaciares cordilleranos, entre otros impactos previstos. Por lo tanto, no se puede dejar de tomar en consideración el tipo de perfil productivo que presenta la Argentina, caracterizado por un alto porcentaje de exportaciones de productos primarios y de manufacturas de origen agropecuario, por lo que la vulnerabilidad al cambio climático de su sistema productivo es potencialmente alta. A esto se suma el importante aporte de las centrales hidroeléctricas a la producción de electricidad. En cuanto a los condicionantes de orden socioeconómico, cabe señalar que la adaptación al cambio climático y las medidas de mitigación de las emisiones de GEI suponen erogaciones que, en algunos casos, competirán con la asignación de recursos a inversiones sociales que son prioritarias para el país. La insuficiencia de recursos podría, entonces, dar origen a más conflictos que sinergias entre algunas medidas de adaptación y de mitigación. Asimismo, en un contexto en que el ya se están comenzando a manifestar los efectos del cambio climático, al margen de la eficacia de las medidas de mitigación que pudiera aplicar un país como la Argentina, una cantidad importante de recursos tendrá que destinarse obligatoriamente a la adopción de medidas que le permitan hacer frente a un problema que afectará al país en una medida desproporcionadamente mayor a su contribución al desencadenamiento del fenómeno<sup>6</sup>.

## B. Algunos datos básicos

La República Argentina, ubicada en el sur del continente americano tiene una superficie continental de 2.737.000 km<sup>2</sup>, mientras que el sector antártico argentino tiene una superficie terrestre<sup>7</sup> de 969.464 km<sup>2</sup>.

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda del año 2001, el país tiene 36.260.130 habitantes<sup>8</sup> (más de 40 millones, según los datos preliminares del censo de 2010), el 90% de los cuales vive en áreas urbanas. La esperanza de vida supera los 75 años<sup>9</sup> y la mortalidad infantil es de 15 por mil<sup>10</sup>. La educación estatal es gratuita en todos los niveles y obligatoria en los niveles preescolar, primario y secundario (13 años), en tanto que la tasa de alfabetización de los mayores de 15 años es del 97,7%<sup>11</sup>. El país cuenta con más de 80 universidades a las que concurren más de 1,5 millones de estudiantes. La atención sanitaria estatal es gratuita y la mitad de la población está cubierta por servicios sociales.

La República Argentina es un Estado republicano, representativo y federal, con una estructura política descentralizada, integrada por 23 provincias<sup>12</sup> y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. En la Constitución Nacional, vigente desde 1994, se consagra explícitamente el cuidado del medio ambiente y se dispone que las provincias tienen “el dominio originario de los recursos naturales existentes en su territorio”. La Nación tiene, entre otras, la facultad de dictar las normas sobre el presupuesto mínimo asignable a la protección del medio ambiente.

<sup>6</sup> Gobierno de la República Argentina (2007); Girardin (2009a y b).

<sup>7</sup> Fuente: INDEC. [www.indec.gov.ar](http://www.indec.gov.ar)

<sup>8</sup> Ibid.

<sup>9</sup> PNUD. Índice de Desarrollo Humano 2010.

<sup>10</sup> Ibid.

<sup>11</sup> Ibid.

<sup>12</sup> Buenos Aires, Catamarca, Córdoba, Corrientes, Chaco, Chubut, Entre Ríos, Formosa, Jujuy, La Pampa, La Rioja, Mendoza, Misiones, Neuquén, Río Negro, Salta, San Juan, San Luis, Santa Cruz, Santa Fe, Santiago del Estero, Tierra del Fuego, Antártida e islas del Atlántico Sur y Tucumán.

Las provincias patagónicas (Neuquén, Río Negro, Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego) tienen escasas precipitaciones (en general menos de 200 mm anuales), excepto en algunas franjas adyacentes a la Cordillera de los Andes. Las temperaturas son típicas de las latitudes medias y la vegetación es de estepa con monte achaparrado. En esta zona los suelos se destinan principalmente a la ganadería ovina, lo que ha causado graves procesos de erosión. En algunas áreas se desarrollan actividades de extracción de gas, petróleo y minerales. La franja cordillerana húmeda es una región de gran belleza natural y está cubierta por glaciares y nieves permanentes, lagos, bosques y pastizales. En esta zona se desarrolla una intensa actividad turística, estrechamente vinculada a los atractivos del paisaje<sup>13</sup>.

Al norte del paralelo 40°S predomina un clima subtropical con veranos cálidos. En el este, las precipitaciones son abundantes (superiores a los 1.000 mm) y permiten la explotación agrícola de secano y la ganadería extensiva. Las precipitaciones disminuyen hacia el oeste hasta menos de 200 mm anuales, por lo que algunas áreas presentan características desérticas y muy escasa vegetación<sup>14</sup>. En estas zonas, las actividades urbanas y la agricultura de regadío se nutren de los ríos que se alimentan del deshielo de las precipitaciones de nieve en la Cordillera de los Andes. Entre el este húmedo y el oeste árido se encuentra la zona semiárida, cuya vegetación original era de monte, pero que ha sufrido grandes cambios y cuyos suelos se destinan actualmente a la cría de ganado vacuno<sup>15</sup>.

En el norte del país se encuentran selvas en la provincia de Misiones y en los faldeos orientales de las sierras de Tucumán, Salta y Jujuy, que se caracterizan por abundantes precipitaciones. En el caso de Misiones, gran parte de la selva original fue sustituida por explotaciones forestales, principalmente de pinos. La silvicultura comercial se extiende a las provincias de Corrientes y Entre Ríos, en las que se cultivan pinos y eucaliptos. Las provincias del Chaco y Formosa y el norte de la provincia de Santiago del Estero conforman la parte argentina de la región del Chaco, caracterizada por una vegetación arbórea en forma de parques, y actividades agrícolas de secano y ganadería extensiva.

## C. El cambio climático en la Argentina

En la Segunda Comunicación Nacional (SCN) del Gobierno de la República Argentina presentada a la Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático<sup>16</sup> se identificaron cambios importantes de algunas tendencias climáticas en comparación con la situación histórica. En esa comunicación se definían como notables las tendencias climáticas registradas en la mayor parte del territorio en las últimas tres o cuatro décadas y se afirmaba que muy probablemente podían atribuirse al cambio climático global. Dichas tendencias han afectado los sistemas naturales y las actividades humanas, por lo que exigen una rápida adaptación. A continuación, se enumeran las más importantes:

- aumento de las precipitaciones medias anuales en casi todo el país y muy especialmente en el noreste y en la zona oeste periférica que rodea la región húmeda tradicional;
- aumento de la frecuencia de precipitaciones extremas en gran parte del este y el centro del país;
- aumento de la temperatura en la zona cordillerana de la Patagonia y la provincia de Cuyo, unido al retroceso de los glaciares;

<sup>13</sup> Gobierno de la República Argentina (2007).

<sup>14</sup> Ibid.

<sup>15</sup> Ibid.

<sup>16</sup> Ibid.

- aumento del caudal de los ríos y de la frecuencia de inundaciones en todo el país, con la excepción de San Juan, Mendoza, Comahue y el norte de la Patagonia;
- disminución del caudal de los ríos de origen cordillerano en San Juan, Mendoza y Comahue.

En la SCN también se indicaba que los probables impactos previstos para la primera mitad de este siglo, que podrían acentuar las vulnerabilidades o dar origen a nuevos factores de vulnerabilidad, serían los siguientes:

- variaciones imprevisibles del caudal de los ríos de la Cuenca del Plata, debido a un aumento de la temperatura superior al correspondiente a las precipitaciones y, por consiguiente, a la evaporación;
- acentuación del estrés hídrico en todo el norte y parte del oeste del país, debido a la misma causa;
- disminución de la precipitación de nieve en la Cordillera de los Andes, probable crisis hídrica en Mendoza y San Juan, y reducción de la generación de energía hidroeléctrica en la región del Comahue;
- prolongación de la alta frecuencia de precipitaciones intensas y de las inundaciones en las zonas actualmente afectadas;
- prolongación del retroceso de los glaciares, y
- problemas en algunos puntos del litoral marítimo y de la costa del río de la Plata, debido al aumento del nivel del mar.

En la SCN se indicaba también que en la Argentina los mayores impactos del cambio climático son los relativos a la variación interanual de las precipitaciones, que afectan considerablemente a la producción agropecuaria en períodos de sequía. Otro de los impactos importantes, aunque menos acentuado, son las intensas precipitaciones que generan excedentes hídricos, causan inundaciones de campos productivos, y tienen efectos dañinos para la infraestructura, la seguridad y la salud de las poblaciones urbanas.

En casi toda la Argentina, la mayor fuente conocida de variación interanual del clima es el fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur que, en distintas regiones y en distintas fases mensuales, provoca anomalías en las precipitaciones<sup>17</sup>. En general, en los períodos en que se manifiesta este fenómeno se producen precipitaciones superiores a la media, mientras que el fenómeno de La Niña tiene efectos diametralmente opuestos. En algunos casos del primero estos, las precipitaciones son tan cuantiosas que provocan inundaciones en los grandes ríos de llanura del este del país. En efecto, casi todas las mayores crecidas de los ríos Paraná y Paraguay se deben a la fase de El Niño<sup>18</sup>.

En el presente estudio se utilizaron los datos climáticos suministrados por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales del Brasil (INPE), basados en la aplicación del modelo PRECIS de provisión de información climática regional para estudios de impacto correspondiente al período 1960-1990, que representa el clima actual, y al período 2070-2100, para la estimación del clima futuro. Los datos climáticos sobre el período 1990-2070 se calcularon mediante una interpolación elaborada por el Instituto, basada fundamentalmente en valores medios, en lugar de variaciones interanuales, calculados por los equipos locales de estudio de los caudales.

---

<sup>17</sup> Ropelewski y Halpert, (1987); Aceituno, (1988); Grimm et al. (2000), citados en Gobierno de la República Argentina (2007).

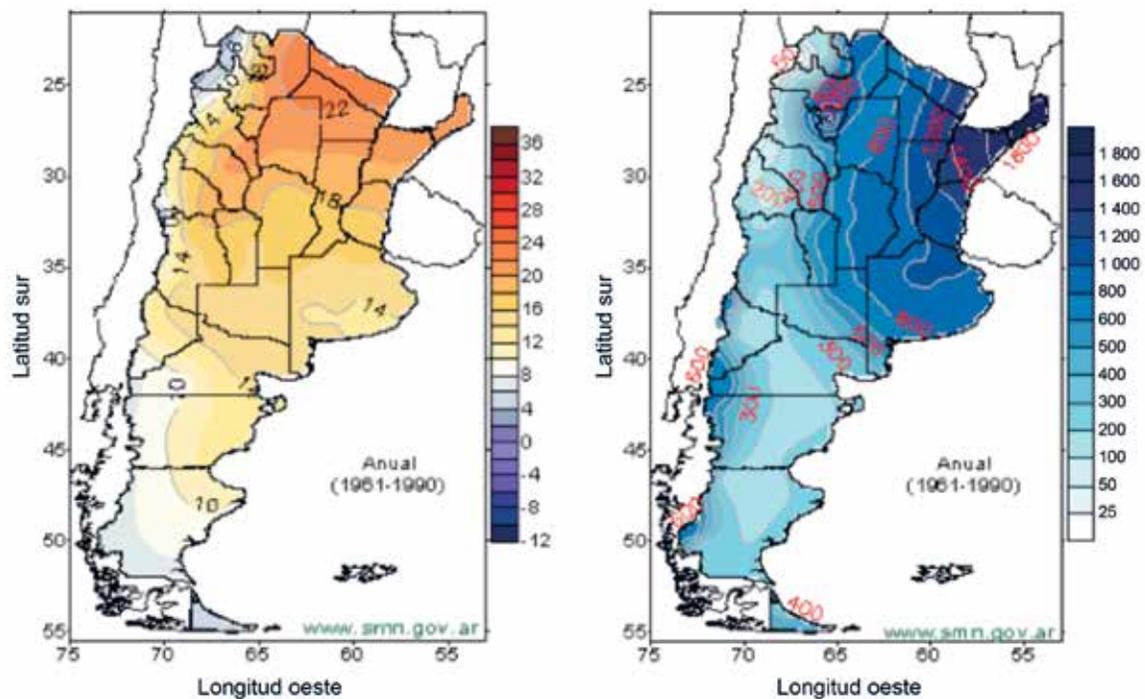
<sup>18</sup> Camillioni y Barros (2003) citado en Gobierno de la República Argentina (2007).

En el mapa I.1 se indican los valores medios actuales de las temperaturas y las precipitaciones anuales en el territorio argentino. En dicho mapa se observa que las isoyetas van en aumento del noreste al suroeste, con la excepción de una estrecha franja de la Cordillera de Los Andes, principalmente en el sur del país, mientras que las isotermas se desplazan de norte a sur, pero también reciben la influencia de los fenómenos que se registran en los puntos más altos de Los Andes.

La aplicación de los escenarios climáticos revela que hasta mediados del presente siglo no habría mayores diferencias entre los escenarios A2 y B2, pero que hacia fines del siglo el aumento de las precipitaciones podría ser muy pronunciado, sobre todo en el escenario A2, y en algunos casos, el aumento superaría el 25% (véase el mapa I.2).

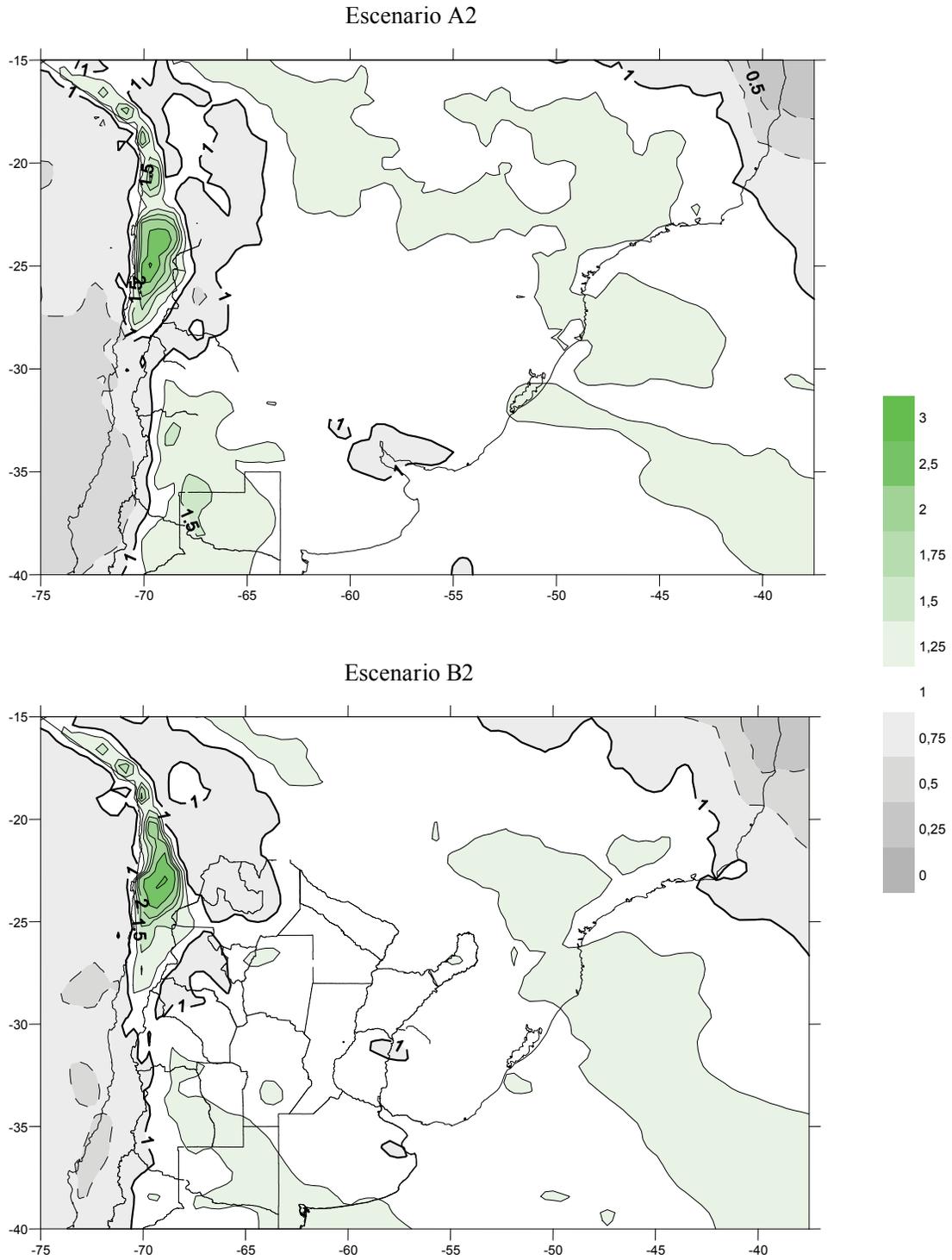
En lo que respecta a las temperaturas (véase el mapa I.3), el aumento medio anual proyectado respecto de 1960-1990 fluctúa entre 1°C y 1,5°C en la década de 2020-2029, de acuerdo al escenario A2. Las temperaturas mínimas aumentan apenas un poco menos que las máximas, tendencia que se acentuaría progresivamente, al igual que las diferencias relativas entre los escenarios A2 y B2. El aumento de la temperatura máxima media anual en el norte de la Cuenca del Plata podrían llegar a los 6°C hacia fines del presente siglo según el escenario A2.

**MAPA I.1**  
**TEMPERATURAS Y PRECIPITACIÓN ANUAL MEDIA**  
*(En grados centígrados y milímetros cúbicos)*



**Fuente:** Elaboración propia sobre la base de los datos del Servicio Meteorológico Nacional.

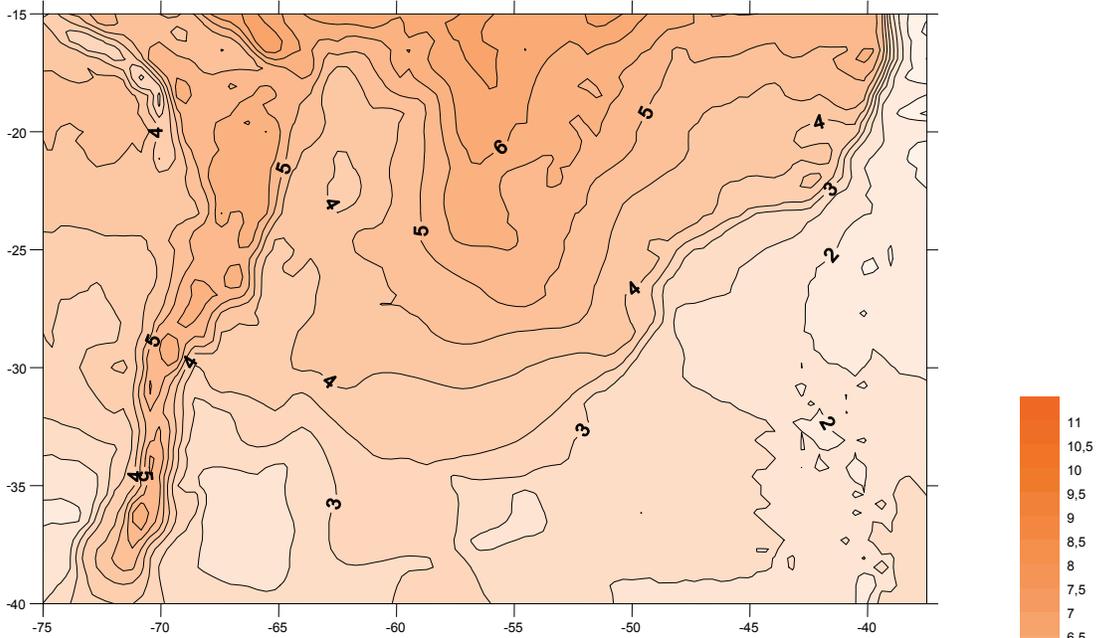
**MAPA I.2**  
**ESCENARIOS DE VARIACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES ANUALES MEDIAS ENTRE**  
**LOS PERÍODOS 1960-1990 Y 2090-2099**  
*(En cociente)*



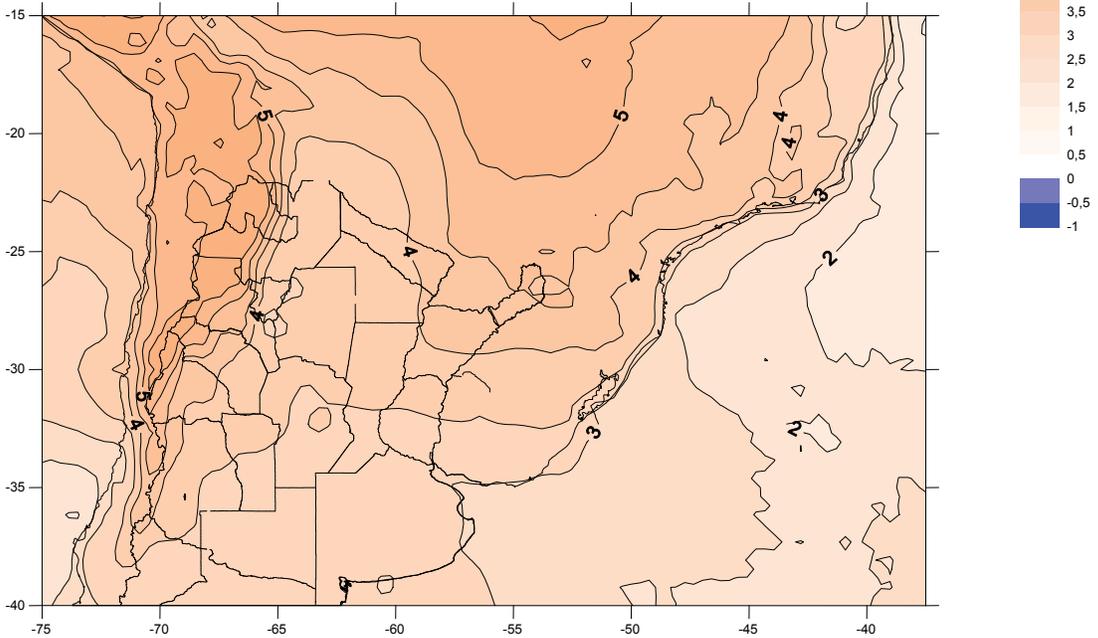
**Fuente:** Elaboración propia sobre la base de los escenarios climáticos del modelo PRECIS del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales del Brasil.

**MAPA I.3**  
**ESCENARIOS DE VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA ANUAL MEDIA**  
**ENTRE LOS PERÍODOS 1960-1990 Y 2090-2099**  
*(En grados centígrados)*

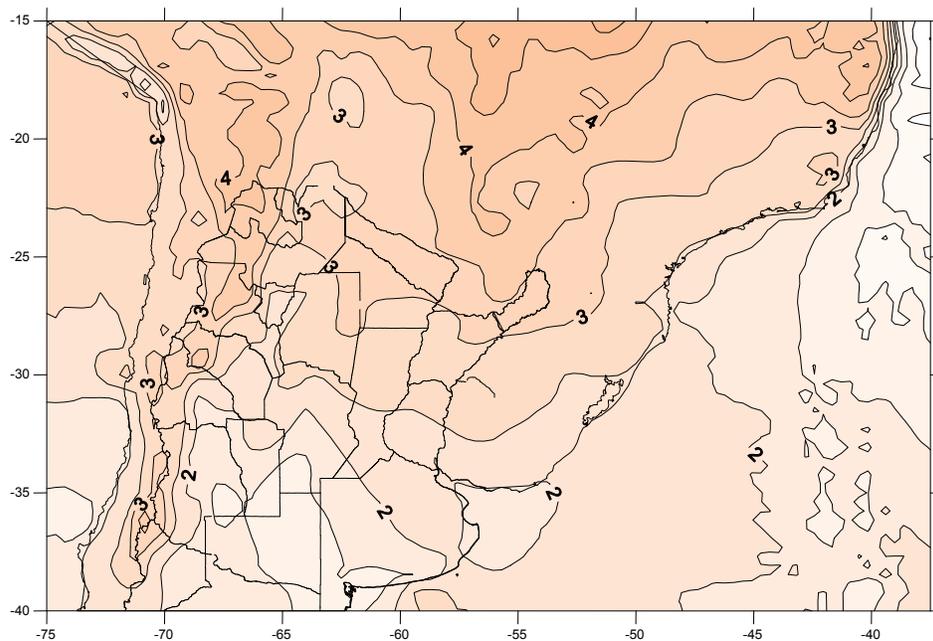
Temperatura máxima, escenario A2



Temperatura mínima, escenario A2



Temperatura máxima, escenario B2



**Fuente:** Elaboración propia sobre la base de los escenarios climáticos desarrollados con el modelo PRECIS del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales del Brasil.



## II. Escenario macroeconómico y demográfico

### A. El contexto internacional y sus efectos para el país

La evolución económica de la República Argentina ha obedecido, históricamente, tanto a las políticas públicas como a las condiciones y los factores condicionantes del entorno económico mundial y regional<sup>19</sup>.

Tal como se observa en el gráfico II.1, existe una vinculación entre los ciclos de la economía mundial y de los Estados Unidos y los de la economía argentina. En general, y salvo algunas excepciones, tanto los descensos como los repuntes de las tasas de crecimiento de la Argentina coinciden con los ciclos mundiales. Las mayores excepciones a esta regla se registran en la década de 1980 y se relacionan con las políticas para hacer frente a la deuda externa que la Argentina contrajo después de 1975 y, en especial, entre 1978 y 1981 y posteriormente, aunque en un contexto de crecimiento durante parte del período, entre 1990 y 2001<sup>20</sup>. Es notorio que las oscilaciones de la economía argentina superan con creces las de la economía mundial.

Se puede apreciar que la Argentina ha mostrado tener en el largo plazo un desempeño inferior a la media mundial, especialmente después de 1980, y una variabilidad muy superior a la media mundial y de la registrada por otros países en desarrollo<sup>21</sup>.

Tomando como referencia la información presentada, así como diversos estudios, informes y estimaciones<sup>22</sup>, se supusieron y adoptaron una serie de tasas de crecimiento del PIB, tanto a nivel mundial agregado como de grandes regiones (véase el cuadro II.1).

---

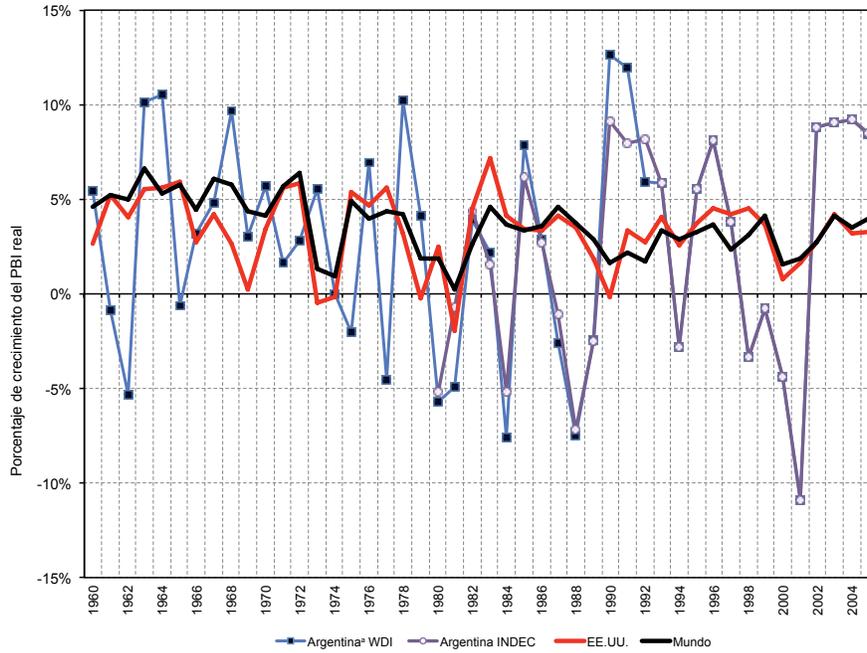
<sup>19</sup> Fundación Bariloche (2008).

<sup>20</sup> Ibid.

<sup>21</sup> Ibid.

<sup>22</sup> Véase Fundación Bariloche (2008) y también DOE (2008), Banco Mundial (2008), UN-DESA (2008) y WEF (2008).

**GRÁFICO II.1**  
**TASAS DE CRECIMIENTO DEL PIB DE LA ARGENTINA, LOS ESTADOS UNIDOS**  
**Y LA ECONOMÍA MUNDIAL, 1960-2007**  
*(En porcentajes)*



Fuente: Fundación Bariloche (2008).

\*World Development Indicators, Banco Mundial.

**CUADRO II.1**  
**TASAS DE CRECIMIENTO DEL PIB MUNDIAL Y DE GRANDES REGIONES**  
**EN TÉRMINOS REALES**

	1990-2006		Proyecciones 2007-2030		
	1990-2000	2001-2006	2007-2010	2011-2020	2021-2030
Unión Europea	2,2%	1,6%	1,8%	1,4%	1,2%
Oriente Medio y Norte de África	3,9%	4,3%	4,6%	4,0%	3,8%
América Latina y el Caribe	3,3%	3,5%	3,7%	2,8%	2,5%
Federación de Rusia	-3,9%	6,5%	6,5%	4,8%	4,5%
EE.UU.	3,3%	3,0%	2,0%	2,0%	1,8%
China	10,4%	10,0%	7,5%	6,5%	5,0%
Asia meridional	5,2%	7,3%	6,0%	4,8%	3,8%
Asia oriental y el Pacífico	8,4%	8,8%	6,2%	5,6%	4,0%
Total mundial	3,2%	3,4%	2,7%	2,5%	2,2%

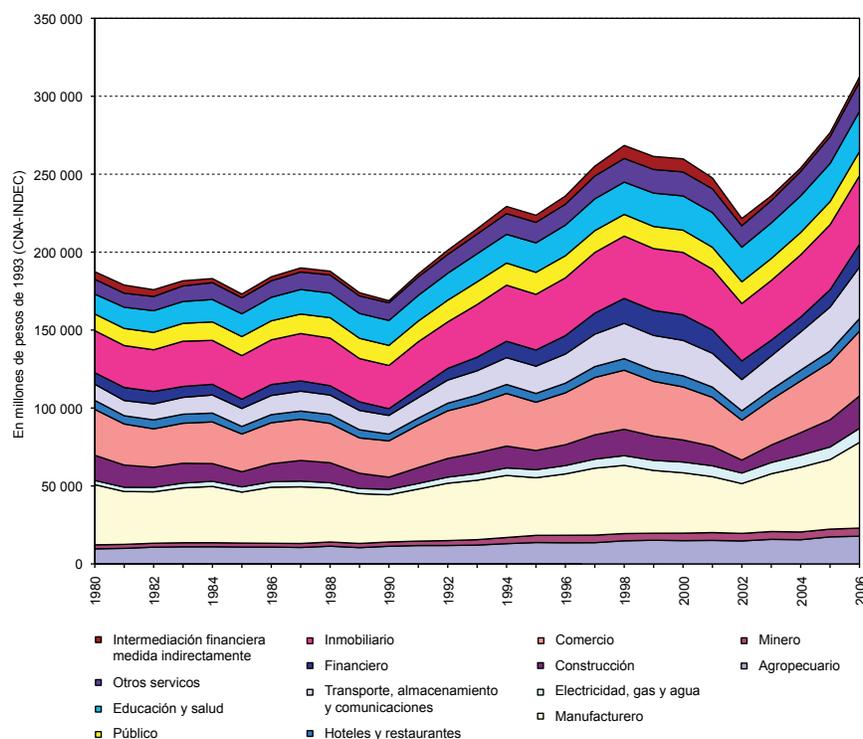
Fuente: Fundación Bariloche (2008) basado en datos del Banco Mundial.

## B. El contexto nacional

En el gráfico II.1, en el que se ilustra la evolución de los valores agregados sectoriales en el período 1980-2006, se observa una relativa estabilidad de los sectores agropecuario, minero y de servicios y una mayor exposición a los cambios del entorno interno y externo de los restantes sectores, afectados también por los precios relativos y su impacto en la medición del producto.

A partir de la recesión registrada entre 1998 y 2002 y tras el abandono de la convertibilidad, la economía argentina ha mostrado un considerable dinamismo atribuible a las condiciones favorables del entorno mundial, al menos hasta mediados de 2008<sup>23</sup>, y a las ventajas competitivas derivadas del nuevo esquema cambiario. Desde entonces y hasta fines de 2008 se registraron 27 trimestres consecutivos de crecimiento, por lo que el nivel del PIB aumentó un 63,33% con respecto al de 2002, que a su vez es un 33,35% mayor que el récord anterior, alcanzado a mediados de 1998, es decir, antes del comienzo de la recesión (véase el gráfico II.2)<sup>24</sup>. Dada la estructura productiva de la Argentina, el entorno internacional continuará siendo uno de las principales condicionantes de la evolución futura de la economía del país<sup>25</sup>.

**GRÁFICO II.2**  
**EVOLUCIÓN DEL VALOR AGREGADO POR GRANDES SECTORES**  
(En millones de pesos de 1993)



**Fuente:** Fundación Bariloche (2008); Censo Nacional Agropecuario (CNA), Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC).

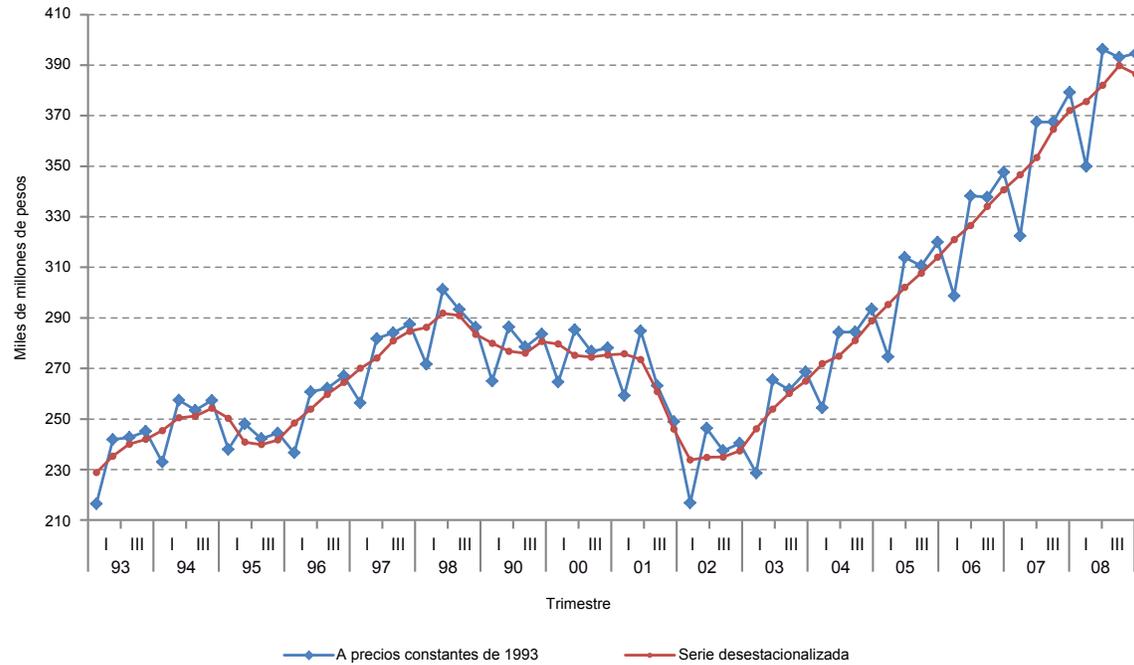
<sup>23</sup> En el cuarto trimestre de 2008 se comienzan a observar los primeros efectos de la crisis internacional, que se reflejan en una desaceleración del crecimiento en la serie desestacionalizada, aunque no en la serie trimestral. Esta situación se prolongó durante gran parte de 2009, pero la economía retomó la trayectoria de crecimiento sostenido a partir de 2010. Véase [en línea] [www.indec.mecon.gov.ar](http://www.indec.mecon.gov.ar).

<sup>24</sup> Fuente: INDEC. Véase [en línea] [www.indec.mecon.gov.ar](http://www.indec.mecon.gov.ar)

<sup>25</sup> Fundación Bariloche (2008).

En el cuadro II.2, en el que se presenta la composición sectorial del PIB en el año 2005, se observa que la participación de los diversos sectores se mantiene relativamente estable en los últimos años. El sector de servicios participa con alrededor del 60% del total, mientras que el 40% restante corresponde al sector productor de bienes.

**GRÁFICO II.3**  
**EVOLUCIÓN DEL PIB**  
(En miles de millones de pesos de 1993)



**Fuente:** Elaboración propia basada en datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC).

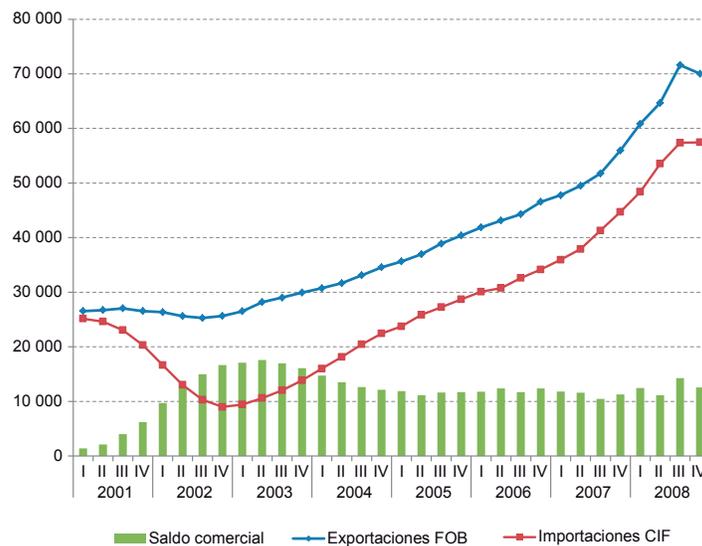
En los últimos años, en el sector externo se incrementaron tanto las exportaciones como las importaciones (véase el gráfico II.4). Los principales rubros de exportación son productos básicos e industriales de origen agropecuario, gas y petróleo, material de transporte, productos químicos y petroquímicos, metales, maquinarias y equipos, y productos de cuero y calzados.

**CUADRO II.2**  
**CONTRIBUCIÓN AL PIB POR SECTORES EN 2005**  
**Y CRECIMIENTO DEL PIB EN 2004-2005**  
*(En miles de millones de pesos constantes de 1993 y en porcentajes)*

<b>PIB a precios de mercado</b>	304,8	9,2
<b>Sectores productores de bienes</b>	99,1 (32,5)	9,5%
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura.	17,0 (5,6 %)	11,7%
Pesca	0,3 (0,1 %)	-14,3%
Explotación de minas y canteras	5,1 (1,7 %)	-0,2%
Industria manufacturera	50,5 (16,6 %)	7,5%
Suministro de electricidad, gas y agua	8,6 (2,8 %)	5,0%
Construcción	17,6 (5,8 %)	20,4%
<b>Sectores productores de servicios</b>	186,4 (61,1 %)	8,4%
Comercio mayorista, comercio minorista y reparaciones	38,5 (12,6 %)	9,8%
Hoteles y restaurantes	7,5 (2,5 %)	7,9%
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	29,1 (9,5 %)	14,8%
Intermediación financiera	11,9 (3,9 %)	17,5%
Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	42,2 (13,8 %)	4,5%
Administración pública y defensa	14,9 (5,0 %)	3,3%
Enseñanza, y servicios sociales y de salud	24,9 (8,2 %)	4,2%
<b>Otras actividades</b> (servicios comunitarios, sociales y personales y servicio doméstico)	17,5 (5,7 %)	9,8%
Impuestos al valor agregado y a la importación, menos servicios financieros medidos indirectamente	19,3 (6,3 %)	15,6 %

Fuente: SCN (2007), basado en datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos.

**GRÁFICO II.4**  
**EVOLUCIÓN DE LAS EXPORTACIONES Y LAS IMPORTACIONES Y SALDO COMERCIAL ACUMULADO, 2001-2008**  
*(En miles de millones de dólares corrientes de cada año)*

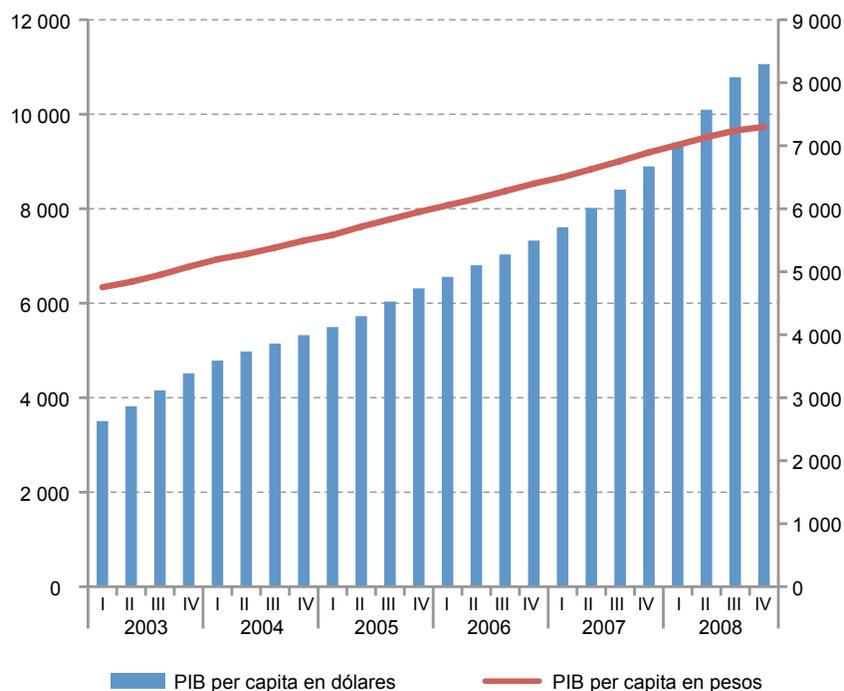


Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2008.

El proceso de crecimiento económico de los últimos años se tradujo en una mejora de los indicadores sociales, una expansión del empleo y una recuperación de los niveles salariales debida al aumento de la productividad y a la rentabilidad específica de algunos sectores, todo lo cual permitió una reducción de la pobreza y la indigencia y una mejora, aunque moderada, de la distribución del ingreso<sup>26</sup>. Por otra parte, el crecimiento de la actividad económica produjo un aumento sostenido del PIB per cápita (véase el gráfico II.5).

### GRÁFICO II.5 EVOLUCIÓN DEL PIB PER CÁPITA

(En pesos a precios del cuarto trimestre de 2008 y en dólares de 2008)<sup>a</sup>



**Fuente:** Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2008.

<sup>a</sup>Datos correspondientes a la media de los últimos cuatro trimestres.

## C. Desarrollo económico y emisiones

Si bien no hay un vínculo directo y unívoco entre el crecimiento económico y el incremento de las emisiones de GEI<sup>27</sup>, dado que la composición y el perfil de emisiones de un país responden a distintos factores, es posible establecer cierta relación entre las magnitudes y los cambios observados de ciertas variables y los niveles y variaciones de las emisiones de este tipo de gases. Esta relación puede adoptar diversas formas y darse entre los niveles de actividad de ciertos sectores, determinadas características de la dinámica poblacional, la matriz energética, la estructura de fuentes y usos del sector energético y el

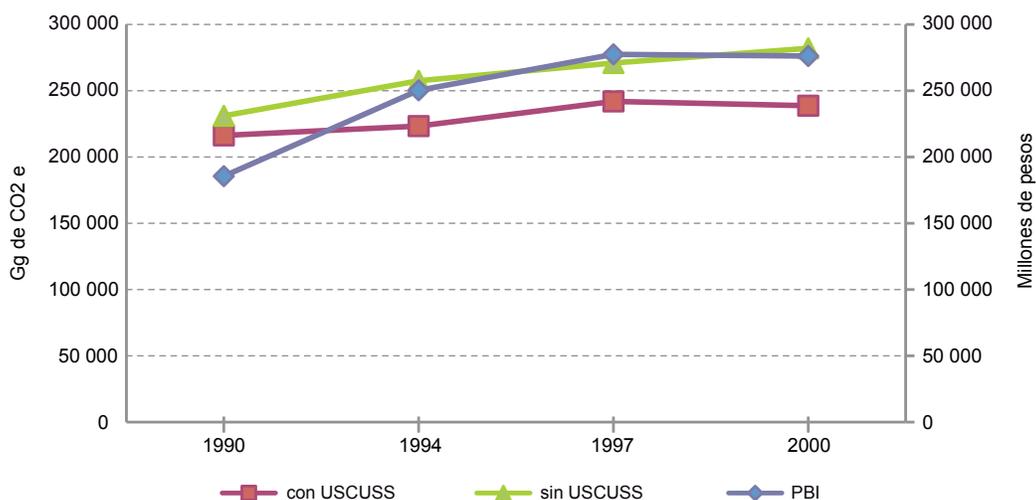
<sup>26</sup> Ibid.

<sup>27</sup> De lo contrario, diversos países con similar grado de desarrollo tendrían que presentar niveles similares de emisiones de GEI.

patrón de prácticas de uso del suelo en actividades ligadas a los recursos naturales, entre otros. En el caso de las emisiones de GEI de la República Argentina, se identificaron algunas relaciones entre estas y las características de la actividad de ciertos sectores; en esta sección se consideran solo algunas de las más destacadas, mientras que en el análisis de las emisiones por sector se presenta un análisis más detallado.

En el gráfico II.6 se ilustra la relación histórica entre la evolución del PIB y de las emisiones de GEI, basada en datos oficiales incluidos en la SCN.

**GRÁFICO II.6**  
**RELACIÓN ENTRE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO**  
**INVERNADERO Y EL PIB, 1990, 1994, 1997 Y 2000**  
*(En Gg de CO<sub>2</sub>e y a precios de mercado en millones de pesos constantes de 1993)<sup>a</sup>*



**Fuente:** Elaboración propia basada en información del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos y datos incluidos en la Segunda Comunicación Nacional.

<sup>a</sup>Los años corresponden a los incluidos en los inventarios de GEI presentados en la Segunda Comunicación Nacional.

El PIB presenta un crecimiento sostenido en el período 1990-1997, a continuación del cual se estanca y luego desciende levemente hacia el año 2000. En cambio, las emisiones de GEI presentan una constante tendencia creciente, especialmente si se excluye el sector de USCUS. En tal caso, las emisiones muestran una tendencia ascendente en todo el período, mientras que si se incluye dicho sector presentan un comportamiento más errático e incluso disminuyen levemente hacia el año 2000, debido a la mayor absorción de CO<sub>2</sub> de este sector.

Esta situación se refleja en el cuadro II.3, en el que se muestra la evolución de la intensidad de emisiones medida como tonelada de CO<sub>2</sub>e emitida por cada mil pesos constantes de 1993 de PIB.

### CUADRO II.3

#### INTENSIDAD DE LAS EMISIONES EN RELACIÓN CON EL PIB<sup>a</sup>

Año	Intensidad de las emisiones	
	Incluido USCUS	Excluido USCUS
1990	1,16568758	1,24526807
1994	0,89224475	1,02882049
1997	0,87209893	0,97645986
2000	0,86432417	1,02110271

**Fuente:** Elaboración propia basada en información del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos y datos incluidos en la Segunda Comunicación Nacional.

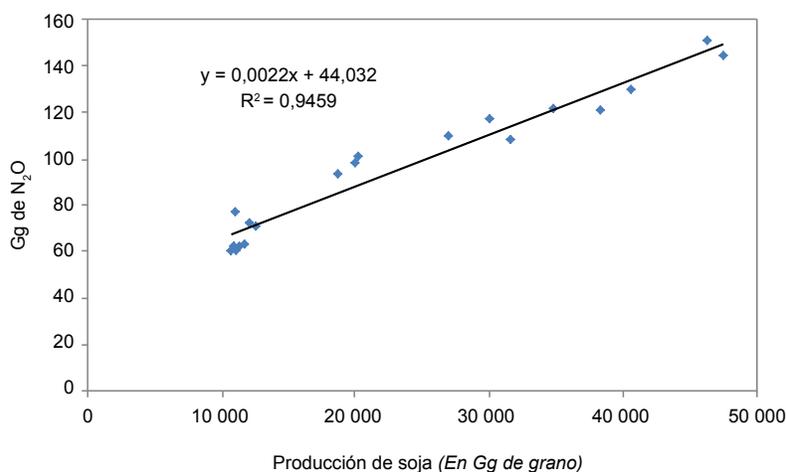
<sup>a</sup>Calculada como Gg de emisiones de CO<sub>2</sub>e por cada millón de pesos constantes de 1993 de PIB, lo que equivale a toneladas por miles de pesos.

Como se desprende del gráfico II.6 y del cuadro II.3, en el período analizado la intensidad de emisiones de GEI, incluido el sector de USCUS, se redujo más del 15%, porcentaje que se eleva a más de un 18% si no se toma en consideración dicho sector. Sin embargo, se observa una acentuación de la intensidad entre 1997 y 2000, que obedece fundamentalmente a la crisis económica<sup>28</sup>.

Tomando como ejemplo el caso del sector agrícola, históricamente las emisiones directas de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) debidas al uso de los suelos para cultivos agrícolas, lo que excluye la ganadería, muestran la misma evolución que las del nitrógeno correspondiente a diversas fuentes. Como se observa en el gráfico II.6, estas emisiones provienen principalmente de la producción de soja y, solo en menor medida, de los fertilizantes o de otros cultivos fijadores de nitrógeno. La producción de soja dio origen a casi un 95 % de las emisiones directas de N<sub>2</sub>O, lo que equivale a un aumento de 2,2 mg por cada mil toneladas de incremento de la producción de soja.

### GRÁFICO II.7

#### RELACIÓN ENTRE LAS EMISIONES DE N<sub>2</sub>O Y LA PRODUCCIÓN DE SOJA (En Gg)



**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>28</sup> En este caso, se ha tenido en cuenta que las emisiones de algunos sectores no están directamente relacionadas con la evolución del PIB; tal es el caso, por ejemplo, del sector agropecuario (USCUS).

En el sector de procesos industriales las emisiones de GEI están estrechamente relacionadas con el nivel de actividad. En vista de esta situación, en el cuadro II.4 se presentan algunos indicadores empleados para estimar las emisiones previstas de determinados componentes del sector.

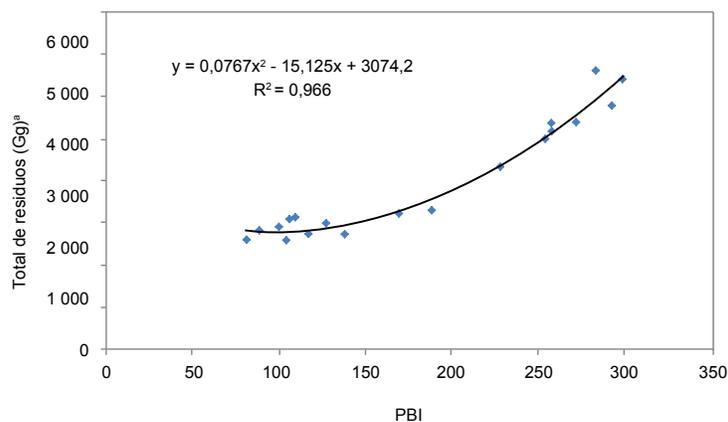
**CUADRO II.4**  
**INDICADORES SOCIOECONÓMICOS EMPLEADOS PARA ESTIMAR LAS EMISIONES DE GEI DEL SECTOR DE PROCESOS INDUSTRIALES**

Subsector	Indicador
Cemento	PIB de la construcción
Cal	PIB de la construcción
Uso de piedra caliza y dolomita en la industria del vidrio	Evolución de la actividad de metales comunes
Química y petroquímica (excepto uso de urea en suelos agrícolas)	Evolución de la actividad de productos químicos
Uso de urea en suelos agrícolas	Evolución de la actividad agrícola
Producción de hierro y acero	Evolución del sector
Producción de aluminio	Evolución del sector
Uso de hidrofluorocarbonos (HFC) y hexafluoruro de azufre (SF6) en equipos eléctricos	PIB por habitante

**Fuente:** Elaboración propia.

En el caso del sector de residuos, existen dos relaciones funcionales de las emisiones de los residuos sólidos urbanos, correspondientes a los que se depositan en rellenos sanitarios y los que se vierten en depósitos a cielo abierto (véanse los gráficos II.8 y II.9). Mientras que en el primer caso la relación directa se establece con el PIB total, en el segundo las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) están directamente vinculadas con la población.

**GRÁFICO II.8**  
**RELACIÓN ENTRE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEPOSITADOS EN RELLENOS SANITARIOS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUENOS AIRES Y EL PIB EXPRESADO EN PRECIOS CORRIENTES**  
*(En miles de toneladas y en miles de millones de dólares corrientes de cada año)*

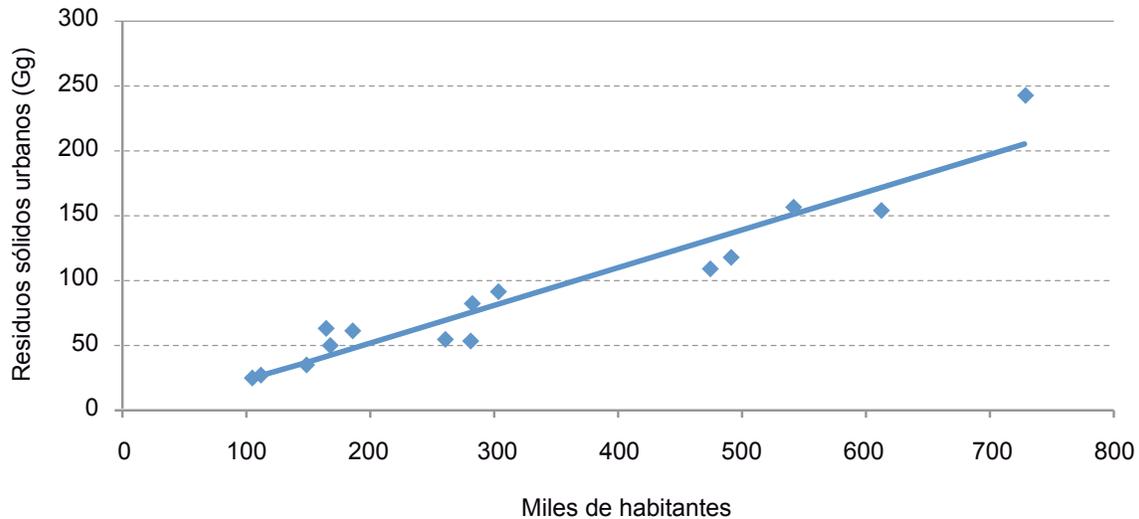


**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>a</sup>Información proporcionada por Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado.

Sobre la base de los residuos generados en el período indicado se calcularon las emisiones de  $\text{CH}_4$  para el período 2009-2030. En el año 2009 estas ascenderían a 727,35 Gg, cifra que registraría un aumento del 1,7% en el año 2010, del 27,9 % en 2020 y del 78,8 % en 2030, lo que significa que alcanzarían a 1300,61 Gg en este último año.

**GRÁFICO II.9**  
**RELACIÓN ENTRE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS**  
**VERTIDOS EN DEPÓSITOS A CIELO ABIERTO Y LA POBLACIÓN**  
*(En Gg y en miles de personas)*

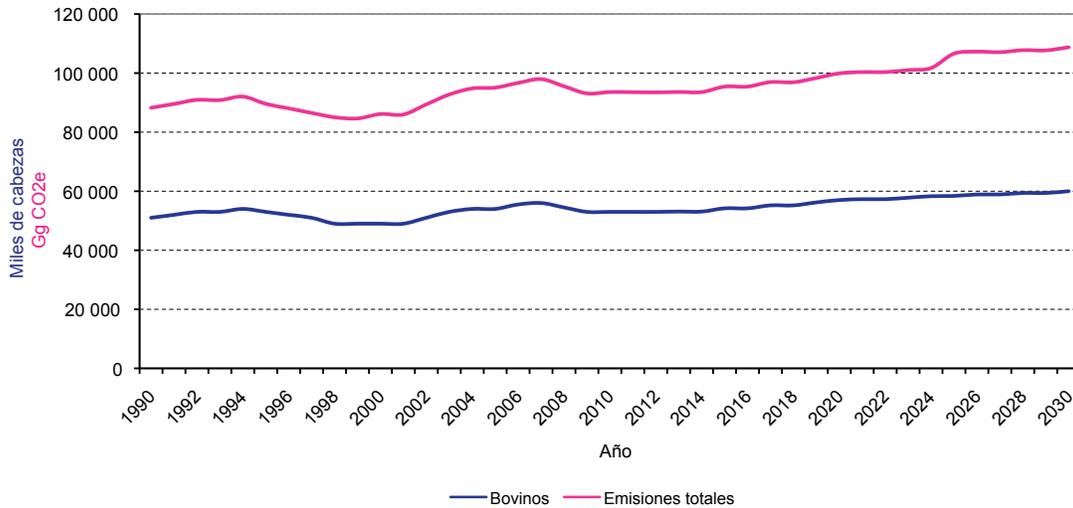


**Fuente:** Elaboración propia.

Una proporción muy alta de las emisiones de GEI atribuibles al sector ganadero corresponde a la crianza de ganado vacuno (véase el gráfico II.10). El cercado de ganado vacuno es la principal variable explicativa de las emisiones de  $\text{CH}_4$  por fermentación entérica y manejo de estiércol, y de las emisiones de óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) por manejo de estiércol y uso de suelos agrícolas (pastoreo de ganado), que son los principales componentes de las emisiones de GEI del sector.

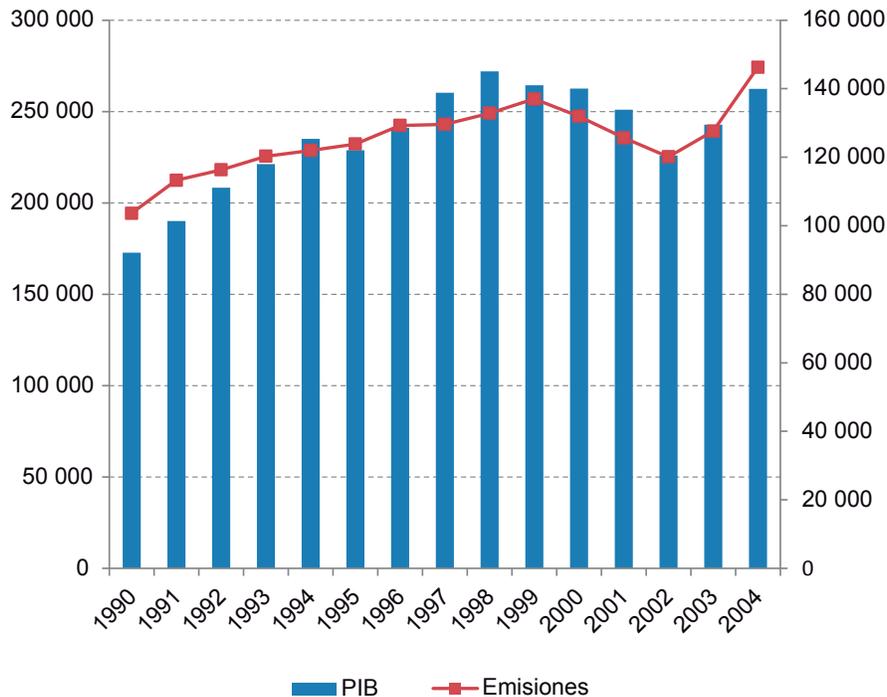
En lo concerniente al sector energético, hay una estrecha relación entre las emisiones de GEI y el consumo de energía de los usuarios finales, que a su vez está estrechamente relacionado con la evolución del PIB, por lo que las emisiones del sector también lo están (véase el gráfico II.11).

**GRÁFICO II.10**  
**EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI DEL SECTOR GANADERO**  
**Y DE LAS EXISTENCIAS DE GANADO BOVINO**  
*(En Gg de CO<sub>2</sub>e y en miles de cabezas de ganado)*



Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO II.11**  
**RELACIÓN ENTRE LA EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI**  
**DEL SECTOR ENERGÉTICO Y EL PIB**  
*(En Gg de CO<sub>2</sub>e y en millones de pesos a precios de 2004)*



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Fundación Bariloche (2008).

## D. Escenario macroeconómico nacional

Para la elaboración del escenario socioeconómico nacional del período 2005-2030 y con el objetivo de realizar proyecciones sectoriales consistentes con las hipótesis globales sobre crecimiento económico, se aplicó una metodología basada en la matriz de insumo-producto, actualizada a 2004, que permitió determinar el comportamiento de las componentes de la demanda final.

Se adoptaron supuestos específicos sobre los siguientes factores: i) consumo de los hogares a partir de la evolución de canastas de consumo correspondientes a diferentes deciles de ingresos (el aumento del gasto de los hogares concuerda con el del PIB y responde a pautas de progresiva disminución de la brecha entre el gasto de los hogares más pobres y los más ricos); ii) composición y evolución de las exportaciones clasificadas por bloques de productos (sobre la base de un análisis histórico del comportamiento de las exportaciones y la previsión de una mayor participación de las ventas externas de maquinarias, principalmente agrícolas y del sector automotor, como también de los servicios turísticos); iii) demanda de inversiones y consumo público (se supuso una elasticidad de 1,1 de la demanda de los sectores productivos al sector de la construcción; una elasticidad de 1 de la demanda de maquinarias y equipos nacionales, siempre que se dé la expansión de las importaciones de bienes de capital que suele acompañar al alza de la tasa de inversión y, por último, que el consumo público crecería al mismo ritmo que el producto, salvo en los sectores sociales más pobres, con respecto a los cuales se supuso una elasticidad de 1,1 al crecimiento del PIB); iv) importaciones caracterizadas por crecientes compras externas de bienes de capital y una restricción a corto plazo de las importaciones de bienes de consumo, que aumentarían a mediano y largo plazo, unidas a la mayor integración al mercado mundial). En el cuadro II.5 se presentan las principales relaciones que se establecerían en el período 2004-2030.

**CUADRO II.5**  
**RELACIONES BÁSICAS: OFERTA Y DEMANDA GLOBALES**  
(En porcentajes)

Datos básicos <sup>a</sup>	2004	2010	2020	2030
Consumo/PIB	59,0	58,4	57,6	54,9
Exportaciones de servicios de turismo /PIB	1,5	2,1	2,2	3,3
Exportaciones /PIB	24,2	25,0	24,9	27,3
Gasto público /PIB	11,9	12,3	12,4	13,8
Inversión bruta fija total /PIB	17,3	18,1	18,8	23,4

**Fuente:** Fundación Bariloche (2008).

<sup>a</sup>Datos tomados con el PIB calculado en miles de pesos de 2004.

Aplicando la metodología descrita, se calcularon el valor bruto de la producción (VBP) de los 82 sectores de la matriz insumo-producto (MIP) expresada en precios de 2004. Estos resultados se reagruparon en varios sectores, conforme a la desagregación sectorial del sistema de planificación de otras fuentes de energía para los países menos desarrollados (conocido como LEAP por su sigla en inglés), a fin de realizar las proyecciones de la demanda energética (véase el cuadro II.6).

**CUADRO II.6**  
**DESAGREGACIÓN SECTORIAL DEL VALOR BRUTO DE LA PRODUCCIÓN**  
**Y DEMÁS INDICADORES SOCIOECONÓMICOS UTILIZADOS PARA ELABORAR EL ESCENARIO SOCIOECONÓMICO NACIONAL**

Sector	Estimaciones del valor bruto de la producción (VBP) en miles de pesos de 2004										2004-2100	
	2004	2005	2006	2007	2010	2020	2030	2006-2030	2050	2070		2100
Agricultura	40 744 549	45 512 360	46 207 838	55 547 008	62 399 949	83 021 858	98 558 138	3,2%	119 919 589	145 848 963	195 624 465	1,6%
Ganadería	21 064 415	23 529 313	23 888 866	28 717 099	31 859 161	35 170 241	38 849 827	2,0%	40 547 061	42 372 787	45 266 667	0,8%
Alimentos y bebidas	95 109 676	103 719 178	115 443 294	116 228 278	130 803 762	187 397 665	227 488 978	2,9%				
Productos textiles	7 769 183	8 459 476	9 115 932	9 312 191	10 776 528	17 620 509	23 328 524	4,0%				
Papel y productos de papel	9 374 122	10 360 395	11 561 568	11 790 040	13 546 781	21 389 517	32 246 177	4,4%				
Minerales no metálicos	6 182 202	7 054 537	8 327 009	8 400 968	9 945 211	15 953 754	22 321 207	4,2%				
Metales comunes	21 693 015	23 584 504	26 244 411	26 732 060	31 933 095	51 830 306	73 611 457	4,4%				3,0%
Otros	117 498 603	125 412 125	133 153 615	148 808 626	169 269 504	244 463 411	307 967 849	3,6%				
Sustancias y productos químicos, productos de caucho y de plástico	54 854 312	58 982 523	66 956 191	67 578 250	77 352 625	124 690 588	155 261 124	3,6%				
Transporte	52 134 866	59 862 608	67 914 539	74 704 515	84 914 294	110 777 384	143 084 315	3,2%	234 486 013	384 232 635	805 953 919	2,9%
Construcción	39 524 969	47 586 709	56 089 369	58 690 871	69 526 885	105 593 598	152 716 924	4,3%				
Electricidad	12 280 423	12 897 313	13 539 867	14 332 190	16 062 514	24 411 681	30 266 031	3,4%				3,0%
Gas	3 090 888	3 246 154	3 407 880	3 607 302	4 097 073	6 552 772	8 264 666	3,8%				
Otros	3 242 604	3 485 799	3 625 231	3 770 241	4 349 530	7 859 474	9 885 390	4,3%				2,9%
Explotación de minas y canteras	32 259 152	32 199 452	33 155 197	32 237 683	36 078 962	52 576 655	63 849 155	2,8%				3,0%
Comercio al por mayor y al por menor	58 876 122	64 652 633	69 856 056	75 438 202	85 228 443	120 882 531	150 620 868	3,3%				2,9%
Comercio, servicios y sector público	233 001 987	252 496 495	271 916 613	288 886 196	329 916 953	502 522 322	648 150 635	3,7%				
<b>VBP total de la matriz insumo-producto proyectada y corregida</b>	<b>808 701 088</b>	<b>883 041 576</b>	<b>960 403 475</b>	<b>1 024 781 720</b>	<b>1 168 041 270</b>	<b>1 712 714 268</b>	<b>2 186 471 264</b>	<b>3,5%</b>	<b>3 582 834 847</b>	<b>5 870 892 083</b>	<b>12 314 592 893</b>	<b>2,9%</b>
<b>Tasa de crecimiento interanual (%)</b>		<b>9,2%</b>	<b>8,8%</b>	<b>6,7%</b>	<b>4,5%</b>	<b>3,9%</b>	<b>2,5%</b>	<b>3,5%</b>	<b>2,5%</b>	<b>2,5%</b>	<b>2,5%</b>	<b>2,5%</b>
<b>PIB estimado a precios de 2004</b>	<b>417 878 681</b>	<b>456 292 510</b>	<b>496 267 587</b>	<b>529 533 644</b>	<b>603 559 897</b>	<b>885 007 810</b>	<b>1 129 811 424</b>	<b>3,5%</b>	<b>1 851 308 854</b>	<b>3 033 585 125</b>	<b>6 363 149 806</b>	<b>2,9%</b>
<b>Población (en miles)</b>	<b>37 431</b>	<b>37 903</b>	<b>38 380</b>	<b>38 864</b>	<b>40 171</b>	<b>44 189</b>	<b>48 625</b>	<b>1,0%</b>	<b>50 477 (1)</b>	<b>55 125 (2)</b>	<b>62 676 (2)</b>	<b>0,5%</b>
<b>PIB per cápita/pesos de 2004 per cápita</b>	<b>11 164</b>	<b>12 039</b>	<b>12 930</b>	<b>13 625</b>	<b>15 025</b>	<b>20 028</b>	<b>23 235</b>	<b>2,5%</b>	<b>36 584</b>	<b>55 031</b>	<b>101 524</b>	<b>2,3%</b>

Fuente: Elaboración propia basado en Fundación Bariloche (2008).

En el cuadro II.7 se presenta una desagregación aun más detallada, a nivel de los países indicados, de las tasas agrupadas por regiones (véase el cuadro II.1).

**CUADRO II.7**  
**TASAS MEDIAS DE CRECIMIENTO HISTÓRICO**  
**DE LOS PAÍSES DE AMÉRICA LATINA**  
*(En porcentajes anuales)*

País o región	1960-2000		2000-2006	
	Promedio de tasas	Valor medio entre extremos	Promedio de tasas	Valor medio entre extremos
Argentina	2,6	2,4	2,8	3,0
Bolivia (Estado Plurinacional de)	2,7	2,6	3,2	3,3
Brasil	4,7	4,6	3,1	2,9
Chile	4,4	4,3	4,2	4,2
Colombia	4,2	4,2	3,8	3,9
Ecuador	3,8	3,8	4,7	5,0
El Salvador	3,1	3,0	2,4	2,5
México	4,7	4,7	2,9	2,3
Panamá	4,7	4,6	4,6	4,9
Paraguay	4,5	4,4	1,9	2,8
Perú	3,1	3,0	4,6	4,8
República Dominicana	5,4	5,3	5,2	4,6
Trinidad y Tabago	2,8	2,7	8,4	8,7
Uruguay	1,9	1,8	1,7	1,9
Venezuela (República Bolivariana de)	2,7	2,7	4,2	3,8
Otros, América Latina y el Caribe	3,6	3,5	2,5	2,4
Latinoamérica y el Caribe	3,9	3,9	3,2	3,0
Mundo	3,8	3,8	3,1	3,0

**Fuente:** Fundación Bariloche (2008) basado en datos del Banco Mundial, WDI-online, 2008.

Se prevé que la Argentina siga mostrando un dinamismo superior al mundial hasta 2020, para luego ir convergiendo con este, pero a tasas ligeramente superiores al crecimiento mundial (véanse los cuadros II.1 y II.7). Esta hipótesis responde al conjunto de supuestos utilizados respecto de la evolución de las distintas regiones y los factores impulsores del crecimiento interno y externo considerados en este estudio, que a su vez se basan en el escenario utilizado por la Fundación Bariloche (2008). Sin embargo, cabe advertir que si se extrapolara el crecimiento medio registrado por la Argentina entre 1960 y 2007, la tendencia del crecimiento en 2030 sería inferior a la aplicada en este escenario (véase el cuadro II.6).

En la elaboración del escenario socioeconómico para el período 2030-2100 se utilizaron los siguientes supuestos y fuentes:

- La estimación de las series de población de la Argentina<sup>29</sup> para el período 2030-2050 se basa en las estimaciones y proyecciones de población del Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía-División de Población de la CEPAL (CELADE); para el período 2050-2100 se utilizó un promedio de la información proporcionada por el CELADE y las Naciones Unidas (escenario alto)<sup>30</sup>, que sirvió de base a una interpolación lineal.
- Se estimó que el precio internacional del petróleo, en términos reales, ascenderá a alrededor de 70 dólares por barril. Este precio se tomó como promedio y se utilizó para la serie 2030-2100.
- La tasa de crecimiento de la economía argentina para los 70 años comprendidos entre 2030 y 2100 se estimó en un 2,5%, tasa similar a la observada en el período de 74 años transcurrido entre 1930 y 2004<sup>31</sup>. Esto implica un aumento anual del PIB del 2,9% entre 2005 y 2100 y del 2,3% del PIB per cápita del mismo período. El PIB per cápita de 2100 sería de 101.524 dólares.
- El grado de desagregación sectorial utilizado para las estimaciones correspondientes al período 2030-2100 es menor al utilizado para la estimación correspondiente a 2005-2030. En la agrupación empleada se distinguen los sectores productores de bienes, construcción, electricidad, gas y explotación de minas y canteras, por una parte, y transporte y demás servicios, por otra; las estimaciones relativas a la agricultura y la ganadería se realizaron por separado y se aplicaron diferentes tasas a cada una de las cuatro categorías.

---

<sup>29</sup> Para el período 2005-2030 se utilizaron las series sobre población del Instituto Nacional de Estadística y Censos de la Argentina (INDEC) hasta el año 2015 y posteriormente las del CELADE.

<sup>30</sup> United Nations (2004). World Population in 2300. New York.

<sup>31</sup> Ferreres (ed.) et al. (2005).



### III. Metodologías empleadas para el análisis económico del cambio climático

El estudio de la economía del cambio climático en la Argentina está enmarcado en el contexto más amplio del Estudio Regional de la Economía del Cambio Climático para Sudamérica, por lo que sus resultados deben ser comparables con los de los estudios nacionales de los demás países participantes en el proyecto. Por lo tanto, en las reuniones de coordinación de representantes de los países participantes en el estudio regional<sup>32</sup> se acordaron algunos criterios y parámetros comunes para homogeneizar, en la medida de lo posible, la metodología aplicable en los distintos estudios.

Para la realización del presente estudio se desarrollaron seis tipos de actividades complementarias:

- Estudios sobre impactos, vulnerabilidad y posibles medidas de adaptación al cambio climático en distintos sistemas, sectores y regiones, sobre la base de la información climática suministrados por el INPE para los escenarios de emisiones A2 y B2 del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático correspondientes al período comprendido entre 1990 y 2100.
- Elaboración de escenarios socioeconómicos para el período 2005-2100, con mayor grado de detalle hasta el año 2030 y en términos más agregados con posterioridad al 2030.
- Estudios específicos para elaborar las proyecciones de emisiones sectoriales de GEI por fuentes y absorción de CO<sub>2</sub> por sumideros en el sector forestal, y medidas de mitigación potencialmente aplicables.
- Desarrollo, a partir de las proyecciones mencionadas en el punto anterior, de un escenario de emisiones de GEI de base (o referencial) y un escenario de mitigación, con el fin de determinar los ahorros o reducciones potenciales de emisiones netas de GEI.

---

<sup>32</sup> Las reuniones a las que se hace referencia son las siguientes: i) Taller Metodológico del Estudio Regional de Economía del Cambio Climático en América Latina y el Caribe y primera reunión del equipo del Estudio Regional de la Economía del Cambio Climático para Sudamérica, Ciudad de México, 15 y 16 de diciembre de 2008; ii) reunión técnica de los coordinadores del Estudio Regional, Santiago de Chile, 23 y 24 de marzo de 2009; iii) reunión técnica de los equipos nacionales del Estudio Regional, Santiago de Chile, 13 a 15 de julio de 2009, y iv) reunión de presentación de los informes nacionales, Santiago de Chile, 24 al 26 de agosto de 2009. Estas reuniones contaron con la participación de representantes de los gobiernos de la región.

- Valorización económica de los impactos del cambio climático en las regiones, los sectores y los sistemas estudiados, de las medidas de adaptación potencialmente aplicables y de los costos de las medidas de mitigación.
- Integración de todos los costos y beneficios identificados como porcentajes del PIB del país en el año base.

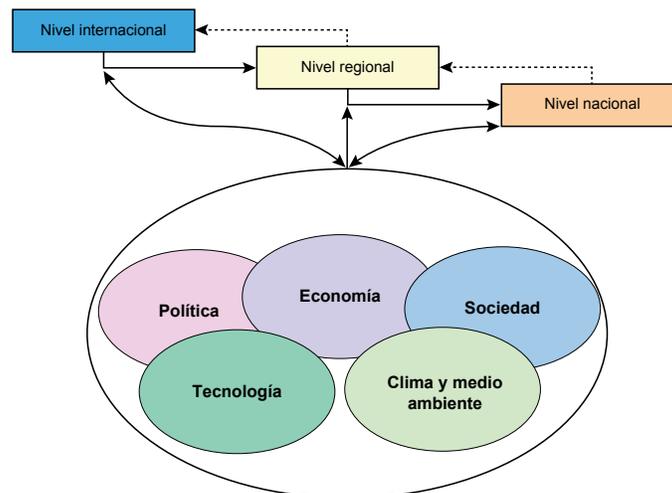
La metodología empleada para la determinación de los costos y beneficios que puede suponer el cambio climático en la Argentina se basa en la aplicación de un enfoque ascendente (bottom-up) que comienza con los impactos físicos en determinados sectores, sistemas y regiones y continúa con la identificación de las opciones de adaptación y mitigación, la valorización económica de estas y la posterior integración de los valores monetarios calculados.

## A. Desarrollo de escenarios

Los escenarios permiten analizar interacciones complejas, no todas las cuales pueden ser cuantificadas o modeladas. Como queda en evidencia en el gráfico III.1, hay que adoptar supuestos sobre las interacciones entre los factores climáticos, económicos, políticos, tecnológicos, sociales y ambientales. También deben tomarse en cuenta los niveles de interacción entre esta serie de factores a nivel internacional, regional y nacional, cuya influencia mutua no es necesariamente recíproca ni simétrica.

Dada la existencia de múltiples escenarios, la elección de uno u otro suele depender de su finalidad. En este contexto, lo que interesa es saber qué trayectorias se consideran posibles, para lo cual es importante definir qué sucedería si la situación futura presentara las características derivadas de los supuestos y parámetros adoptados sobre las condiciones climáticas, económicas, tecnológicas, sociales, políticas y ambientales.

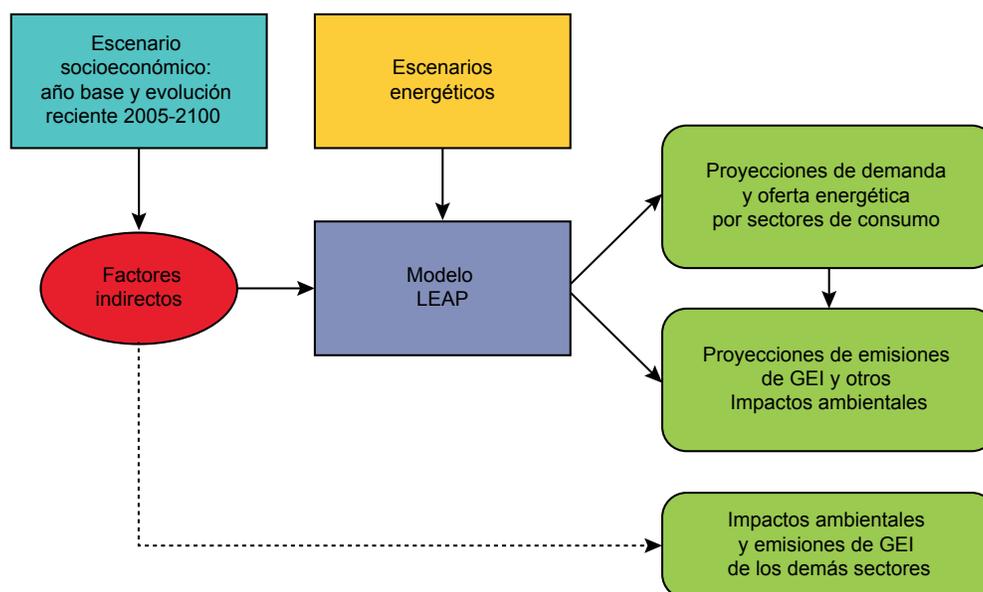
**GRÁFICO III.1**  
**ESQUEMA BÁSICO DE INTERACCIONES IMPLÍCITAS EN EL DESARROLLO DE ESCENARIOS**



**Fuente:** Elaboración propia basado en Fundación Bariloche (2008).

El punto de partida del presente estudio es la elaboración de un único escenario socioeconómico que, como se ha indicado, se basa en supuestos y especificaciones que pueden clasificarse en tres categorías: i) marco de referencia del escenario mundial; ii) marco de referencia del escenario regional y iii) marco de referencia específico de la Argentina. El desarrollo del escenario socioeconómico responde a la necesidad de contar con una estimación de la evolución de las principales variables socioeconómicas que, a su vez y conforme a determinadas políticas y pautas tecnológicas y de aplicación de estas últimas, determinen la trayectoria de consumo energético futuro y la provisión de los recursos necesarios, la evolución de los niveles de actividad de diferentes sectores (agropecuario, forestal, industrial), la generación de residuos y otros impactos en el medio antrópico y el comportamiento de los indicadores sociales relevantes. Se trata, principalmente, de calcular los factores indirectos o las “variables de arrastre” presentes en los diferentes sectores, a fin de desarrollar los escenarios de emisiones de base y de mitigación (véase el gráfico III.2).

**GRÁFICO III.2**  
**ESQUEMA DE LA FUNCIÓN DEL ESCENARIO SOCIOECONÓMICO**  
**EN EL CONTEXTO DEL ESTUDIO**



**Fuente:** Elaboración propia basada en Fundación Bariloche (2008).

Además de los escenarios socioeconómicos, se dispuso de escenarios climáticos elaborados por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (A2 y B2), que corresponden a distintos supuestos sobre la evolución de los niveles previstos de emisiones, la concentración de GEI en la atmósfera y otros factores determinantes del clima a nivel global y regional. Mediante la aplicación de esta información climática a las regiones, los sistemas y los sectores estudiados, se determinaron los impactos previstos en cada uno de los escenarios climáticos tomados en consideración. En este contexto, se trataba de cuantificar esos impactos desde el presente hasta el año horizonte del estudio (2100), tanto en términos físicos como, en la medida de lo posible, monetarios. El resultado de los cálculos monetarios se comparó posteriormente con el PIB del año base (2005), a fin de determinar el cambio climático en la economía nacional<sup>33</sup>.

<sup>33</sup> Debe tenerse presente que, por motivos relacionados con el alcance limitado del proyecto, es imposible tomar en

Aunque para la determinación de todo el impacto del cambio climático en la economía habría que realizar un proceso iterativo de incorporación de los escenarios de emisiones y climáticos en el escenario socioeconómico, este ejercicio no se llevó a cabo porque hubiese obligado a manejar varios escenarios simultáneamente, lo que habría dado mucha más complejidad al análisis. Luego de valorizar los impactos y las medidas de adaptación y de mitigación, estos se compararon con los resultados correspondientes a los escenarios socioeconómicos, con el propósito de determinar la magnitud de los impactos de los cambios climáticos en la economía nacional.

## B. Valorización del impacto del cambio climático

El problema que representa el cambio climático está relacionado con variados factores económicos y sociales, entre los que destacan los siguientes: i) los patrones de producción y consumo prevalecientes, ii) la matriz energética preponderante y iii) el aumento del ingreso. Muchos de los factores mencionados se relacionan, a su vez, con los incrementos de las emisiones de (GEI) registrados fundamentalmente en el último siglo. Desde el punto de vista estrictamente económico, una de las principales causas de la dificultad para controlar la emisiones de estos gases radica en que los agentes económicos no incorporan la totalidad de los costos sociales de los impactos del cambio climático, por lo que las externalidades negativas que afectan a terceros no se incluyen en los costos y precios de los productos o servicios que las originan.

Sin embargo, mediante la implementación de políticas adecuadas se podrían modificar los patrones de producción y consumo, orientándolos al establecimiento de un marco integral caracterizado por el uso menos intensivo de carbono. Para ello, los responsables del diseño de estas políticas deberían contar con información más precisa sobre las pérdidas económicas que podrían ocasionar los impactos previstos del cambio climático, como también sobre el costo de las medidas de corrección, mitigación y adaptación que se podrían tomar.

Como ya se ha indicado, el objetivo del presente estudio es aportar material que permita realizar una valorización económica, de carácter general y con un grado razonable de aproximación<sup>34</sup>, de un conjunto de impactos previstos del cambio climático y de las consecuentes medidas de adaptación que deberían aplicarse en los sectores, sistemas y regiones de la Argentina seleccionados para la realización del estudio. El análisis pertinente se extiende a los siguientes sectores y fenómenos: i) agricultura, ii) ganadería, iii) silvicultura y otros usos del suelo, iv) ecosistemas naturales y diversidad biológica, estudiados en mayor detalle en los casos del noroeste y los Esteros del Iberá, iv) situación de las principales cuencas hidrográficas (Cuenca del Plata, Cuyo y Comahue) y v) salud. Con respecto a todos estos se ofrece un marco analítico mínimo para la elaboración de políticas activas, que implican la adopción de decisiones respecto de las medidas necesarias, costo, duración y ubicación<sup>35</sup>. Tomando en

---

consideración todos los impactos posibles en todos los sectores afectados o vulnerables, por lo que los resultados del presente estudio solo pueden interpretarse como parciales. Asimismo, los valores aplicados a determinados sistemas, sectores y regiones no pueden considerarse definitivos, debido a la falta de estudios específicos sobre la materia, lo que ha obligado a una recopilación y adaptación de resultados de diversos estudios.

<sup>34</sup> Esto se debe a que para realizar cálculos más detallados y precisos se requieren investigaciones y estudios de campo que aporten la información necesaria, lo que no es posible en esta etapa, dado el escaso tiempo disponible y los limitados recursos asignados al estudio.

<sup>35</sup> Se hace necesario consignar expresamente la imposibilidad de hacer un estudio exhaustivo, dado que, tanto por motivos presupuestarios como por las limitaciones de información, tiempo y recursos, este no abarca todos los sistemas, sectores y regiones de la Argentina, que presentan características y complejidades específicas. De hecho, esa posibilidad excede el alcance del presente trabajo e incluso de las comunicaciones nacionales sobre cambio climático ya elaboradas. Ante esta situación, se otorgó prioridad a algunos sectores, sistemas y regiones para

consideración el nivel de especificidad de este ejercicio de valorización, obligatoriamente acotado por los motivos señalados, se realizaron también algunas comparaciones intrasectoriales e intertemporales.

El cálculo de los valores monetarios se basó en todos los casos en información contenida en los estudios sectoriales correspondientes, en algunos de los cuales no se incluyen datos sobre impactos monetarios sino solo físicos. En otros, como ocurre con el estudio de oferta y demanda correspondientes a los ríos de Mendoza y San Juan, se aplicaron directamente los valores calculados en este estudio. En general, en los estudios sectoriales respectivos no se había determinado el costo de las posibles medidas de adaptación, por lo que se recurrió a información complementaria, que se integró a los datos suministrados por los expertos sectoriales para calcular los valores necesarios. Por otra parte, cabe señalar que en todos los casos se contó con la colaboración de los expertos encargados de los estudios, que proporcionaron la información indispensable para la valorización monetaria de todos los aspectos considerados en el presente documento.

Tomando en consideración que el principal antecedente de este estudio de los impactos económicos del cambio climático es el Informe Stern<sup>36</sup>, algunos de los supuestos, escenarios y parámetros utilizados en dicho informe se adoptaron como punto de partida. Tal es el caso, por ejemplo, de los escenarios climáticos y el horizonte temporal seleccionados y de las tasas de descuento utilizadas, que se describen a continuación:

**- Escenarios de emisiones.** La mayoría de los modelos climáticos utilizados se basan en el escenario de emisiones A2, contenido en el Informe Especial sobre Escenarios de Emisión del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático de 1992<sup>37</sup>, que representa con bastante precisión la trayectoria actual de emisiones mundiales de GEI. Las principales características de dicho escenario de emisiones son las siguientes:

- un mundo menos globalizado (alto grado de heterogeneidad entre regiones, y autosuficiencia y conservación de las identidades locales);
- población mundial en continuo crecimiento, y
- desarrollo económico y cambio tecnológico más lentos que en el escenario A1 y heterogeneidad regional.

---

recabar información que posibilitara las valoraciones monetarias pertinentes, a fin de maximizar los recursos económicos y humanos y la información disponibles. Cabe destacar, entre otros, los siguientes criterios utilizados para la selección de los sectores, sistemas y regiones que se incluyeron en el estudio: i) disponibilidad de trabajos, estudios, datos e información sobre las regiones, los sistemas y los sectores que debían estudiarse, principalmente los no incluidos en las anteriores comunicaciones nacionales sobre cambio climático; iii) importancia del material disponible y magnitud de los impactos previstos en cada ámbito; iii) disponibilidad de recursos humanos capacitados para el manejo de esos temas y dedicados a su estudio; iv) potencial de valoración económica, y v) disponibilidad de metodologías y herramientas aplicables a los fines del estudio. La validación de las regiones, los sistemas y los sectores seleccionados se realizó en reuniones de trabajo sobre la ejecución del proyecto, especialmente sus primeras etapas. La primera reunión de presentación del proyecto a los futuros integrantes del Gabinete Técnico Asesor se realizó en la Cancillería el 22 de enero de 2009.

<sup>36</sup> Stern (2006).

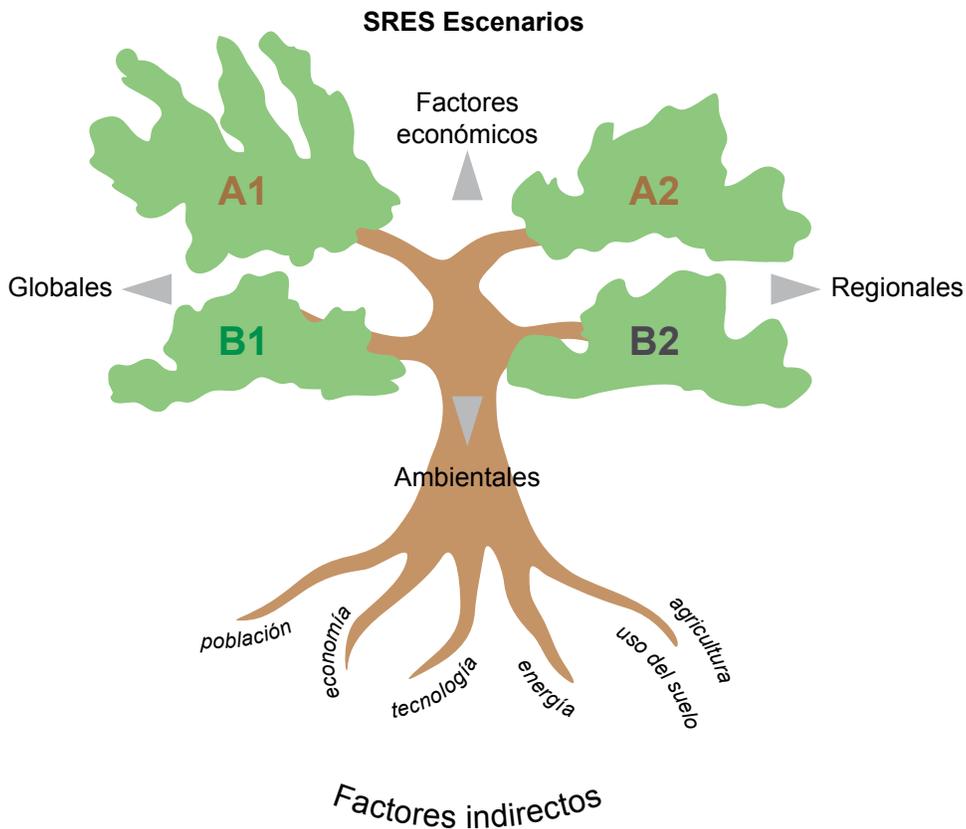
<sup>37</sup> IPCC SRES (1992).

Se decidió comparar el escenario A2 con el escenario B2, cuyas características distintivas son las siguientes:

- predominio de soluciones locales, por contraposición a los criterios de sustentabilidad global;
- población mundial en progresivo aumento, pero inferior a la supuesta en el escenario A2;
- niveles de desarrollo económico intermedios y desarrollo tecnológico más lento y heterogéneo que en los escenarios A1 y B1, y
- aplicación de criterios de protección del medio ambiente e igualdad social, fundamentalmente en los planos local y regional.

En el gráfico III.3 se ilustran esquemáticamente las grandes tendencias, y las variables y los supuestos considerados.

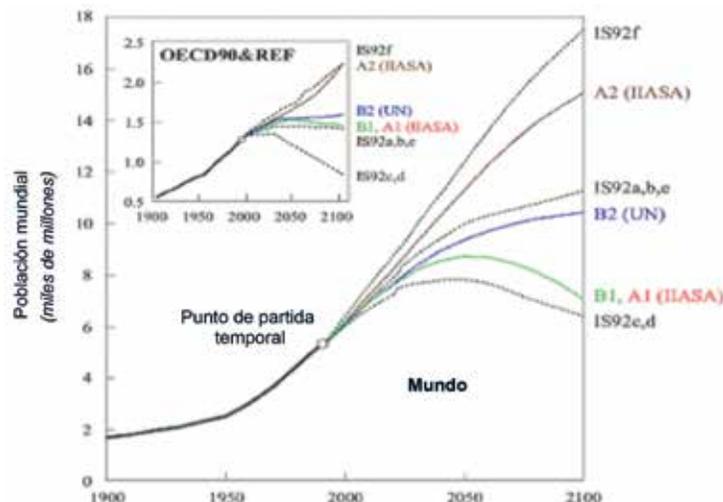
**GRÁFICO III.3**  
**PRINCIPALES SUPUESTOS, TENDENCIAS Y VARIABLES CONSIDERADOS**  
**EN LOS ESCENARIOS DE EMISIONES**



**Fuente:** Adaptado del Informe Especial sobre Escenarios de Emisión, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (1992).

En el gráfico III.4 se presentan las emisiones de GEI correspondientes a los distintos escenarios de emisiones.

**GRÁFICO III.4**  
**ESCENARIOS DE EMISIONES DE GEI**



**Fuente:** Adaptado del Informe Especial sobre Escenarios de Emisión, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (1992).

En relación con los dos escenarios de emisiones (A2 y B2) se dispuso de información sobre escenarios climáticos desarrollados por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE) del Brasil<sup>38</sup>. Estos escenarios climáticos están basados en el modelo HadCM3 (versión 3 del modelo de la circulación general desarrollado por el Centro Hadley del Reino Unido) y son compatibles con el modelo regional PRECIS con una resolución de 50 km x 50 km y que abarca hasta el año 2100, cuyas condiciones climáticas están representadas por el promedio de 2071-2100, y una representación del clima actual basada en el promedio del período 1961-1990. Al respecto, cabe destacar dos elementos determinantes de algunos de los resultados del estudio. En primer término, las aplicaciones disponibles de este modelo llegan hasta el paralelo 40 de latitud sur, lo que excluye del análisis gran parte de las regiones del sur de la Argentina y Chile<sup>39</sup>. En segundo lugar, se realizaron interpolaciones entre el principio y el final de la serie, debido a lo cual en el caso de los estudios relacionados con caudales e inundaciones se tuvieron que realizar algunos ajustes de los datos originales.

- **Horizonte temporal.** Se seleccionó el año 2100, que coincide con el del Informe Stern, teniendo en cuenta que en la mayoría de los sectores los impactos previstos solo aparecían como significativos a mediano y largo plazo, lo que imponía la necesidad de considerar un período amplio para su medición. Los demás cortes temporales fueron los siguientes: i) 2020, teniendo en cuenta que muchos de los anuncios sobre asunción de compromisos de reducción o limitación de emisiones se formularon con respecto a ese año; ii) 2030, como límite aproximado del horizonte de planificación de las medidas de adaptación y mitigación; iii) 2050, año a partir del cual comienzan a aparecer diferencias significativas entre los impactos previstos en los dos escenarios; iv) 2070, año a partir del cual no es necesario interpolar los resultados de los escenarios climáticos del INPE, y v) 2100.

<sup>38</sup> Esta información se aplicó en todos los estudios nacionales del Estudio Regional, lo que garantiza la coherencia de los datos climáticos.

<sup>39</sup> Esta situación determinó en parte las regiones, los impactos y los ecosistemas incluidos en el análisis para su posterior valoración.

- **Supuestos sobre el PIB.** Al comienzo del estudio regional<sup>40</sup>, la CEPAL, y los representantes del panel asesor nacional y de los equipos acordaron aplicar los supuestos que coincidieran en la mayor medida posible con los escogidos por los demás países participantes en el estudio. Los supuestos sobre la evolución del PIB sectorial y agregado y el PIB per cápita se utilizaron también en todos los estudios realizados en la Argentina, sobre todo en los relativos a los escenarios de emisiones y mitigación, aunque también en algunos estudios sobre impactos y medidas de adaptación. Algo similar sucedió con las estimaciones de la población, dado que en todos los estudios sobre la Argentina se usaron las mismas estimaciones suministradas por los coordinadores. Concretamente, se adoptaron todos los datos sobre población, PIB, tasas de crecimiento sectoriales y demás variables y parámetros socioeconómicos utilizados en los correspondientes estudios sectoriales; estos se emplearon como datos de referencia, lo que aseguró la coherencia interna de los todos estudios, incluido el que se describe en el presente informe.

En cuanto a los precios utilizados en los análisis predictivos, en el caso de los productos agrícolas se emplearon las proyecciones internacionales de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Respecto de los precios internacionales previstos del petróleo, se acordó utilizar los basados en los escenarios de precios medios de la Agencia Internacional de Energía que, a largo plazo, oscilan entre 70 y 100 dólares por barril<sup>41</sup>.

- **Valores utilizados.** Los resultados de los cálculos monetarios se expresaron en dólares del año 2005, teniendo en cuenta que es el año inicial del escenario socioeconómico desarrollado y sirve de base a la mayoría de las estimaciones, fundamentalmente las basadas en el modelo LEAP para la determinación de los escenarios de emisiones y medidas de mitigación de emisiones de GEI<sup>42</sup>, y para la selección de las principales variables. El uso de este modelo también garantiza la coherencia interna de los análisis. El empleo de valores expresados en dólares del año 2005 supuso dos operaciones: i) la deflactación o el ajuste por concepto de inflación de los valores expresados en dólares estadounidenses correspondientes a otros años, utilizando el índice de precios al consumidor de los Estados Unidos, y ii) la transformación a pesos corrientes del año 2005 de los valores expresados en pesos y su posterior transformación a dólares del año 2005, utilizando el tipo de cambio medio anual de ese año<sup>43</sup>.

- **Tasas de descuento.** Para la valorización monetaria de los impactos previstos del cambio climático y las medidas de adaptación pertinentes, se utilizaron tasas de descuento de un 0%, un 0,5%, un 2% y un 4%. Estas tasas, aplicadas para “actualizar” los valores calculados en el estudio, son las acordadas en las reuniones de coordinación realizadas en México (2008) y Santiago de Chile (2009) y posteriormente ratificadas y validadas por los integrantes de los equipos nacionales y los representantes de los paneles asesores en reuniones celebradas en Santiago de Chile en julio y agosto de 2009.

En todos los estudios sectoriales la determinación de los impactos y el cálculo de sus costos se basó en la comparación de la situación inicial (“línea de base”) y la situación resultante del cambio climático. Por otra parte, se desarrolló un solo escenario macroeconómico, por lo que solo se consideraron los efectos directos del cambio climático; en el análisis no se tomaron en consideración los efectos iterativos de las consecuencias económicas del cambio climático en los sectores afectados y el

<sup>40</sup> Etapa comprendida entre diciembre de 2008 y marzo de 2009.

<sup>41</sup> La utilización de estos valores en todos los estudios realizados en la región, no solo en América del Sur sino también en Centroamérica y México, se acordó por consenso de todos los participantes en las reuniones sostenidas en el marco del proyecto (véase la nota 33).

<sup>42</sup> Entre otros, cabe destacar los siguientes: i) “Elementos para el Diagnóstico y Desarrollo de la Planificación Energética Nacional, 2008-2025”, del Grupo de Planeamiento Estratégico de la Secretaría de Energía de la Argentina, dado a conocer en abril de 2008 y ii) “Argentina: diagnóstico, prospectivas y lineamientos para definir estrategias posibles ante el cambio climático”, de la Fundación Bariloche (2008). Para los estudios sobre medidas de adaptación y mitigación realizados con miras a la preparación de la segunda comunicación nacional sobre cambio climático del Gobierno de la Argentina también se adoptó el año 2005 como año base.

<sup>43</sup> Para la conversión se utilizó el tipo de cambio promedio del año 2005 (3,03 pesos argentinos por dólar de los Estados Unidos).

resto de la economía como consecuencia de interacciones posteriores. Tampoco fue posible determinar la situación que se podría dar en ecosistemas naturales que no han sido objeto de estudios específicos de los posibles impactos o cambios que podrían sufrir.

Cuando se inició el presente estudio no se contaba con un modelo económico de equilibrio general convalidado y adaptado a la economía argentina, por lo que las conclusiones finales del estudio se basaron en una agregación ascendente de los resultados, es decir, en la superposición de los impactos sectoriales.

Las limitaciones de las metodologías disponibles para la valorización monetaria de los componentes de este estudio obedecen en gran medida a la complejidad inherente de sus diversos aspectos. La dimensión económica del cambio climático se relaciona con el uso abusivo de un bien de propiedad común (la capacidad atmosférica de absorber GEI), por parte de agentes económicos (los países incluidos en el anexo I de la Convención Marco) en el pasado y en el presente (los principales emisores, independientemente de que estén incluidos o no en el anexo I); todos ellos generan una externalidad que se acumula a lo largo del tiempo, consistente en el aumento de la concentración atmosférica de GEI y su incidencia en el cambio climático, por la que no han compensado al resto de los “propietarios” de ese recurso, es decir, a toda la humanidad<sup>44</sup>. Desde el punto de vista económico, es un problema de falta de regulación de un bien de propiedad común, cuyo uso abusivo da origen a una externalidad que se acumula progresivamente.

El problema de la valorización monetaria de los impactos del cambio climático se traduce, entonces, en diversos problemas que deben resolverse. La mayor parte de ellos están relacionados con la dificultad de calcular el valor monetario de algunos aspectos del fenómeno, principalmente los vinculados con la pérdida de recursos naturales, diversidad biológica, vidas humanas y otros, y con los efectos negativos para la salud. Ante la imposibilidad de utilizar como fuente exclusiva de valorización de los precios registrados en un determinado mercado, debido a la inexistencia de un mercado en el caso de la mayoría de los elementos en juego o a que tanto los mercados pertinentes como los precios registrados en ellos no reflejan necesariamente el verdadero costo de estos elementos para la sociedad, se hace necesario utilizar métodos de valorización no tradicionales.

Hay diferentes métodos que pueden utilizarse para la valorización económica o monetaria de los bienes y servicios suministrados por el medio ambiente, cuya elección generalmente depende de las características del elemento que se desea valorizar. En general, los métodos específicos más empleados<sup>45</sup> para la valorización monetaria de estos bienes y servicios son los siguientes<sup>46</sup>: i) valorización contingente<sup>47</sup>,

<sup>44</sup> Girardin, L.O. (2007).

<sup>45</sup> En Gerogiou, Pearce et al. (1997), Girardin (2001) y Azqueta Oyarzún (1994), entre otros, se presentan recopilaciones de los métodos específicos de valoración monetaria utilizados en diversos estudios. Estos métodos específicos de valoración monetaria, definidos como tales porque en ellos no se considera directamente el precio de mercado del bien en cuestión, suelen clasificarse en las siguientes categorías: i) métodos directos o hipotéticos (valorización contingente, por ejemplo) y ii) métodos indirectos o basados en observaciones (precios hedónicos, costos de viaje y costos evitados o inducidos, entre otros.). La principal diferencia entre ellos estriba en que los primeros se emplean para determinar directamente la “disposición a pagar” de los individuos por el bien en cuestión, generalmente por medio de encuestas; los métodos de la segunda categoría permiten aprovechar la relación existente, en caso de que sean sustitutos o complementarios, entre el bien que se desea valorar y otros bienes que tienen precios de mercado. Véase también el programa Extern para el cálculo de los costos externos de la energía, desarrollado como parte del Proyecto de Investigación de la Comunidad Europea, [en línea] <http://www.externe.info>. En Georgiou, Pearce et al. (1997) se presenta abundante bibliografía sobre ejercicios de valoración económica de bienes y servicios ambientales y de los cambios cualitativos del medio ambiente, orientados principalmente a países en desarrollo.

<sup>46</sup> Determinación del precio implícito de los atributos que le otorgan valor a un bien, a partir de una función en la que se incluye una amplia gama de características de este. Para la aplicación de este método se suele utilizar información del mercado inmobiliario (Griliches (1971); Rosen (1974); Palmquist (1991); Freeman (1993) y Azqueta Oyarzún (1994), entre otros).

<sup>47</sup> Este método consiste en determinar la “disposición a pagar” por un bien de los individuos a partir de encuestas o cuestionarios. La disponibilidad a pagar por una cantidad determinada de un bien dado es un punto de la curva de demanda de ese bien. Entre otros, los textos de consulta obligatoria sobre este método son los estudios de Mitchell

ii) precios hedónicos y iii) costos de viaje<sup>48</sup>. En la práctica, la aplicación de estas metodologías exige una magnitud de recursos que supera el alcance del presente estudio. Por consiguiente, en este no se incluyeron componentes específicos relacionados con el desarrollo de estas metodologías.

La metodología empleada comúnmente para la valorización económica o monetaria de los impactos previstos del cambio climático consiste en una combinación de métodos basados en “las funciones de dosis/respuesta”<sup>49</sup>, conforme a los cuales en primer lugar se identifican los impactos registrados a partir de una determinada exposición a una situación dada, y a continuación se cuantifican en términos físicos para luego asignarles un valor económico o monetario, lo que permite determinar el daño real<sup>50</sup>.

En este estudio se aplicó principalmente esta metodología, mientras que la determinación del valor monetario de los impactos se basó en todos los casos en un estudio destinado a identificar los impactos físicos del cambio climático. Una vez identificados estos impactos, se emplearon distintos métodos de valorización económica, seleccionados de acuerdo a cada caso, y si bien para el cálculo del costo monetario de la mayoría de los impactos se utilizaron métodos basados en los costos (entre otros, costos evitados, costos de reposición, gastos defensivos o protectivos, costos inducidos, costos de restauración, costos de tratamiento y costos de oportunidad)<sup>51</sup>, para el cálculo de los impactos del cambio climático en el sector agrícola, entre otros, se utilizó el método de pérdidas de productividad basado en los precios de mercado (véase el recuadro III.I).

Aunque se considera que la metodología más adecuada para este tipo de valorizaciones es la expuesta en el Manual de cuentas patrimoniales, puesto que se basa en el costo de manejo integral<sup>52</sup>, la información disponible no permite aplicarla<sup>53</sup>.

En consecuencia, para el presente estudio se aplicaron los métodos de valorización monetaria que se adaptaban en mayor medida a la información disponible, tanto en términos de cantidad como de calidad (véase el recuadro III.I). Se aplicó un criterio general de aprovechamiento de información ya disponible, para lo cual se aplicaron métodos de valorización que permitieran llegar a resultados robustos, aunque reconociendo que, en todos los casos, se corría el riesgo de subestimar, no de sobreestimar, el verdadero costo del daño.

---

y Carson (1989); Carson (1991), Kahneman & Knetsch (1992a y b) y Smith (1992).

<sup>48</sup> Este método consiste en inferir el valor monetario de un bien a partir de los gastos que los individuos realizan para disfrutar de este o acceder a él. Se suele utilizar para valorizar elementos tales como la bellezas de un paisaje o de un sitio recreativo (Mc Connell (1985); Bockstael et al. (1991); Freeman (1993) y Azqueta Oyarzún (1994), entre otros).

<sup>49</sup> También conocidas como “funciones de daño”. En Georgiou, Pearce et al. (1997) se presentan numerosos ejemplos de aplicación con fines de valoración económica en países en desarrollo.

<sup>50</sup> Véase Girardin (2001) y Delacámara (2008), entre otros.

<sup>51</sup> Véase una explicación más detallada de estos procedimientos en Azqueta Oyarzún (1994), Georgiou, Pearce et al. (1997) y Girardin (2001).

<sup>52</sup> Véase información más detallada en Sejenovich y Gallo Mendoza (1996). Los costos de manejo integral pueden definirse como una suerte de “costo de producción de la fábrica de la naturaleza”, integrado, entre otros, por los costos de investigación, de regeneración, de las actividades de intervención, del manejo de recursos, de capacitación y de estudios de mercado. También se debe tener presente que es uno de los pocos métodos de valoración económica basado implícitamente en un criterio de sustentabilidad, que a su vez determina el monto de las erogaciones necesarias para responder a ese criterio u objetivo de sustentabilidad.

<sup>53</sup> Los costos de manejo permiten tomar en cuenta la maximización del potencial productivo de los ecosistemas a largo plazo, lo que supone la consideración conjunta de la maximización de los procesos de producción, aprovechamiento y uso integral, junto con la minimización de los procesos de degradación, desaprovechamiento y uso parcial. Por lo tanto, podría decirse que, en cierto sentido, su cálculo obedece a un criterio implícito de sustentabilidad, lo que no ocurre con todos los demás métodos de valoración, puesto que los valores que permiten calcular no son obligatoriamente óptimos a largo plazo y solo se puede suponer que lo son por el hecho de ser los registrados en el mercado.

### RECUADRO III.1 MÉTODOS DE VALORIZACIÓN MONETARIA DE LOS IMPACTOS IDENTIFICADOS

Impactos económicos, y vulnerabilidad al cambio climático y a los eventos extremos	Método
Recursos hídricos	Reducción del potencial de generación de energía hidroeléctrica y aumento de los costos para la agricultura (fruticultura), como consecuencia del estrés hídrico en la región del Comahue
	Reducción del potencial de generación hidroeléctrica, como consecuencia del estrés hídrico prolongado en la Cuenca del Plata
	Estrés hídrico en la región de Cuyo y consecuencias relacionadas con el precio del agua para los diferentes usos
Sector agropecuario	Variación del rendimiento de los cultivos (soja, maíz y trigo) y extracción de nutrientes del suelo
Cambio de uso del suelo, y efectos relacionados con la biodiversidad y los ecosistemas	Expansión de la frontera agropecuaria en el bosque nativo (parque chaqueño semiárido)
	Episodios de estrés hídrico en los Esteros del Iberá
Salud	Aumento de la población afectada por las enfermedades consideradas
Eventos extremos	Inundaciones en la región del litoral y la costa del Río de la Plata

**Fuente:** Elaboración propia sobre la base de los estudios sectoriales.

En el recuadro III.2 se presenta información resumida sobre las regiones estudiadas, los impactos cuantificados en términos monetarios y las metodologías de valorización utilizadas.

### RECUADRO III.2 REGIONES ESTUDIADAS, IMPACTOS IDENTIFICADOS Y MÉTODOS DE VALORIZACIÓN ECONÓMICA UTILIZADOS

Caudales en la región del Comahue (provincias de Río Negro y Neuquén)	Reducción del ingreso por disminución del caudal en las centrales hidroeléctricas de la región.
Caudales en la región de Cuyo (ríos de Mendoza y San Juan)	Costo social del agua indicado en el informe sectorial respectivo (oferta y demanda de agua en las provincias de Cuyo), ante situaciones previstas de estrés hídrico.
Caudales en la región del litoral (ríos Paraná y Uruguay)	Potencial pérdida económica por el descenso de la generación de energía hidroeléctrica como consecuencia de la disminución de los caudales a largo plazo.

**(continúa)**

**Recuadro III.2 (conclusión)**

Agricultura	Variación de las toneladas producidas de los tres principales cultivos estudiados (trigo, maíz y soja).
Cambio de uso del suelo, y efectos relacionados con la biodiversidad y los ecosistemas	Expansión de la frontera agropecuaria en el bosque nativo (parque chaqueño semiárido)
Bosques del noroeste	Pérdida de bienes y servicios ambientales, como consecuencia del proceso de deforestación: i) servicios de protección de los recursos hídricos, ii) servicios de regulación del clima, iii) servicios de prevención de inundaciones y crecidas extraordinarias, iv) servicios de formación de suelos, v) servicios de control biológico, vi) servicios vinculados a la recreación, vii) medicinas naturales, viii) reposición y ix) biodiversidad vegetal.
Esteros del Iberá	Pérdida de los bienes y servicios significativos expuestos a riesgo potencial por estrés hídrico prolongado, en los siguientes ámbitos: i) agricultura, ii) ganadería, iii) silvicultura, iv) turismo, v) retención de nutrientes, vi) regulación de inundaciones y otras crecidas extraordinarias, vii) recarga de acuíferos, viii) biodiversidad y ix) refugio para poblaciones residentes y migratorias.
Salud	Costos del potencial aumento de los casos de dengue y malaria.
Costa del río de la Plata	Efectos económicos potenciales de las inundaciones provocadas por el aumento del nivel del mar en la infraestructura de servicios públicos y la infraestructura edilicia.
Región del litoral (ríos Uruguay y Paraná)	Métodos de valorización monetaria de las pérdidas provocadas por inundaciones prolongadas de los ríos de la región, tomando en cuenta factores tales como el número de casos y la duración de cada episodio
<b>Fuente:</b> Elaboración propia.	

En lo que respecta a las medidas de adaptación identificadas en los estudios, se valorizaron las correspondientes a la costa del río de la Plata, el litoral, el sector salud y la región del Comahue.

**RECUADRO III.3**  
**REGIONES ANALIZADAS, MEDIDAS DE ADAPTACIÓN IDENTIFICADAS Y MÉTODOS DE VALORIZACIÓN ECONÓMICA UTILIZADOS**

Medidas de adaptación a las inundaciones del río de la Plata	Se seleccionaron dos tipos de medidas de adaptación a fin de determinar su costo: i) la construcción de obras de defensa y ii) la reubicación de los asentamientos humanos afectados en zonas no inundables.
Medidas de adaptación a las inundaciones de los ríos del litoral (Paraná y Uruguay)	Se tomaron en consideración i) la construcción de obras de defensa y ii) las medidas de emergencia y evacuación tomadas en casos anteriores.
Medidas de adaptación a las infecciones	Las medidas de adaptación consideradas corresponden a las actividades de control del vector transmisor del dengue y de vigilancia; asimismo, se tomaron en consideración los costos de los servicios de laboratorio.
Medidas de adaptación en la región de Comahue	Se consideró el costo del aprovechamiento del agua para riego, basado en la ponderación del número de hectáreas dedicadas al cultivo de árboles frutales.
<b>Fuente:</b> Elaboración propia.	

Todos los resultados de las valorizaciones monetarias se convirtieron a dólares del año 2005 y se procedió a su agregación, con el propósito de calcular los totales correspondientes a los años de corte (2020, 2030, 2050, 2070 y 2100); posteriormente, se aplicaron a estas cifras las tasas de descuento acordadas en las reuniones de coordinación (0%, 0,5%, 2% y 4%). Este ejercicio se realizó con respecto a los impactos previstos del cambio climático en las regiones, los sistemas y los sectores seleccionados y a las medidas de adaptación pertinentes. En el capítulo VII se presentan, en términos agregados, los resultados de estos cálculos y los relativos a los escenarios de emisiones y mitigación en diversos sectores socioeconómicos; en el mismo capítulo se presenta una ponderación de los impactos y de los costos de adaptación y mitigación.

## IV. Impactos económicos, y vulnerabilidad al cambio climático y a los eventos extremos

En la SCN de la Argentina se afirma que “la variabilidad del clima, cuando excede las condiciones a las que están adaptadas las actividades que dependen del mismo, es una fuente de problemas sociales y de pérdidas económicas”<sup>54</sup>. Los mayores impactos observados en la Argentina se deben a la variabilidad interanual de las precipitaciones, que afectan considerablemente la producción agropecuaria en períodos de sequía y también, aunque en menor medida a nivel nacional, en casos de fuertes lluvias dan origen a excedentes hídricos, provocan inundaciones de las tierras productivas y daños en la infraestructura, y ponen en peligro la seguridad y la salud de las poblaciones urbanas. En casi todo el país, la mayor fuente conocida de variabilidad interanual del clima es el fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), que produce precipitaciones anómalas en algunas regiones y en algunas de sus fases<sup>55</sup>. En general, El Niño provoca precipitaciones superiores a la media, situación diametralmente opuesta a lo que sucede en el fenómeno de La Niña. En algunas temporadas, el primero de ellos se ha traducido en cuantiosas precipitaciones, que provocan inundaciones debidas a la crecida de los grandes ríos de llanura del este del país. En efecto, casi todas las mayores crecidas de los ríos Paraná y Paraguay coinciden con la fase de El Niño<sup>56</sup>. No obstante, el efecto que tiene este fenómeno en lo que respecta a las precipitaciones varía mucho de un caso a otro, por lo que no permite realizar pronósticos estacionales satisfactorios aplicables al agro y los procesos hidrológicos. La influencia de El Niño es menos intensa en términos de las temperaturas, se limita al noroeste y el centro del país y solo se manifiesta en el invierno, época en que se registran temperaturas más altas en la fase de El Niño y más bajas en la fase de La Niña<sup>57</sup>.

A continuación se describe la información recopilada sobre los impactos previstos del cambio climático en distintos sectores, sistemas y regiones del país, así como la información existente sobre su vulnerabilidad al cambio climático.

---

<sup>54</sup> Gobierno de la República Argentina (2007).

<sup>55</sup> Ropelewski y Halpert, (1987); Aceituno, (1988); Grimm et al. (2000), citados en Gobierno de la República Argentina (2007).

<sup>56</sup> Camiloni y Barros (2003) citado en Gobierno de la República Argentina (2007).

<sup>57</sup> Barros et al. (2002), citado en Gobierno de la República Argentina (2007).

## A. Recursos hídricos

Tal como se indica en la SCN<sup>58</sup>, los registros hidrológicos muestran que en las últimas décadas los recursos hídricos superficiales de la Argentina superan los 21.000 m<sup>3</sup>/s de escurrimiento medio anual (el 95% de dichos recursos ha sido medido sistemáticamente desde principios del siglo XX). Esta cifra revelaría una notable riqueza hídrica, pero la distribución de los recursos dista mucho de ser adecuada. De hecho, existen diferencias marcadas que provocan un serio desequilibrio y debido a las cuales un 75% de la superficie continental se encuentra en condiciones de aridez y semiaridez, mientras que el 25% restante se ve afectado cada cierto tiempo por inundaciones provocadas en su mayor parte por el desborde de los ríos Paraná, Paraguay y Uruguay. Además, extensas zonas de la pampa húmeda sufren inundaciones y sequías alternadas. En la Provincia de Buenos Aires, la cuenca del Río Salado, conocida también como “pampa deprimida”, aparece como la región potencialmente más vulnerable a un incremento de las precipitaciones unido a un aumento, por pequeño que sea, del nivel del mar, con respecto al cual no se dispuso de estudios específicos más actualizados sobre los impactos potenciales<sup>59</sup>.

**MAPA IV.1**  
**RED HIDROGRÁFICA AGUAS SUPERFICIALES**



**Fuente:** Elaboración propia sobre la base de Pochat (2008).

<sup>58</sup> Ibid.

<sup>59</sup> Ibid.

**CUADRO IV.1**  
**CAUDALES MEDIOS ANUALES**  
(En m<sup>3</sup>/s)

Bermejo	320	Negro	1.000
Juramento	15	Limay	700
Tercero	30	Chubut	50
Jáchal	10	Santa Cruz	700
San Juan	60	Paraná	11.800
Tunuyán	30	Iguazú	920
Diamante	35	Uruguay	2300
Atuel	35	Paraná	16.000
Neuquén	300	Uruguay	4.700
Colorado	130		

**Fuente:** Elaboración propia sobre la base de Pochat (2008).

En el marco del estudio, se realizaron investigaciones específicas sobre los impactos previstos y la vulnerabilidad al cambio climático de los siguientes sistemas hidrológicos o cuencas: i) principales ríos de la Cuenca del Plata (ríos Paraná y Uruguay); ii) escenarios de inundaciones de los ríos Paraná y Uruguay; iii) vulnerabilidad al aumento del nivel del mar de las zonas costeras del río de la Plata; iv) sistema de los esteros del Iberá; v) principales ríos de Comahue; vi) principales ríos de Mendoza y evolución de los glaciares cordilleranos, y vii) oferta y demanda de agua en la Provincia de Mendoza. Si bien en estas investigaciones se incluye una gran parte de las principales cuencas hidrográficas, cabe aclarar que no abarcan la totalidad de los recursos hídricos del país.

Tal como se indicó anteriormente, se utilizaron los datos climáticos suministrados por el INPE (resolución 50 km x 50km) derivados de la aplicación del modelo PRECIS, que a su vez se ejecutó con datos del modelo global HadCM3 correspondientes al período observado 1960-1990 y la estimación de un período futuro (2070-2100). Para el período 1990-2070 el INPE realizó una interpolación en la que no se incluyeron las variaciones interanuales, que fueron estimadas por los equipos sectoriales locales encargados de los estudios sobre caudales, por tratarse de datos de suma importancia para los estudios hidrológicos. En el caso de los ríos de la Cuenca del Plata, una vez realizados estos ajustes de los datos de entrada, se utilizó el modelo hidrológico sobre capacidad variable de infiltración (VIC por su sigla en inglés), que permite calcular el escurrimiento en una cuenca a partir de las características del suelo, la vegetación y la pendiente del terreno; asimismo, se utilizó un período de cinco años tanto para la calibración (1995-1999) como para la validación (1990-1994).

## 1. Impactos previstos y vulnerabilidad de los principales ríos de la Cuenca del Plata

En las últimas décadas del siglo XX los caudales medios de los grandes ríos de la Cuenca del Plata registraron un notable incremento, de un 35% entre los períodos 1951-1970 y 1980-1999. Esta situación tuvo efectos positivos relacionados con la generación de electricidad, la navegación y otros usos del agua, pero la evolución futura de estos caudales depende de una serie de factores, tanto climáticos como no climáticos, entre los que destacan la precipitación media anual y la distribución estacional y regional de las precipitaciones, aunque también de la evaporación, que depende tanto de la lluvia como de la temperatura.

La aplicación del modelo PRECIS indica que prácticamente en toda la Cuenca del Plata las precipitaciones se intensificarán considerablemente a lo largo de todo el siglo XXI y que en algunas zonas registrarán un aumento del 25% al 50% a fines del siglo, lo que no es el resultado típico de la mayoría de los modelos de circulación general (MCG). En promedio, en la Cuenca del Plata la intensificación sería más moderada e incluso en algunos casos se produciría una disminución de las precipitaciones.

En el mapa IV.2 se ilustra la Cuenca del Plata y la extensión que abarca en el territorio de la Argentina.

**MAPA IV.2**  
**CUENCA DEL PLATA<sup>a</sup>**



**Fuente:** Coronel y Menendez, 2006.

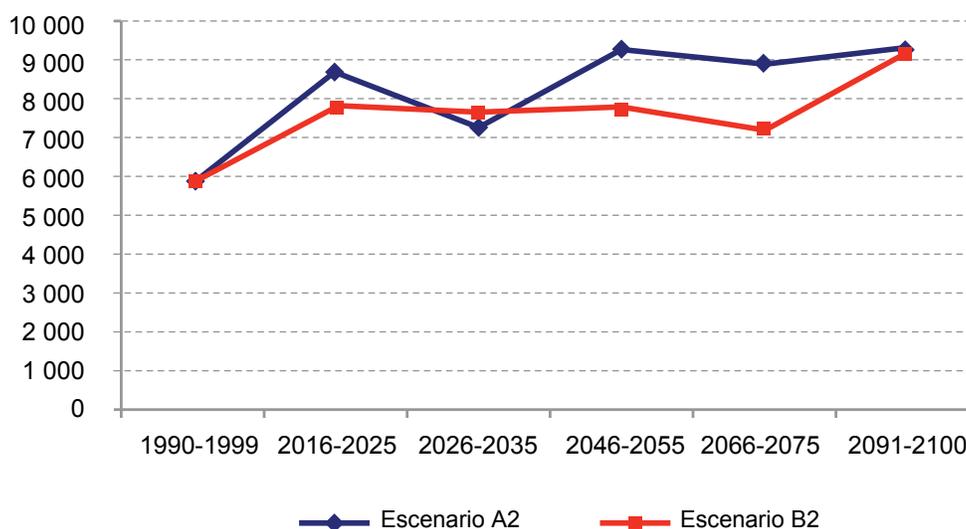
<sup>a</sup>La porción en verde corresponde a la cuenca estudiada.

A continuación, se describen las principales conclusiones del estudio relativas al caudal de los ríos Paraná y Uruguay.

En el caso del río Uruguay, en un contexto de calentamiento moderado como el que se registraría en las próximas dos o tres décadas, no se produciría una gran variación del caudal, pero probablemente este disminuiría un 15% a fines del siglo. En cambio, si se acepta el escenario climático basado en el modelo PRECIS, que supone un incremento de las lluvias no compensado enteramente por el aumento de la temperatura, el caudal registraría un aumento de un 25% a un 57% entre mediados de la década del 2020 y mediados de la siguiente<sup>60</sup>, aumento que variaría de una década a otra y según el escenario considerado. A pesar del notable incremento del caudal medio, el caudal mínimo mensual de cada década es siempre muy bajo y cercano a cero, con la excepción del mes de julio. Según los dos escenarios, el caudal máximo suele ser muy alto en los meses de febrero y junio y, en general, mucho mayor en la primera mitad del año que en la segunda. De esto se deduce que la variabilidad interanual de los caudales mensuales en la primera parte del año crecería junto con los caudales medios.

<sup>60</sup> Período comprendido entre 2026 y 2035.

**GRÁFICO IV.1**  
**ESCENARIOS DE CAUDAL MEDIO ANUAL DEL RÍO URUGUAY EN SALTO GRANDE**  
*(En m<sup>3</sup>/s)*



**Fuente:** Elaboración propia.

La diferencia entre los valores extremos es aun mayor en el río Paraná. El estudio de sensibilidad en la ciudad de Posadas muestra una reducción del 7% en caso de calentamiento global moderado, que podría llegar a un 25% si se registrara una mayor alza de la temperatura a fines del siglo. Los resultados de la aplicación del modelo PRECIS muestran un aumento que fluctúa entre un 26% en el escenario B2 (período comprendido entre mediados de la década del 2010 y mediados de la década del 2020<sup>61</sup>) y un 70% en el escenario A2 (período 2091-2100). El caudal mínimo mensual prácticamente no varía en ninguna de las décadas ni en ninguno de los escenarios, con la excepción del mes de febrero, en el que se podrían registrar valores muy bajos. Por lo tanto, la variabilidad interanual del caudal medio mensual concuerda con la evolución del caudal máximo mensual y de los valores medios, y es mucho más acentuada en los tres meses del otoño y en diciembre y enero.

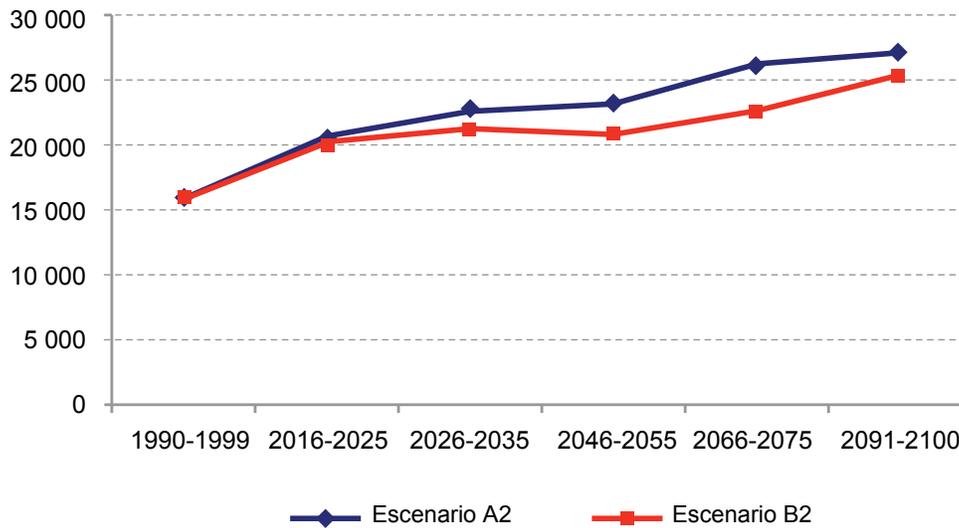
En función de estos resultados, se deben reducir las incertidumbres derivadas de la aplicación de modelos climáticos, fundamentalmente las relativas a procesos climáticos de gran impacto en la Cuenca del Plata como la variabilidad interanual e interdecadal asociada al fenómeno de El Niño, y perfeccionar la aplicación de los modelos hidrológicos, para lograr resultados que permitan avanzar en la formulación de políticas de planificación a mediano y largo plazo.

No se espera que el aumento de los caudales previstos en los escenarios A2 y B2 tenga mayores consecuencias negativas, pero no sucedería lo mismo en los escenarios alternativos, según los cuales se produciría una disminución de los caudales<sup>62</sup>.

<sup>61</sup> Período comprendido entre 2016 y 2025.

<sup>62</sup> Esto se aplica, al menos, a la generación de energía hidroeléctrica, la navegación y la disponibilidad de agua para diversos usos.

**GRÁFICO IV.2**  
**ESCENARIOS DE CAUDAL MEDIO DEL RÍO PARANÁ EN LA CIUDAD DE POSADAS**  
*(En m<sup>3</sup>/s)*



**Fuente:** Elaboración propia.

En este sentido, el hecho de que la aplicación del modelo PRECIS arroje resultados que no son los típicamente observados en la mayoría de los MGC plantea una interrogante sobre el futuro. Como esta situación es una fuente importante de incertidumbre, se consideró conveniente realizar también un estudio de sensibilidad manteniendo constante los datos sobre precipitación y planteando tres escenarios ajustados de calentamiento progresivo, a partir de los resultados de la mayor parte de los modelos generales, cuya aplicación indica que el aumento de las temperaturas máximas sería superior al de las mínimas en la región<sup>63</sup>.

Por consiguiente, se plantearon tres escenarios climáticos ajustados, que suponen los siguientes cambios en el período 1990-1999:

- Escenario ajustado 1: temperatura mínima + 1°C y temperatura máxima +1,5°C
- Escenario ajustado 2: temperatura mínima + 2°C y temperatura máxima + 3°C
- Escenario ajustado 3: temperatura mínima + 3,5°C y temperatura máxima + 5°C

En la práctica, esto conduce a la consideración de un solo escenario climático, que es una combinación de los escenarios A2 y B2<sup>64</sup>.

En el cuadro IV.2 se presentan las cifras correspondientes a los escenarios ajustados, en términos de impactos en los caudales.

<sup>63</sup> Barros, V. “Escenarios de Caudales Medios de los Ríos Paraná y Uruguay”. Estudio Sectorial correspondiente al ERECC-Argentina.

<sup>64</sup> De acuerdo con la información suministrada por el experto sectorial, el escenario ajustado 1 podría coincidir tanto con el escenario A2 como con el B2 en 2030, año que representa el punto intermedio del período 2026-2035, mientras que el escenario ajustado 2 coincide con el A2 a mediados de siglo (2050) y el escenario ajustado 3 con el B2 a fines del siglo (2070) (V. Barros).

**CUADRO IV.2**  
**CAUDALES DE LOS RÍOS PARANÁ Y URUGUAY Y CAMBIOS PORCENTUALES**  
**RESPECTO DEL PERÍODO 1990-1999, ESCENARIOS AJUSTADOS**

Estación	1990-1999 (m <sup>3</sup> /s)	Escenario ajustado 1 (m <sup>3</sup> /s)	Variación (porcentajes)	Escenario ajustado 2 (m <sup>3</sup> /s)	Variación (porcentajes)	Escenario ajustado 3 (m <sup>3</sup> /s)	Variación (porcentajes)
Salto Grande (río Uruguay)	5 900	5 800	-2	5 400	-8	5 000	-15
Posadas (río Paraná)	15 900	14 800	-7	13 100	-18	12 000	-25
Corrientes (río Paraná)	21 100	18 800	-11	16 300	-23	14 700	-30

**Fuente:** Elaboración propia.

Para la valorización monetaria de los impactos previstos del cambio climático en la Cuenca del Plata (circunscrita, en este caso, a la región del litoral de los ríos Paraná y Uruguay), se consideraron las pérdidas de ingreso de las centrales hidroeléctricas situadas en ambos ríos (Yacretá en el río Paraná, tomando como referencia los caudales en la ciudad de Posadas, y Salto Grande en el río Uruguay) como consecuencia directa del descenso previsto de los caudales disponibles para la generación de electricidad<sup>65</sup>.

Con tal objeto se realizó una interpolación lineal entre los caudales determinados mediante la aplicación de los modelos para los años de corte, a fin de tomar en cuenta que estos van disminuyendo paulatinamente y no se produce un brusco cambio de un año de corte a otro. La disminución de los caudales implica una menor generación de electricidad; su valorización se basó en el mismo precio medio utilizado en el caso de los ríos del Comahue (46.460 pesos/GWh)<sup>66</sup> y los valores calculados se convirtieron a dólares del año 2005. A los resultados anuales agregados se les aplicaron las tasas de descuento correspondientes.

Los resultados de estas estimaciones se presentan en el cuadro IV.3 y los gráficos IV.3 y IV.4<sup>67</sup>. Si se toman en consideración los valores no descontados, el monto acumulado hasta el año 2100 asciende a 4.361 millones de dólares (del año 2005) en ambos escenarios<sup>68</sup>.

Los valores acumulados aumentan notablemente a partir del año 2050 y sobre todo después del año 2070, en consonancia con la mayor magnitud de los impactos acumulados a partir de dichos años. Como los principales impactos se dan en los períodos más alejados en el tiempo, la tasa de descuento influye notablemente en la determinación de su costo o valor monetario. Así, el valor económico acumulado y no actualizado hasta el año 2100 es más de 7,5 veces superior al monto actualizado a una tasa de descuento del 4%; si se aplica una tasa de descuento del 0,5%, el valor resultante es más de 5,5 veces superior al valor económico acumulado y actualizado a la tasa del 4%.

<sup>65</sup> No se incluyen otras pérdidas relacionadas con los perjuicios que podrían atribuirse al descenso de la generación de electricidad. Tampoco se incluyen los costos de la generación alternativa necesaria para suplir la menor producción de electricidad debida a la disminución de los caudales. En realidad, estos últimos tendrían que interpretarse como costos de las medidas de adaptación necesarias para hacer frente al impacto del cambio climático en los caudales.

<sup>66</sup> Este precio medio es el considerado en la segunda comunicación nacional del Gobierno de la República Argentina (2007). Véase el punto IV.A.5 (impactos en los ríos de la región del Comahue).

<sup>67</sup> Los cálculos se realizaron en pesos del año 2005 multiplicados por el tipo de cambio promedio de ese año para su conversión a dólares de 2005.

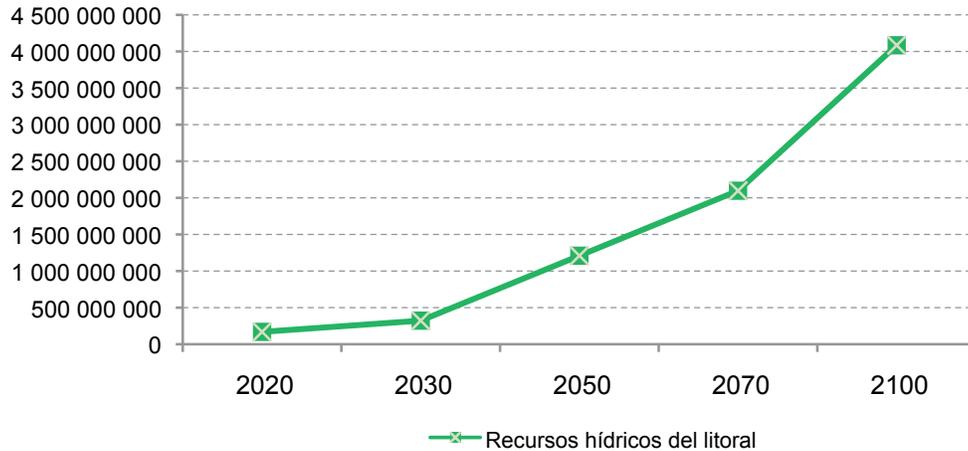
<sup>68</sup> Esta cifra puede corresponder a ambos escenarios una vez hecho el ajuste propuesto.

**CUADRO IV.3**  
**COSTO DE LAS PÉRDIDAS ACUMULADAS POR LA MENOR GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA CUENCA DEL PLATA SEGÚN LOS DOS ESCENARIOS**  
*(En dólares de 2005)*

Tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
0%	49 173 288	170 381 871	787 104 309	1 907 087 244	4 361 344 130
0,5%	47 572 047	159 501 877	685 288 951	1 553 449 411	3 231 608 589
2%	43 163 017	131 617 282	460 470 181	869 859 896	1 418 381 636
4%	38 091 271	103 238 747	282 891 054	437 419 279	567 243 095

Fuente: Elaboración propia.

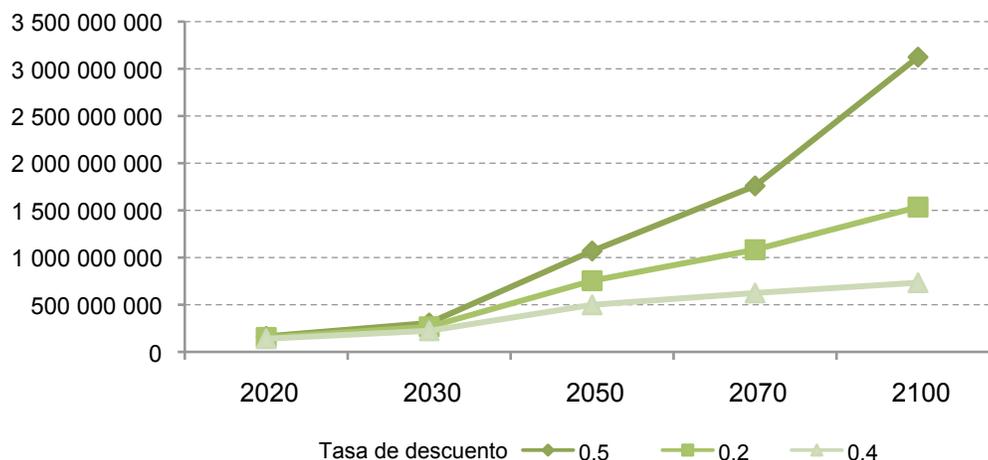
**GRÁFICO IV.3**  
**COSTO DE LAS PÉRDIDAS ACUMULADAS POR LA MENOR GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN LAS REPRESAS DE YACYRETÁ (RÍO PARANÁ) Y SALTO GRANDE (RÍO URUGUAY), A UNA TASA DE DESCUENTO DEL 0%<sup>a</sup>**  
*(En dólares de 2005)*



Fuente: Elaboración propia.

<sup>a</sup>Según ambos escenarios y conforme a la hipótesis de descenso de los caudales de los dos ríos.

**GRÁFICO IV.4**  
**COSTO DE LAS PÉRDIDAS ACUMULADAS POR LA MENOR GENERACIÓN DE**  
**ELECTRICIDAD EN LAS REPRESAS DE YACYRETÁ (RÍO PARANÁ) Y SALTO GRANDE**  
**(RÍO URUGUAY), A TASAS DE DESCUENTO DEL 0,5%, EL 2% Y EL 4%<sup>a</sup>**  
*(En dólares de 2005)*



**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>a</sup>Según ambos escenarios y conforme a la hipótesis de descenso de los caudales de los dos ríos.

## 2. Impactos previstos y vulnerabilidad según los escenarios de inundaciones de los ríos Paraná y Uruguay

Si bien los caudales de ambos ríos obedecen a las mismas influencias externas (entre otras, ciertas fases del fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur), en el río Uruguay las mayores crecidas tienen aproximadamente la misma duración que los eventos meteorológicos inducidos por episodios de precipitaciones extremas, mientras que en el Paraná responden a fenómenos climáticos más prolongados. Esto se debe a la pendiente relativamente pronunciada de la cuenca del Uruguay y a la existencia de una sección transversal estrecha, que acelera el escurrimiento hacia el curso principal de la cuenca. El río Paraná, en cambio, además de tener una cuenca mucho más grande, presenta una pendiente mucho menor. Las crecidas se deben a períodos de lluvias muy superiores a lo normal que se prolongan por un mes o más, como las que pueden producirse en algunas etapas del fenómeno de El Niño.

Las simulaciones previstas por el modelo PRECIS representan en forma adecuada la distribución espacial media de la temperatura y la precipitación en la cuenca del Plata. Sin embargo, como todo modelo climático, presenta errores sistemáticos que pueden corregirse utilizando el método incremental, lo que hace posible generar proyecciones climáticas que permiten obtener indicaciones sobre la evolución futura de las inundaciones producidas por sus crecidas.

En el río Uruguay el caudal medio se sextuplica en los episodios de crecidas. En las dos últimas décadas del siglo pasado, las más intensas mostraron una marcada tendencia creciente, dado que la frecuencia registrada desde comienzos de siglo se duplicó. Por otra parte, durante las mayores crecidas el caudal mensual del río Paraná en la ciudad de Corrientes excede entre dos a tres veces el caudal medio y, en general, las contribuciones hídricas que recibe el río a partir de esa localidad son relativamente reducidas. La frecuencia de las grandes crecidas en el río Paraná aumentó en las dos últimas décadas del siglo XX hasta diez veces respecto de la registrada en las ocho décadas anteriores.

El punto de partida para el estudio de las inundaciones de estos dos ríos son los caudales en Corrientes (Paraná) y Paso de los Libres (Uruguay), y su relación con las inundaciones de estos dos ríos. En el caso del río Paraná, se determinó el caudal mensual mínimo en Corrientes en las etapas de grandes inundaciones de los períodos 1982-1983 y 1997-1998. El área inundada por este, y sobre la cual se han elaborado mapas a partir de imágenes satelitales, llegó a cubrir 45.000 km<sup>2</sup>, en tanto que el caudal mensual medio mensual en Corrientes superó los 33.000 m<sup>3</sup>/s (véase el mapa IV.3). Sobre la base de la serie de caudales registrados en Corrientes, basada en el modelo hidrológico de capacidad variable de infiltración y el nivel mínimo de inundación observado, se determinaron los períodos de inundación en cada década del estudio. En el caso del río Uruguay, la metodología empleada se basa en la relación entre el caudal medio mensual en Paso de los Libres y las alturas máximas mensuales.

La represa de Salto Grande, ubicada en el río Uruguay, permite regular el caudal para evitar inundaciones. En el estudio del riesgo de inundación de las tierras que se encuentran aguas abajo de la represa para el desarrollo de escenarios futuros se debe tener presente que este no depende solo de la situación hidrológica, sino también del programa de manejo que se aplique. La situación hidrológica del río Paraná depende de la operación de numerosas represas aguas arriba, pero estas no tienen la capacidad necesaria para frenar las grandes y prolongadas inundaciones consideradas en el presente estudio.

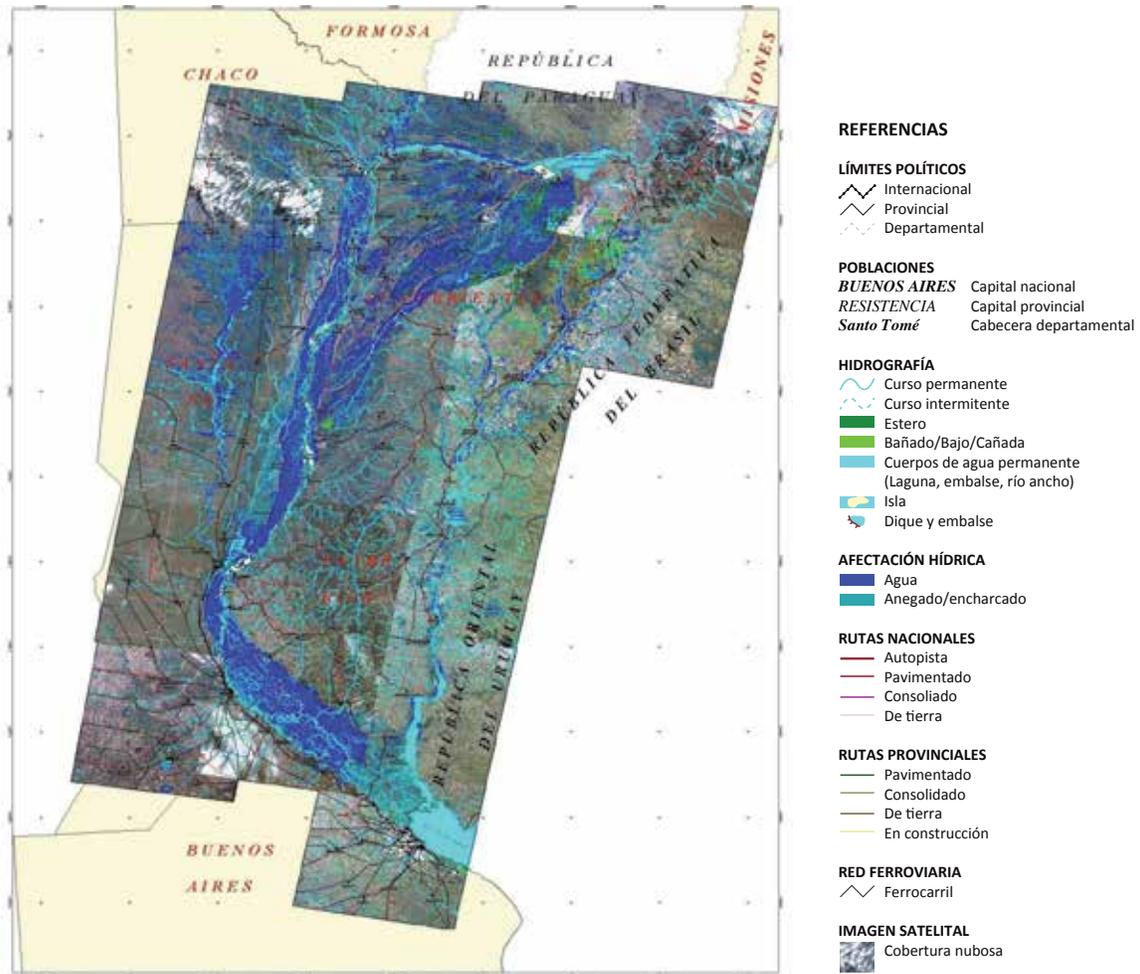
Las estimaciones de inundaciones en las siguientes décadas del siglo XXI, basadas en la aplicación del modelo de capacidad variable de infiltración, indican que el número de meses en los que se producirían inundaciones prolongadas en el río Paraná (aguas abajo de Corrientes), de acuerdo a los escenarios desarrollados con el modelo PRECIS, aumentarían de unos 35 a 40 casos en el período comprendido entre mediados de la década de 2010 y mediados de la década de 2020<sup>69</sup> a unos 55 casos en el período 2091-2100; al respecto, se observan escasas diferencias entre los escenarios A2 y B2. Las inundaciones se producirían en cualquier mes del año y serían mucho menos frecuentes en los meses de agosto y septiembre. Según el escenario A2 solo se producirían dos inundaciones de nueve o más meses de duración en todo el siglo, mientras que en el escenario B2 se prevé solo una. Estas inundaciones extraordinarias podrían producirse en cualquiera de las décadas siguientes, lo que confirmaría que la inusual duración de la inundación de 1982-1983 constituye un caso extraordinario y que la probabilidad de repetición es muy baja.

Para la determinación de los posibles costos económicos del impacto del cambio climático consistente en inundaciones de los principales ríos de la Cuenca del Plata (Paraná y Uruguay), se utilizó la información sobre el número de inundaciones de cada río contenida en el estudio sectorial sobre el tema. Las inundaciones del Paraná se clasificaron en dos categorías para su valorización económica: i) inferiores a nueve meses, equiparadas a la inundación registrada en 1992 y ii) superiores a nueve meses, equiparadas a la de 1982<sup>70</sup>; a cada río se le aplicó el valor correspondiente a las provincias efectivamente afectadas en cada caso.

<sup>69</sup> Se trata en particular del período comprendido entre 2016 y 2025.

<sup>70</sup> Este procedimiento fue recomendado por el experto sectorial sobre el tema (Camillioni, I. Comunicación Personal). Véase Cámara Argentina de la Construcción (2002).

**MAPA IV.3**  
**MOSAICO DE IMÁGENES DE LA EXTENSIÓN MÁXIMA DE LA CRECIDA DEL RÍO PARANÁ DE 1998<sup>a</sup>**



Fuente: Elaboración propia.

<sup>a</sup>Superficie en azul: área inundada; superficie en celeste: área cubierta habitualmente por espejos o cursos de agua.

**CUADRO IV.4**  
**INUNDACIONES DEL RÍO URUGUAY**

	Número de casos				
	2020	2030	2050	2070	2100
Escenario A2	66	49	63	66	73
Escenario B2	65	62	70	57	74

Fuente: Elaboración propia.

### CUADRO IV.5 INUNDACIONES DEL RÍO PARANÁ

		Número de casos				
		2020	2030	2050	2070	2100
Escenario A2	Inundaciones inferiores a nueve meses	7	10	3	10	11
	Inundaciones superiores a nueve meses	1			1	
Escenario B2	Inundaciones inferiores a nueve meses	8	8	6	6	9
	Inundaciones superiores a nueve meses					1

Fuente: Elaboración propia.

### CUADRO IV.6 DATOS EMPLEADOS PARA LA VALORIZACIÓN ECONÓMICA DE LAS INUNDACIONES DEL RÍO URUGUAY EN ENTRE RÍOS

Categoría	Monto (en dólares de 2003)	Monto (en dólares de 2005)	Total (en dólares de 2005)
Agricultura y ganadería	13 400 000	18 492 000	63 204 000
Industria, comercio y servicios	32 400 000	44 712 000	
Medidas de emergencia y evacuaciones	1 350 000	1 863 000	5 313 000
Ejecución de obras de defensa	2 500 000	3 450 000	

Fuente: Cámara Argentina de la Construcción (2003), El cambio climático y sus consecuencias territoriales, Alcance de las afecciones, Convención Nacional Noviembre 2003, Argentina, Tomo I y II. Información sobre inundaciones en la región del litoral en 1982 y 1992, por provincia.

### CUADRO IV.7 DATOS EMPLEADOS PARA LA VALORIZACIÓN ECONÓMICA DE LAS INUNDACIONES DE LOS RÍOS PARANÁ Y PARAGUAY EN 1992 (En dólares de 2003 y dólares de 2005)<sup>a</sup>

Categoría	Misiones	Formosa	Chaco	Corrientes	Santa Fe	Buenos Aires	Total
Agricultura y ganadería	0	62 000 000	35 600 000	41 700 000	32 000 000	0	236 394 000
Industria, comercio y servicios	26 200 000	75 100 000	53 000 000	81 000 000	13 500 000	0	343 344 000
Medidas de emergencia y evacuaciones	1 350 000	4 040 000	1 850 000	2 700 000	1 350 000	2 500 000	19 030 200
Ejecución de obras de defensa	2 500 000	16 000 000	3 000 000	2 000 000	5 120 000	800 000	40 599 600
Total	30 050 000	157 140 000	93 450 000	127 400 000	51 970 000	3 300 000	639 367 800

Fuente: Cámara Argentina de la Construcción (2003).

<sup>a</sup>Los datos desagregados por provincia se expresan en dólares de 2003; el total, en dólares del año 2005.

En el caso del Río Uruguay, los costos correspondientes a “Agricultura y ganadería” y a “Industria, comercio y servicios” se consideraron costos atribuibles a los impactos ambientales, mientras que las actividades previstas se consignaron como costos de las medidas de adaptación a cada inundación. Estos valores se aplicaron al número de eventos previstos en cada escenario, a fin de calcular los valores correspondientes a cada período.

Para las inundaciones del río Paraná equiparables a las del año 1992<sup>71</sup>, se procedió de forma similar a fin de distinguir los costos atribuidos a los impactos de los que se imputaron a las medidas de adaptación, y los valores calculados se aplicaron al número de eventos previstos en ambos escenarios. En cuanto a las inundaciones del río Paraná equiparables a las de 1982<sup>72</sup>, se imputaron a las medidas de adaptación los costos de “Medidas de emergencia y evacuaciones” y de “Ejecución de obras de defensa”; los demás rubros se interpretaron como costos de los impactos. Los respectivos valores se aplicaron a la cantidad de eventos previstos por escenario.

**CUADRO IV.8**  
**DATOS EMPLEADOS PARA LA VALORIZACIÓN ECONÓMICA DE LAS**  
**INUNDACIONES DE LOS RÍOS PARANÁ Y PARAGUAY EN 1982<sup>a</sup>**

*(En dólares corrientes de 2003 y dólares de 2005)*

Categoría	Misiones	Formosa	Chaco	Corrientes	Santa Fe	Total
Vivienda y educación (sector público)	25 000 000	80 800 000	93 800 000	37 400 000	20 600 000	520 352 000
Agricultura	17 800 000	29 300 000	27 200 000	34 600 000	11 700 000	243 612 000
Ganadería	0	21 900 000	8 800 000	22 600 000	8 400 000	124 634 000
Industria, comercio y servicios	35 600 000	102 400 000	107 700 000	114 400 000	16 800 000	761 338 000
Infraestructura						0
Sector vial	4 900 000	62 900 000	8 200 000	20 800 000	83 800 000	364 812 000
Sector ferroviario	0	0	1 400 000	0	0	2 828 000
Navegación	0	0	0	0	0	0
Agua y cloacas	600 000	1 800 000	2 600 000	400 000	4 100 000	19 190 000
Infraestructura urbana	300 000	2 300 000	1 300 000	3 400 000	4 400 000	23 634 000
Gastos adicionales por corte de rutas	0	0	0	200 000	0	404 000
Medidas de emergencia y evacuaciones	200 000	24 500 000	16 200 000	4 600 000	7 800 000	107 666 000
Ejecución de obras de defensa	0	0	0	0	0	134 878 834
<b>Total</b>	<b>84 400 000</b>	<b>325 900 000</b>	<b>267 200 000</b>	<b>238 400 000</b>	<b>157 600 000</b>	<b>2 303 348 834</b>

**Fuente:** Cámara Argentina de la Construcción (2003).

<sup>a</sup>La información desagregada por provincia se expresa en dólares de 2003 y los totales se expresan en dólares del año 2005.

<sup>71</sup> Las inundaciones de 1992 se consideraron inferiores a nueve meses.

<sup>72</sup> Inundaciones consideradas superiores a nueve meses.

**CUADRO IV.9**  
**COSTOS DE LOS IMPACTOS DE LAS INUNDACIONES EN LA ZONA DEL LITORAL,**  
**ESCENARIO A2<sup>a</sup>**  
*(En dólares de 2005 no descontados)*

	Año de corte				
	2020	2030	2050	2070	2100
Uruguay	4 171 464 000	3 096 996 000	3 981 852 000	4 171 464 000	4 613 892 000
Paraná-Paraguay	6 138 160 000	5 797 380 000	1 739 214 000	7 877 374 000	6 377 118 000
Total	10 309 624 000	8 894 376 000	5 721 066 000	12 048 838 000	10 991 010 000

**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>a</sup>Sobre la base de número de inundaciones y costos previstos.

**CUADRO IV.10**  
**COSTOS DE LOS IMPACTOS DE LAS INUNDACIONES EN LA ZONA DEL LITORAL,**  
**ESCENARIO B2<sup>a</sup>**  
*(En dólares de 2005 no descontados)*

	Año de corte				
	2020	2030	2050	2070	2100
Uruguay	4 108 260 000	3 918 648 000	4 424 280 000	3 602 628 000	4 677 096 000
Paraná-Paraguay	4 637 904 000	4 637 904 000	3 478 428 000	3 478 428 000	7 297 636 000
Total	8 746 164 000	8 556 552 000	7 902 708 000	7 081 056 000	11 974 732 000

**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>a</sup>Sobre la base de número de inundaciones y costos previstos.

A la suma de los valores calculados en los cuadros IV.9 y IV.10 se les aplicaron las tasas de descuento correspondientes, lo que permitió determinar que el valor acumulado hasta el año 2100 de los daños provocados por las inundaciones en los principales ríos de la Cuenca del Plata ascendería a 47.965 millones de dólares del 2005, en el caso del escenario A2, y a 44.261 millones de dólares según el escenario B2, si se aplica una tasa de descuento del 0%. Por lo tanto, los valores resultantes son de un 8% a un 9% mayores en el escenario A2 que en el B2, pero esta diferencia va reduciéndose con el paso del tiempo; el valor acumulado hasta el 2020 indica que de acuerdo al escenario A2 los costos superan en casi un 18% los correspondientes al escenario B2, conforme a todas las tasas de descuento.

**CUADRO IV.11**  
**COSTO DE LOS IMPACTOS ACUMULADOS DE LAS INUNDACIONES**  
**EN LA ZONA DEL LITORAL, ESCENARIO A2**  
*(En dólares de 2005)*

Tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
0%	10 309 624 000	19 204 000 000	24 925 066 000	36 973 904 000	47 964 914 000
0,50%	9 808 039 562	17 858 009 336	22 544 356 821	31 477 030 311	38 493 070 126
2%	8 457 482 521	14 443 142 595	17 034 158 551	20 706 430 705	22 555 793 619
4%	6 964 812 568	11 024 089 669	12 215 725 041	13 361 092 413	13 683 226 785

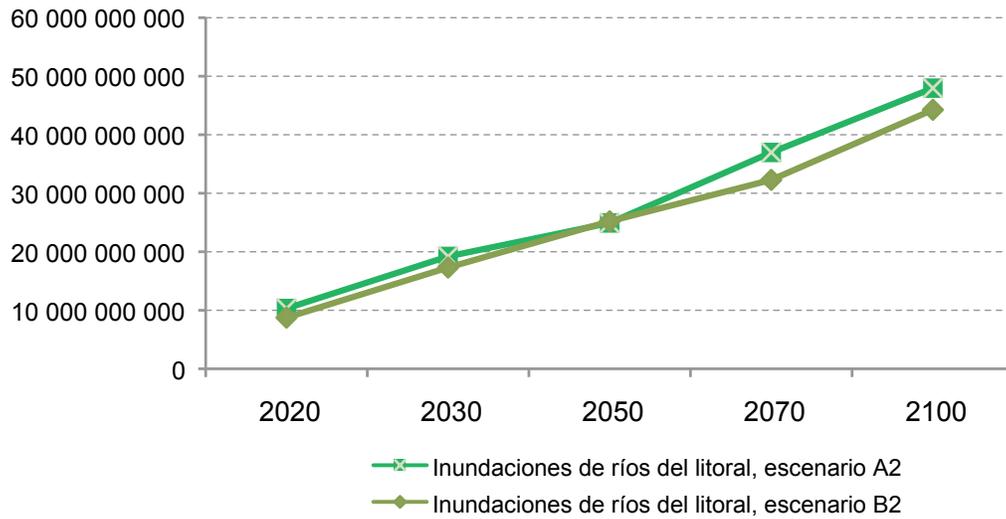
**Fuente:** Elaboración propia.

**CUADRO IV.12**  
**COSTO DE LOS IMPACTOS ACUMULADOS DE LAS INUNDACIONES**  
**EN EL LITORAL, ESCENARIO B2**  
*(En dólares de 2005)*

Tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
0%	8 746 164 000	17 302 716 000	25 205 424 000	32 286 480 000	44 261 212 000
0,5%	8 320 645 110	16 064 862 914	22 538 278 141	27 787 976 180	35 431 968 541
2%	7 174 900 768	12 933 214 974	16 512 275 681	18 670 455 978	20 685 341 350
4%	5 908 595 013	9 813 693 650	11 459 741 150	12 132 869 173	12 483 835 350

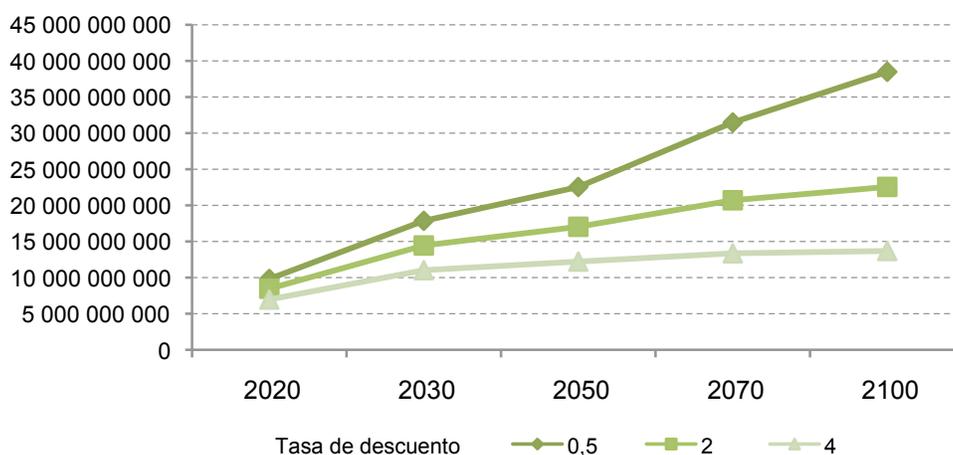
Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO IV.5**  
**COSTO DE LOS IMPACTOS ACUMULADOS DE LAS INUNDACIONES EN EL LITORAL**  
**(RÍOS PARANÁ Y URUGUAY), EN AMBOS ESCENARIOS**  
*(En dólares de 2005)*



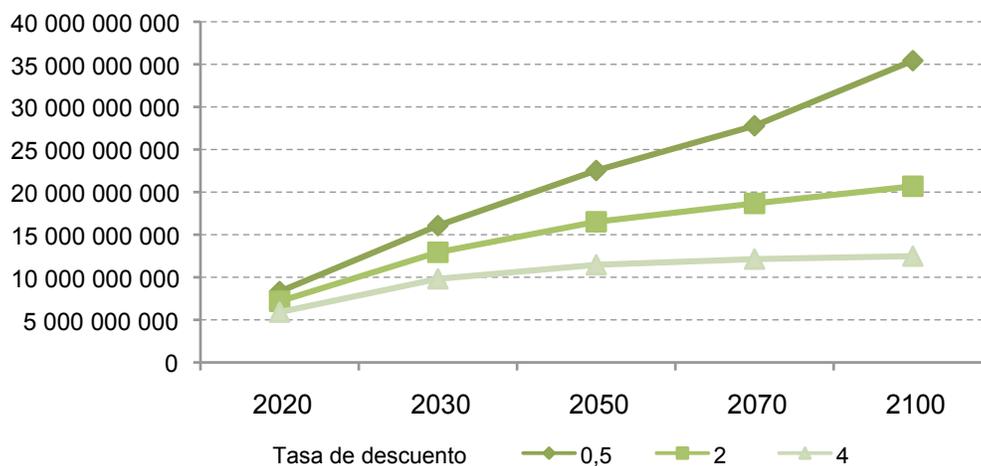
Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO IV.6**  
**COSTO DE LOS IMPACTOS ACUMULADOS DE LAS INUNDACIONES EN EL LITORAL**  
**(RÍOS PARANÁ Y URUGUAY), ESCENARIO A2**  
*(En dólares de 2005)*



Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO IV.7**  
**COSTO DE LOS IMPACTOS ACUMULADOS DE LAS INUNDACIONES EN EL LITORAL**  
**(RÍOS PARANÁ Y URUGUAY), ESCENARIO B2**  
*(En dólares de 2005)*



Fuente: Elaboración propia.

La influencia de la tasa de descuento utilizada en los cálculos anteriores queda en evidencia cuando se observa que en el caso del escenario A2 el valor no descontado y acumulado hasta el año 2100 supera en más de un 350% el descontado a una tasa del 4% y en un 124,6% el descontado a una tasa del 0,5%. Las cifras correspondientes al escenario B2 son muy similares (354,5% y 124,9%, respectivamente).

Hay un solo caso en el que el valor acumulado en el contexto del escenario B2 es superior al del escenario A2: el del valor no descontado y acumulada hasta el año 2050. Esto se debe a los supuestos sobre la oportunidad en que se producen los episodios de inundaciones y la magnitud de estas. Sin

embargo, cuando se aplican tasas de descuento distintas del 0%, el valor acumulado de los impactos de las inundaciones de acuerdo al escenario A2 vuelve a superar al derivado del escenario B2, debido a que, de acuerdo al segundo de estos escenarios hay impactos que se registran en un período más alejado del presente, en el intervalo 2030-2050. Pese a esto, no se observan diferencias muy significativas entre ambos escenarios al final del período analizado.

### 3. Impactos previstos en términos de vulnerabilidad ante el aumento del nivel del mar en las zonas costeras del río de la Plata

En los escenarios climáticos desarrollados por el INPE para el estudio regional no se incluyen previsiones sobre el aumento del nivel del mar que permitan analizar los escenarios de inundaciones del río de la Plata. Por lo tanto, se utilizaron algunos resultados del proyecto sobre la influencia del cambio climático en las zonas costeras del río de la Plata financiado con fondos del proyecto del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) y el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) “Evaluaciones de impacto y adaptación al cambio climático” *Assessment of Impacts and Adaptation to Climate Change (AIACC)*. Como parte de este se elaboraron mapas de las inundaciones recurrentes previstas en escenarios que, en principio, corresponden a los períodos 2030-2040 y 2070-2080, pero que podrían aplicarse a períodos más cercanos si se confirmara la existencia de un proceso más acelerado de aumento del nivel del mar que los valores medios estimados por el IPCC y dados a conocer en su tercer y cuarto informes<sup>73</sup>.

Las dimensiones y la conformación del Río de Plata, junto con su escasa pendiente, de apenas 0,01m/km, favorecen la propagación desde el océano hacia el interior, tanto de las mareas astronómicas y de tormenta como de las aguas del mar en sus niveles medios.

**MAPA IV.4**  
**ESTUARIO DEL RÍO DE LA PLATA**



Fuente: Proyecto “Evaluaciones de impacto y adaptación al cambio climático” (2005).

<sup>73</sup> IPCC (2001) e IPCC (2007)

En el último siglo, el aumento del nivel medio del río de la Plata en el puerto de Buenos Aires fue de 17 cm. Este ascenso fue muy similar al registrado más al sur, es decir, fuera del estuario, y está dentro de los valores medios observados en la mayoría de las costas del planeta.

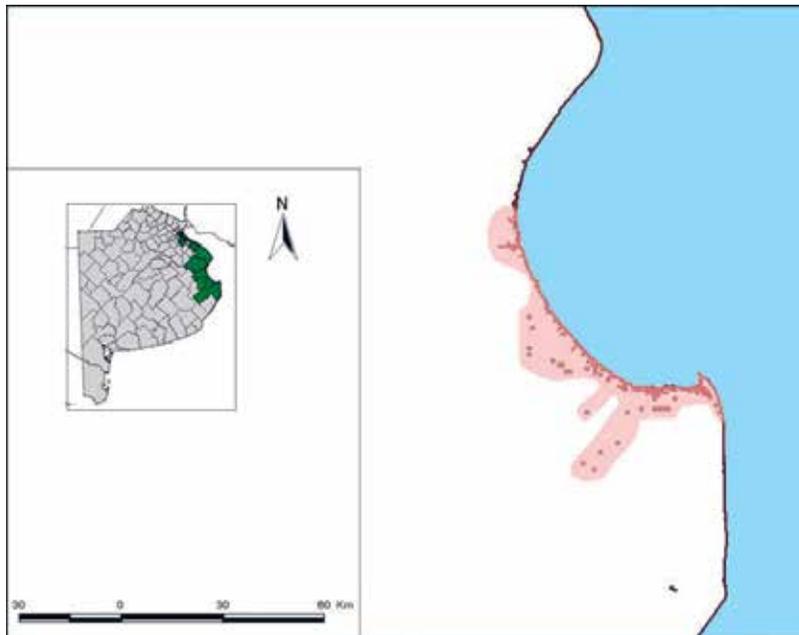
Los vientos muy fuertes del sudeste empujan las aguas hacia el interior del Río de Plata, donde alcanzan niveles muy altos, especialmente cuando coinciden con intensas mareas astronómicas. Estos episodios, que en las regiones afectadas se conocen como “sudestadas”, provocan inundaciones recurrentes en las costas bajas de la ribera argentina, cuya duración fluctúa entre unas pocas horas y dos o tres días.

Los escenarios desarrollados en el marco del proyecto “Evaluaciones de impacto y adaptación al cambio climático” (AIACC) corresponden al escenario climático A2 y las décadas de 2030 y 2070. En ambos casos, el aumento previsto del nivel medio del río de la Plata superaría en aproximadamente 5 cm el nivel medio mundial del mar, debido a la rotación regional de los vientos hacia el este que se ha venido produciendo en los últimos años.

El área de la costa argentina del río de Plata expuesta a riesgo de inundación permanente es muy reducida en el presente siglo y se limita a una estrecha franja costera en el sur de la Bahía de Samborombón (véase el mapa IV.5), en la que, además del bajo nivel de la costa, las características del suelo facilitarían la erosión, acelerando el proceso de inundación permanente. No obstante, en un escenario demográfico tendencial y siempre que la infraestructura actual no varíe, si el nivel medio del mar aumentara 0,4 m, se estima que el riesgo de inundación en un período de 100 años afectaría a unos 1,7 millones de personas.

#### MAPA IV.5

#### BAHÍA DE SAMBOROMBÓN - RÍO DE LA PLATA: ÁREA DE POSIBLE INUNDACIÓN<sup>a</sup>



**Fuente:** Elaboración propia sobre la base del informe final del proyecto “Evaluaciones de impacto y adaptación al cambio climático” (2005).

<sup>a</sup>En rojo, área de inundación permanente hacia el año 2070. En rosa, área que podría inundarse parcialmente.

Otra de las zonas expuestas al riesgo de inundaciones es el frente del delta del Paraná, que viene registrando un continuo avance desde hace por lo menos 200 años y puede llegar a convertirse en un área vulnerable si llegara a poblarse en el futuro.

El mayor impacto del aumento del nivel del río de la Plata obedecerá a la expansión territorial de las áreas sometidas a inundaciones recurrentes debido a las “sudestadas”. En caso de que no se adopten medidas estructurales y sociales, la mayor acentuación de la vulnerabilidad social a estas inundaciones se registraría en gran parte de las zonas norte y sur del área metropolitana de Buenos Aires, principalmente en las márgenes de los ríos Reconquista y Matanza-Riachuelo, tributarios del río de la Plata. El aumento del nivel medio del río de la Plata también puede tener efectos negativos en la infraestructura de ciertos componentes de la red de servicios públicos (desagües cloacales; las centrales térmicas productoras de energía eléctrica ubicadas en la costa, que deberían afrontar el aumento del costo de sus insumos; parte de los servicios de transporte; la distribución de energía eléctrica, y las redes vial y ferroviaria del área costera, entre otros). Todos los componentes de la infraestructura edilicia, incluidas las viviendas, estarían expuestos al riesgo de inundaciones, que se espera se repitan cada 100 años, en una superficie de unos 25 km<sup>2</sup>.

En vista del riesgo creciente de inundaciones provocadas por el cambio climático, convendría regular el uso de las áreas costeras, entre otras cosas mediante una zonificación que desaliente la construcción de viviendas en los puntos más vulnerables de la costa y la definición de zonas donde los riesgos de inundación se aborden implementando o manteniendo medidas pasivas de defensa contra inundaciones, tales como alerta temprana y ordenamiento territorial.

Para la valorización económica de los impactos previstos del cambio climático en la costa del río de la Plata se utilizó información incluida en la SCN (Gobierno de la República Argentina, 2007) y el estudio sobre el tema realizado en el marco del proyecto “Evaluaciones de impacto y adaptación al cambio climático” (Barros V., 2005). En ambos estudios, principalmente en el primero, se evalúan los perjuicios económicos atribuibles a la inundación de la infraestructura de servicios públicos y de la infraestructura edilicia de las zonas urbanas industriales y residenciales más importantes del Gran Buenos Aires, desde la localidad del Tigre hasta Berazategui, tanto en la actualidad como en el futuro<sup>74</sup>.

En el estudio de la situación futura se consideraron dos casos: i) el mantenimiento de la infraestructura sin modificar la original y ii) la situación que se daría si se produjera una expansión de la infraestructura del 0,50%, 1,00% y 1,50% en diversos períodos (véase el cuadro IV.13).

---

<sup>74</sup> Dado que en el territorio argentino el río de la Plata se extiende desde la confluencia de los ríos Uruguay y Paraná hasta la Punta Rasa del Cabo San Antonio (Bahía de Samborombón), los valores calculados deben interpretarse como mínimos, ya que en el cálculo de los impactos no se toman en consideración los daños que puede sufrir la infraestructura existente en el tramo comprendido entre el partido de Berazategui y la Bahía de Samborombón.

**CUADRO IV.13**  
**DAÑO MEDIO ANUAL EN CASO DE EXPANSIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA,**  
**ESCENARIO A2**

Escenario A2 (impacto moderado)	En metros	En dólares de 2005	Tasa de descuento		
			0,50%	1,00%	1,50%
Actual	0,00	24 000 000	-	-	-
2030	0,10	37 000 000	42 000 000	48 000 000	55 000 000
2070	0,27	61 000 000	85 000 000	118 000 000	163 000 000
2100	0,39	78 000 000	126 000 000	204 000 000	327 000 000
Escenario A2 (impacto severo)			0,50%	1,00%	1,50%
Actual	0,00	24 000 000	-	-	-
2030	0,18	49 000 000	56 000 000	63 000 000	72 000 000
2070	0,48	90 000 000	125 000 000	174 000 000	241 000 000
2100	0,70	191 000 000	308 000 000	496 000 000	798 000 000

**Fuente:** Gobierno de la República Argentina (2007).

En el cuadro IV.14 se muestra el costo del daño acumulado de la infraestructura en condiciones constantes en los años de corte, en dólares correspondientes al año 2005<sup>75</sup>. Además, en los gráficos IV.8 y IV.9 se ilustra la evolución del costo acumulado de los impactos previstos del aumento del nivel del mar en el estuario del río de la Plata, considerando exclusivamente el daño que podría sufrir la infraestructura en condiciones constantes. Se prevé que en el año 2100 el daño acumulado ascendería a 4.646,4 millones de dólares de 2005.

Como se puede apreciar, la tasa de descuento influye considerablemente en el cálculo del valor económico; de hecho, si no se aplica una tasa de descuento, los costos acumulados hasta 2100 son casi un 500% más altos que los calculados a una tasa del 4%. También debe tenerse presente que la mayor parte de los impactos significativos se producen en el futuro más distante, por lo que la diferencia entre los valores no descontados y descontados va aumentando significativamente con el transcurso del tiempo.

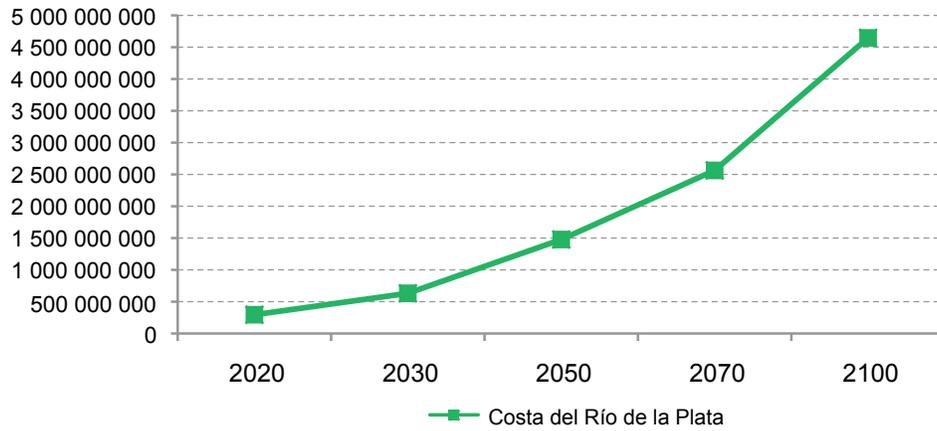
**CUADRO IV.14**  
**DAÑO ACUMULADO EN LA INFRAESTRUCTURA POR LOS IMPACTOS PREVISTOS**  
**DEL AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR EN EL ESTUARIO DEL RÍO DE LA PLATA**  
*(En dólares de 2005)*

Tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
0%	294 861 617	631 173 883	1 477 144 365	2 563 368 042	4 646 442 173
0,5%	287 325 029	598 372 565	1 323 760 374	2 166 732 225	3 593 136 133
2%	266 445 288	513 394 289	975 038 821	1 373 942 752	1 842 205 694
4%	242 161 756	425 157 281	683 296 706	834 566 288	946 032 711

**Fuente:** Elaboración propia.

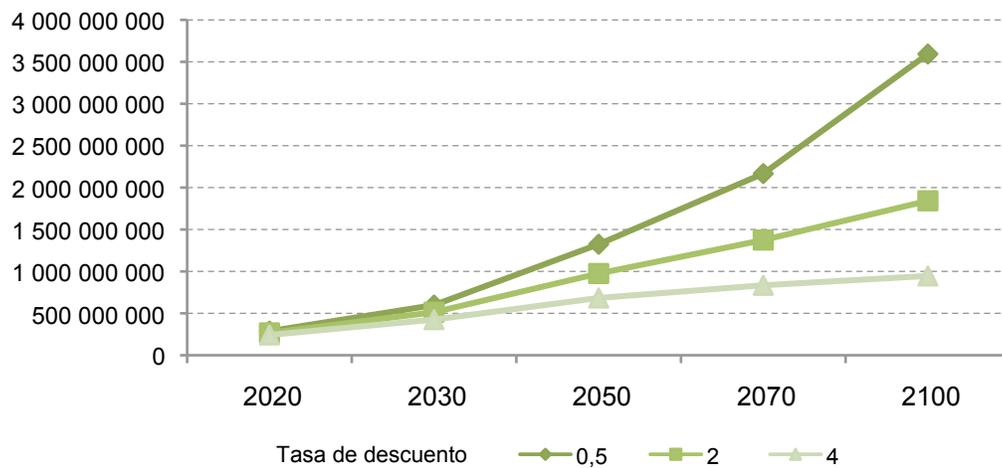
<sup>75</sup> Información basada en los efectos económicos de la inundaciones en los servicios públicos y la infraestructura edilicia de las zonas urbanas, tanto industriales como residenciales, más importantes del Gran Buenos Aires, desde el Tigre hasta Berazategui, en distintos periodos.

**GRÁFICO IV.8**  
**DAÑO ACUMULADO EN LA INFRAESTRUCTURA POR LOS IMPACTOS PREVISTOS**  
**DEL AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR EN EL ESTUARIO DEL RÍO DE LA PLATA,**  
**ESCENARIOS A2 Y B2, A UNA TASA DE DESCUENTO DEL 0%**  
*(En dólares de 2005)*



Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO IV.9**  
**DAÑO ACUMULADO EN LA INFRAESTRUCTURA POR LOS IMPACTOS PREVISTOS**  
**EL AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR EN EL ESTUARIO DEL RÍO DE LA PLATA,**  
**ESCENARIOS A2 Y B2, A DISTINTAS TASAS DE DESCUENTO**  
*(En dólares de 2005)*



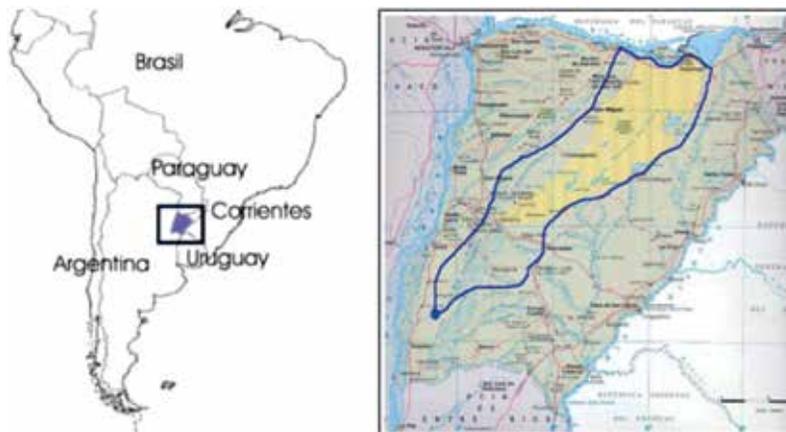
Fuente: Elaboración propia.

#### 4. Impactos previstos en el sistema de los Esteros del Iberá y vulnerabilidad de los recursos hídricos

Los Esteros del Iberá abarcan un área de más de 15.000 km<sup>2</sup> (véase el mapa IV.6), y son uno de los humedales más grandes del mundo y un ecosistema subtropical de gran diversidad, además de ser la reserva protegida más extensa de la Argentina. La dificultad de acceso al humedal y su extensión han facilitado su conservación; dada su singularidad y su notable biodiversidad, en 2002 este se convirtió en un área protegida por la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional, conocida en forma abreviada como Convenio de Ramsar, por considerársela un “humedal de importancia internacional”. Su clima es subtropical húmedo y su temperatura media anual es de 21°C a 22°C; el verano es muy húmedo, con máximas que a veces superan los 40°C. El humedal registra precipitaciones anuales que fluctúan entre 1.200 y 1.800 mm/año. Tanto la frecuencia como el total mensual son superiores en el verano y el otoño, y no hay una estación seca aunque, en promedio, los meses más secos son junio y julio. La precipitación media anual de las décadas más recientes ha aumentado progresivamente, pero en los últimos años se han registrado algunos períodos secos, que se han traducido en una considerable disminución del nivel hídrico del sistema.

La principal fuente de alimentación de la región del Iberá son las lluvias estacionales y actualmente se encuentra aislada del régimen de pulsos del río Paraná, a pesar de su cercanía. Los dos escenarios desarrollados a partir de la aplicación de los modelos PRECIS y VIC apuntan a un leve aumento de la humedad en comparación con la última década del siglo XX, una intensificación del escurrimiento medio anual a lo largo del siglo XXI y un aumento del nivel de los cuerpos de agua que conforman el sistema del Iberá. Esto es válido tanto para el escenario A2 como para el B2 y obedece a la intensificación de las precipitaciones, que compensan y superan la mayor evaporación derivada del aumento de la temperatura. Después de un período más húmedo que el actual, que se producirá en la siguiente década, transcurrirán entre 50 a 60 años en que las condiciones hídricas se mantendrán muy similares a las actuales, a continuación de lo cual se iniciará un período de mayor riqueza hídrica a fines del siglo. En la mayoría de los casos, el aumento solo se observará entre los meses de febrero y junio, mientras que en el resto del año solo se registrarán mínimos cambios respecto de la última década del siglo XX.

**MAPA IV.6**  
**UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS ESTEROS DEL IBERÁ**



**Fuente:** Elaboración propia.

En el cuadro IV.15 se presentan los caudales estimados del río Corrientes, que dependen del nivel de las aguas del Iberá.

El análisis realizado con un solo modelo climático, el modelo PRECIS, no permite descartar la posibilidad de que se produzcan cambios que conduzcan a un estrés hídrico en el sistema del Iberá, debido a la acentuada alza de la temperatura regional prevista en las proyecciones basadas en prácticamente todos los modelos climáticos mundiales. En cuanto a las precipitaciones, la aplicación de estos modelos muestra escasas coincidencias cuantitativas e incluso hay divergencias en lo que respecta al signo de los cambios en la región del Iberá. De acuerdo con el análisis de sensibilidad realizado como parte del presente estudio, en los casos en que se prevé un leve aumento e incluso una reducción de las precipitaciones es muy probable que se produzca un estrés hídrico unido a una disminución de las erogaciones hídricas de por lo menos un 20%, como reflejo del descenso del nivel de las aguas. Por ello, y con el fin de acotar la incertidumbre, es recomendable que este estudio se repita usando un conjunto de escenarios climáticos elaborados con varios modelos regionales para el desarrollo del modelo hidrológico.

**CUADRO IV.15**  
**CAUDAL MENSUAL MEDIO DEL RÍO CORRIENTES, SEGÚN AMBOS ESCENARIOS**

Período	Caudales medios mensuales (m <sup>3</sup> /s)	
1990 – 1999 (ejecución de control)	469	
	ESCENARIO A2	ESCENARIO B2
2016 – 2025	702	625
2026 – 2035	583	569
2046 - 2055	548	547
2066 – 2075	650	502
2091 – 2100	659	728

**Fuente:** Elaboración propia.

## 5. Impactos previstos y vulnerabilidad de los recursos hídricos de los principales ríos de la región del Comahue

En los principales sistemas hídricos del Comahue se han construido importantes obras hidráulicas con fines múltiples, que incluyen la protección de las crecidas, la provisión de agua a las ciudades, el aprovechamiento de aguas para riego y la generación de energía. Aplicando un modelo de regresión lineal, se evaluaron los efectos que podrían tener las posibles variaciones de la precipitación en el caudal medio anual de las cuencas de los ríos Neuquén y Limay. Las cuencas analizadas son las correspondientes a los ríos Neuquén en Paso de los Indios (30.843 km<sup>2</sup>) y Limay en el Paso Limay (26.400 km<sup>2</sup>), y el área total considerada es de 57.243 km<sup>2</sup> (véase el mapa IV.7).

El régimen de alimentación de las cuencas es pluvionival y en toda la región se registra un máximo muy acentuado de precipitaciones en el período de invierno. El hidrograma anual de los ríos Neuquén y Limay muestra dos puntos máximos, que corresponden a las precipitaciones de junio a agosto y al derretimiento de las nieves de octubre a diciembre.

A partir de las variaciones de la precipitación proyectadas sobre la base de los escenarios seleccionados, se estimaron los caudales medios anuales de los ríos Neuquén y Limay. Los resultados indican que dichos caudales se reducirían en los cuatro períodos analizados: 2020 (punto medio entre

los años 2005 y 2035), 2030 (punto medio entre los años 2015 y 2045), 2050 (punto medio entre los años 2035 y 2065) y 2070 (punto medio entre los años 2055 y 2085).

Según el escenario A2, el descenso porcentual del caudal medio anual del Río Neuquén sería de un 11,6% en 2020, un 18,6% en 2030, un 27,5% en 2050 y un 35,5% en 2070. Según el escenario B2, las disminuciones pertinentes serían del 5,7%, el 10,7%, el 16,3% y el 23,6%, respectivamente.

**MAPA IV.7**  
**CUENCAS DE LOS RÍOS NEUQUÉN Y LIMAY<sup>a</sup>**



**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>a</sup>En el mapa se indican los puntos considerados en la aplicación del modelo PRECIS.

Los caudales estimados del río Limay en los períodos considerados muestran una menor reducción porcentual del caudal medio anual que en el río Neuquén e indican un descenso del 8,0% en 2020, del 12,8% en 2030, del 16,4% en 2050 y del 21,9% en 2070, según el escenario A2. En cambio, según el escenario B2 los descensos serían del 5,7%, el 12,3%, el 11,8% y el 16,7%.

Para la valorización monetaria de los impactos previstos del cambio climático en la región del Comahue, se consideraron las pérdidas de ingreso de las centrales hidroeléctricas situadas en los ríos de la zona, como consecuencia directa del descenso previsto de los caudales que pueden utilizarse para la generación de electricidad<sup>76</sup>. En el cuadro IV.16 se presentan la potencia instalada y la generación media anual de cada central<sup>77</sup>.

<sup>76</sup> En este caso no se tomaron en consideración los costos de la generación adicional de electricidad necesaria para cubrir la disminución provocada por los menores caudales y atender la demanda, por considerarse que serían costos de adaptación al cambio climático. Los costos de la generación adicional podrían estar dados por los costos de construcción y operación de las centrales térmicas a gas natural y de ciclo combinado, método establecido como modelo de generación de electricidad en el escenario de referencia, que se requerirían para compensar el déficit de electricidad.

<sup>77</sup> Solo se tomó en cuenta la disminución de la generación hidroeléctrica atribuible al descenso proporcional de los caudales. Sin embargo, en algunos casos los caudales deben alcanzar un nivel mínimo crítico para que las turbinas puedan funcionar. En este ejemplo, se supuso que es posible garantizar esos niveles críticos mínimos para que todas las turbinas puedan funcionar, independientemente de que produzcan menos energía como consecuencia de los menores caudales disponibles.

**CUADRO IV.16**  
**CARACTERÍSTICAS DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS UBICADAS**  
**EN LOS RÍOS LIMAY Y NEUQUÉN**

	Central	Potencia instalada	Generación media anual	Precio medio, año 2005 (en pesos por GWh)	Total
Río Limay	Alicurá	1 000	2 360	46 460	109 645 600
	Piedra del Águila	1 400	5 000	46 460	232 300 000
	Arroyito	120	560	46 460	26 017 600
	El Chocón	1 200	3 350	46 460	155 641 000
	Banderita	450	1 550	46 460	72 013 000
Río Neuquén	Pichi Picún Leufú	260	1 080	46 460	50 176 800

**Fuente:** Gobierno de la República Argentina (2007).

En el cuadro IV.17 se presentan los caudales actuales y previstos de los ríos estudiados, correspondientes a ambos escenarios. Como se observa, se prevé una marcada tendencia decreciente, superior de acuerdo al escenario A2, que se prolongaría hasta el final del período considerado.

**CUADRO IV.17**  
**CAUDAL DE LOS RÍOS DE LA REGIÓN DEL COMAHUE**  
*(En m<sup>3</sup>/s)*

Escenario A2	Actuales	2020	2030	2050	2070
Río Neuquén	302,2	267	246	219	195
Río Limay	689	634	601	576	538
Escenario B2					
Río Neuquén	302,2	285	270	253	231
Río Limay	689	650	604	608	574

**Fuente:** Elaboración propia.

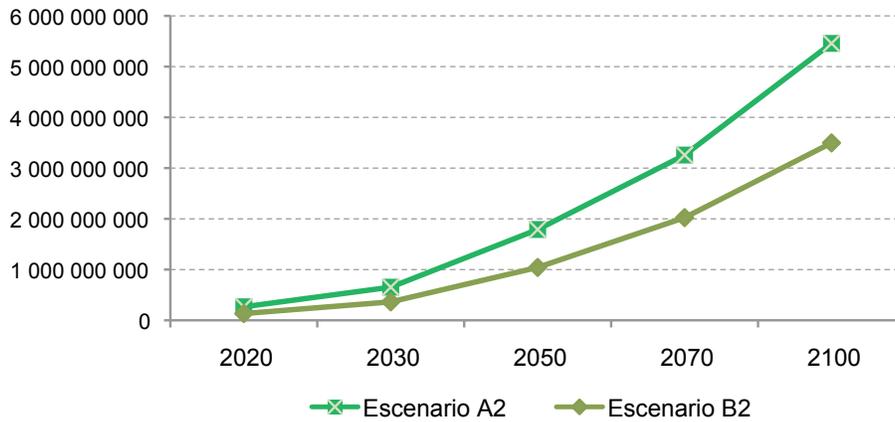
Sobre la base de esta información, se realizó una interpolación lineal de los caudales calculados para los años de corte<sup>78</sup>. La reducción observada de los caudales da origen a una baja de la generación de energía que se multiplicó por el precio medio de generación derivado del cuadro IV.16. El valor resultante se expresó en dólares del año 2005, aplicando el tipo de cambio medio de ese año (3,03 pesos por dólar). Los resultados se acumularon año a año y se les aplicaron las tasas de descuento correspondientes. Así, teniendo en cuenta el descenso de la generación de energía hidroeléctrica de las centrales ubicadas en el Río Neuquén (Pichi Picún Leufú) y el Río Limay (Alicurá, Piedra del Águila, Arroyito, El Chocón y Banderita), se determinó el valor monetario de esta variación.

En los cuadros IV.18 y IV.19 y los gráficos IV.10 y IV.11 se presentan los costos acumulados de la pérdida de generación de energía hidroeléctrica como consecuencia de la disminución de los caudales en ambos ríos<sup>79</sup>. El total acumulado y no descontado hasta el año 2100 asciende a 5.925 millones de dólares de acuerdo al escenario A2, mientras que el escenario B2 arroja un total de 3.472 millones.

<sup>78</sup> Se adoptó este procedimiento a fin de reflejar la paulatina disminución de los caudales y evitar variaciones muy pronunciadas de los costos entre los años de corte, lo que habría influido en el valor monetario calculado.

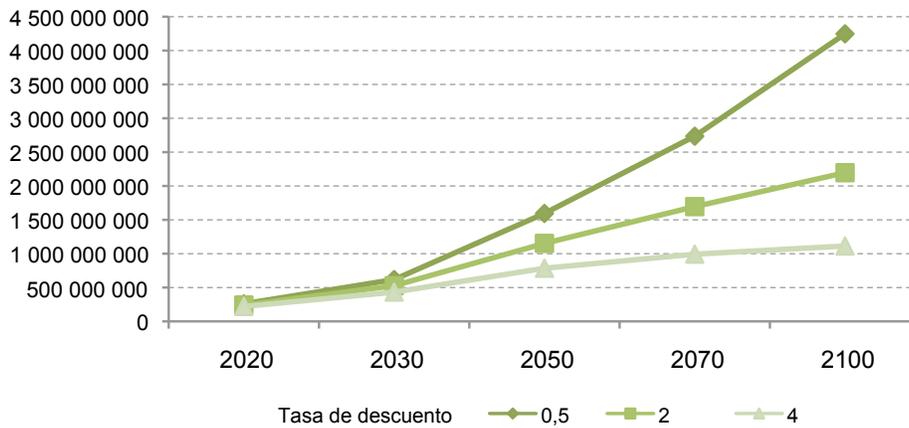
<sup>79</sup> Como se indicó anteriormente, se calcularon los valores monetarios en pesos del año 2005 de la energía eléctrica no generada y a esos valores se les aplicó el valor del tipo de cambio promedio del año 2005 (3,03 pesos por dólar).

**GRÁFICO IV.10**  
**DESCENSO ACUMULADO DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA HIDROELÉCTRICA**  
**EN LA REGIÓN DEL COMAHUE, ESCENARIOS A2 Y B2,**  
**A UNA TASA DE DESCUENTO DEL 0%**  
*(En dólares de 2005)*



Fuente: Elaboración propia.

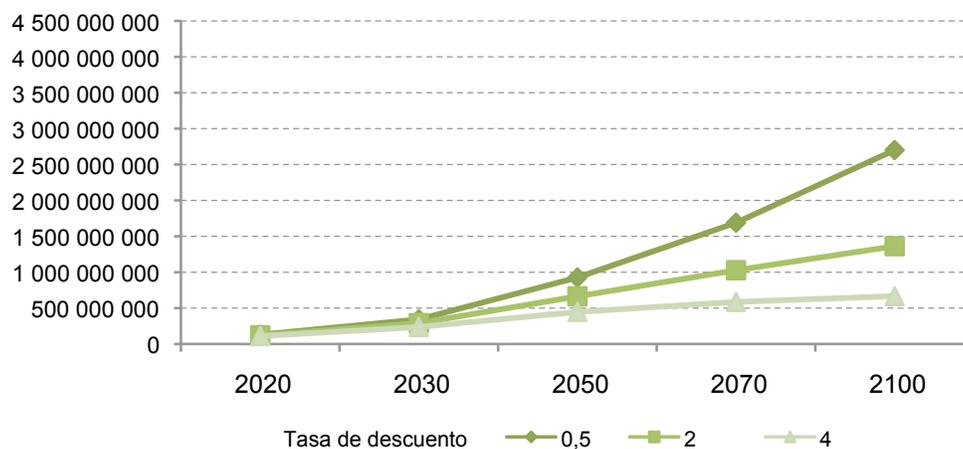
**GRÁFICO IV.11**  
**DESCENSO ACUMULADO DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA HIDROELÉCTRICA**  
**EN LA REGIÓN DEL COMAHUE, ESCENARIO A2**  
*(En dólares de 2005)*



Fuente: Elaboración propia.

Como era previsible, estos valores son mucho menores cuando se aplican tasas de descuento más altas, aunque se observa una marcada diferencia entre los dos escenarios. En efecto, como se deduce de la información presentada, la pérdida económica acumulada en el año horizonte (2100) es de un 52% a un 66% mayor en el escenario A2, lo que depende de la tasa de descuento utilizada. Mientras más alta es la tasa utilizada, mayor es la diferencia, pero esta se va reduciendo con el paso del tiempo, ya que en el año 2020 las pérdidas económicas previstas en el escenario A2 corresponden al doble de las contempladas en el escenario B2.

**GRÁFICO IV.12**  
**DESCENSO ACUMULADO DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA HIDROELÉCTRICA**  
**EN LA REGIÓN DEL COMAHUE, ESCENARIO B2**  
*(En dólares de 2005)*



Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO IV.18**  
**PÉRDIDAS ECONÓMICAS ACUMULADAS POR ESTRÉS HÍDRICO**  
**EN LA REGIÓN DEL COMAHUE, ESCENARIO A2**  
*(En dólares de 2005)*

Tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
0%	136 615 581	460 898 819	1 431 475 727	2 747 468 558	5 294 522 495
0,5%	131 962 193	431 603 674	1 262 984 750	2 284 265 817	4 028 228 505
2%	119 160 512	356 389 455	883 861 564	1 367 129 558	1 939 467 312
4%	104 458 522	279 603 006	573 347 757	756 596 342	892 771 883

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO IV.19**  
**PÉRDIDAS ECONÓMICAS ACUMULADAS POR ESTRÉS HÍDRICO**  
**EN LA REGIÓN DEL COMAHUE, ESCENARIO B2**  
*(En dólares de 2005)*

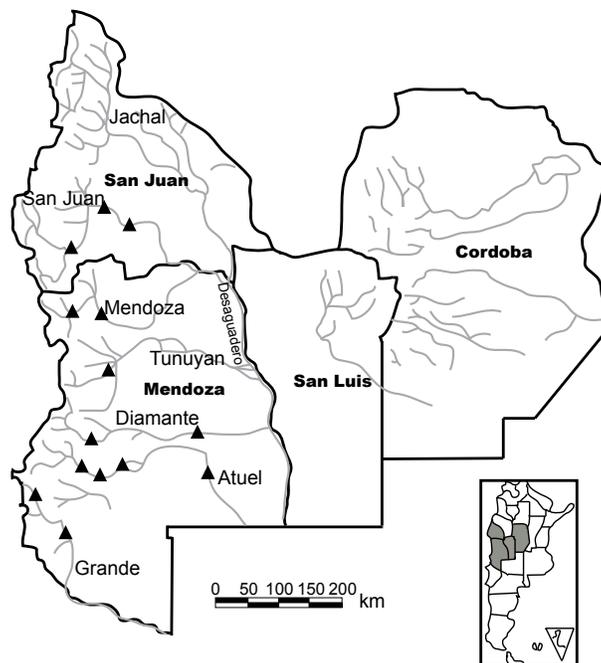
Tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
0%	68 305 645	251 592 771	831 021 361	1 674 219 729	3 472 264 158
0,5%	65 972 855	235 229 667	731 540 471	1 385 323 253	2 615 130 814
2%	59 556 050	193 315 353	508 166 488	816 709 373	1 219 026 661
4%	52 188 367	150 704 816	326 018 399	442 603 211	537 929 798

Fuente: Elaboración propia.

## 6. Impactos previstos y vulnerabilidad de los recursos hídricos de los principales ríos de la Provincia de Mendoza y evolución de los glaciares cordilleranos

Para estimar la oferta hídrica futura de los ríos cuyanos se utilizó la variable “precipitación mensual” derivada de las ejecuciones del modelo PRECIS proporcionadas por el INPE. Los datos del modelo se corrigieron en función de los índices de precipitación y de temperatura, y se desarrollaron las series temporales de precipitación mensual, que posteriormente se redujeron a precipitación total anual, precipitación total en verano (enero a abril) y precipitación en invierno (mayo a septiembre). También se estudiaron las relaciones existentes en cada cuenca entre nieve y caudal, nieve y precipitación, y caudal medido (período 1961- 1990) y precipitación anual estimada sobre la base del modelo. A partir de esas relaciones se estimaron los caudales correspondientes al período 1991-2100 y los promedios de las décadas de corte, junto con los porcentajes de aumento o disminución de los caudales. Estas operaciones se repitieron para los dos escenarios climáticos.

**MAPA IV.8**  
**CUENCAS HÍDROGRÁFICAS DE LA REGIÓN DE CUYO Y ESTACIONES DE AFORO EN FUNCIONAMIENTO**



Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO IV.20**  
**CAUDALES ESTIMADOS DE LOS RÍOS DE LA REGIÓN DE CUYO, ESCENARIO A2**  
*(En m<sup>3</sup>/s)*

	Valores medios anuales											
	1961-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020	2021-2030	2031-2040	2041-2051	2051-2060	2061-2070	2071-2080	2081-2090	2091-2100
Jachal	9,43	9,68	9,59	9,50	9,41	9,33	9,24	9,15	9,06	8,98	8,89	8,80
San Juan	60,07	60,60	59,44	58,29	57,13	55,98	54,82	53,67	52,51	51,36	50,20	49,05
Mendoza	47,18	47,54	46,74	45,95	45,16	44,36	43,57	42,78	41,99	41,19	40,40	39,61
Tunuyán	29,81	29,83	29,52	29,20	28,89	28,58	28,27	27,96	27,64	27,33	27,02	26,71
Diamante	36,60	36,54	36,06	35,58	35,10	34,62	34,14	33,66	33,17	32,69	32,21	31,73
Atuel	36,50	36,20	35,66	35,13	34,59	34,05	33,51	32,98	32,44	31,90	31,36	30,83
Total	219,59	220,38	217,01	213,65	210,28	206,91	203,55	200,18	196,82	193,45	190,09	186,72

**Fuente:** Elaboración propia.

Los valores medios anuales estimados que se presentan en el cuadro anterior ofrecen una clara imagen de las variaciones prevista en las décadas indicadas. El total consignado corresponde a la oferta hídrica total de los ríos de la región de Cuyo.

**CUADRO IV.21**  
**CAUDALES ESTIMADOS DE LOS RÍOS DE LA REGIÓN DE CUYO, ESCENARIO B2**  
*(En m<sup>3</sup>/s)*

	Valores medios anuales											
	1961-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020	2021-2030	2031-2040	2041-2051	2051-2060	2061-2070	2071-2080	2081-2090	2091-2100
Jachal	9,43	9,67	9,67	9,67	9,66	9,66	9,65	9,65	9,64	9,64	9,64	9,63
San Juan	60,07	61,05	60,62	60,18	59,74	59,30	58,86	58,42	57,99	57,55	57,11	56,67
Mendoza	47,18	47,73	47,44	47,16	46,88	46,60	46,31	46,03	45,75	45,46	45,18	44,90
Tunuyán	29,81	30,26	30,19	30,11	30,04	29,97	29,90	29,82	29,75	29,68	29,60	29,53
Diamante	36,60	36,99	36,81	36,63	36,45	36,28	36,10	35,92	35,74	35,56	35,39	35,21
Atuel	36,50	35,04	34,86	34,68	34,50	34,32	34,13	33,95	33,77	33,59	33,41	33,23
Total	219,59	220,74	219,59	218,43	217,27	216,11	214,96	213,80	212,64	211,48	210,33	209,17

**Fuente:** Elaboración propia.

Según el escenario B2, la reducción de la oferta hídrica es del orden de 10 m<sup>3</sup>/s en toda la región, lo que probablemente no supera la variabilidad natural del sistema. En el escenario A2, en cambio, la reducción de toda la oferta hídrica regional es de 33 m<sup>3</sup>/seg, cifra que triplica la del escenario B2 y equivale al caudal de ríos como el Tunuyan, el Diamante o el Atuel. Es importante destacar que estos dos últimos, junto al San Juan y al Mendoza, son las fuentes más importantes de agua para consumo humano, regadío y generación de electricidad en la región de Cuyo.

## 7. Impactos previstos y vulnerabilidad de los recursos hídricos en la Provincia de Mendoza

A diferencia de lo realizado con respecto a otros sectores, regiones y sistemas, para la valorización monetaria de los impactos previstos del cambio climático y las posibles medidas de adaptación de la oferta y la demanda de agua de los principales recursos hídricos de la región de Cuyo se contó con un estudio específico<sup>80</sup>. Los resultados de ese estudio indican que los impactos del cambio climático no son homogéneos en todas las áreas de la región; estas son: i) la cuenca norte de Mendoza (principalmente el río Mendoza y la sección inferior del río Tunuyán), ii) la cuenca central de Mendoza (sección superior del río Tunuyán o Valle de Uco), iii) la cuenca sur de Mendoza (ríos Diamante y Atuel) y iv) la cuenca del río San Juan.

Se determinó en términos preliminares el valor social del agua de las principales cuencas hidrográficas de Mendoza y San Juan, a partir de la determinación de la oferta y la demanda agregadas de agua a largo plazo en cada una de ellas. El propósito de este ejercicio era realizar estimaciones preliminares de los impactos económicos del cambio climático específicamente atribuibles a la modificación del ciclo hidrológico.

La oferta de agua a largo plazo está determinada por el costo social de la puesta en uso de una unidad adicional del recurso (costo marginal a largo plazo), que se reduce como consecuencia del cambio climático en los derrames de los ríos cuyanos. El alza de la demanda debido al aumento de la población y los demás factores que compiten por la asignación del agua a diversos usos alternativos conducen a la explotación y el posible agotamiento de las fuentes superficiales y, posteriormente, de las aguas subterráneas, lo que finalmente lleva a la sobreexplotación de este recurso. Esta trae aparejadas dos externalidades: i) la reducción del nivel piezométrico y ii) procesos de intrusión salina. Por consiguiente, en último término el valor del agua está determinado por el sistema socio-hidrogeológico y se subdivide en los siguientes componentes: i) el costo de los equipos de bombeo, ii) el costo de operación y mantenimiento de los sistemas de bombeo, iii) la externalidad volumétrica y iv) la externalidad por salinización. Este modelo conceptual se aplicó a las cuencas norte, central y sur de Mendoza, y a la cuenca del río San Juan.

La demanda total de recursos hídricos corresponde a la sumatoria de las demandas sectoriales, cuyos principales componentes son: i) la demanda doméstica; ii) la demanda de agua para regadío; iii) la demanda industrial, en la que se incluyen las actividades mineras; iv) la demanda del sector público, y v) la demanda ambiental. A su vez, la oferta de agua está compuesta por i) la oferta superficial y ii) la oferta proveniente de aguas subterráneas, cuyo aprovechamiento implica incurrir en costos de desarrollo de la infraestructura de captación, tratamiento y distribución. La curva de la oferta indica el costo de producción de una unidad adicional del recurso para ponerla en uso, es decir, el precio que tendría que pagar la sociedad para hacerlo.

La cuenca norte de Mendoza es la que presenta condiciones más críticas en la región de Cuyo, pues literalmente carece de recursos superficiales o subterráneos no explotados. Incluso según el escenario más conservador, según el cual lo único que aumenta es el consumo humano debido al crecimiento de la población, los costos marginales van incrementándose a lo largo de todos los años de corte seleccionados hasta el año 2100. Dada la variación de los caudales de los ríos Mendoza y Tunuyán prevista en los escenarios climáticos A2 y B2, los resultados indican que se producirá una sobreexplotación de las aguas subterráneas incluso en las condiciones más moderadas. En todos los casos los costos ascienden a niveles imposibles de afrontar para los productores en el caso de uso

---

<sup>80</sup> El Informe de Llop, A. se basa en las conclusiones del estudio de J. Boninsegna “Evaluación de los impactos esperados y vulnerabilidad al cambio climático de los recursos hídricos de los principales ríos de Mendoza y determinación de la evolución de los glaciares cordilleranos en la República Argentina”.

exclusivo del agua subterránea. La medida más adecuada para mitigar la escasez de agua sería el aumento de la eficiencia del uso del agua para riego.

En la cuenca central de Mendoza, el Valle de Uco, que es una de las más pródigas de la región por su disponibilidad de agua y la calidad de esta y que además tiene un alto valor agroecológico y paisajístico, solo bajo las condiciones más favorables del escenario A2 se observa un tenue aumento del valor del agua en el año 2100.

La cuenca sur, alimentada por los ríos Diamante y Atuel, también presenta un excedente de agua, pero el del río Atuel no puede utilizarse en la provincia, debido a acuerdos suscritos con La Pampa. En esta cuenca el agua subterránea tiene muy poco uso y no se observa ningún déficit que pueda conducir a un alza del valor del agua hasta el año 2100.

La cuenca del Río San Juan también muestra grandes excedentes de agua superficial, pero no sucede lo mismo con el agua subterránea, que estaría mucho más explotada. Si los distintos usos del agua se mantienen constantes, con la excepción del aumento del caudal destinado a agua potable en respuesta al crecimiento de la población, no se prevé una situación de escasez hasta el año 2100. El comportamiento de esta cuenca es muy parecido al de las cuencas del centro y sur de la Provincia de Mendoza.

Por lo tanto, para determinar el valor monetario de los impactos previstos del cambio climático en toda la cuenca de los ríos de Mendoza y San Juan en todo el período considerado en el estudio y de acuerdo a ambos escenarios (A2 y B2), se utilizó el costo social del agua calculado en el informe sectorial respectivo.

En los cuadros IV.22 y IV.23 y los gráficos IV.13 a IV.15 se presentan los valores acumulados hasta el año 2100 del costo social del agua de las cuencas hidrográficas de las provincias de Mendoza y San Juan, de acuerdo a ambos escenarios. Si se aplica una tasa de descuento del 0%, en el caso del escenario A2 (el más desfavorable desde el punto de vista de la disponibilidad del recurso, sobre todo en la cuenca norte de Mendoza), el valor acumulado hasta el año 2100 asciende a 15.811 millones de dólares del año 2005. Por su parte, el valor de la mayor escasez del recurso hídrico previsto en el escenario B2 es inferior a la mitad del previsto en el escenario A2, y asciende a 4.878 millones de dólares del año 2005.

**CUADRO IV.22**  
**EVOLUCIÓN DEL COSTO SOCIAL ACUMULADO DEL AGUA DE LOS RÍOS**  
**DE LA REGIÓN DE CUYO, ESCENARIO A2**  
*(En dólares de 2005)*

Cuenca de Mendoza y San Juan					
Tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
0%	6 675 908	157 440 850	1 390 803 811	4 855 055 209	15 810 752 970
0,5%	6 351 111	145 164 233	1 192 280 043	3 869 856 830	11 324 689 718
2%	5 476 569	114 211 162	760 983 836	2 012 772 799	4 414 287 490
4%	4 510 004	83 663 243	431 224 027	898 416 229	1 456 201 729

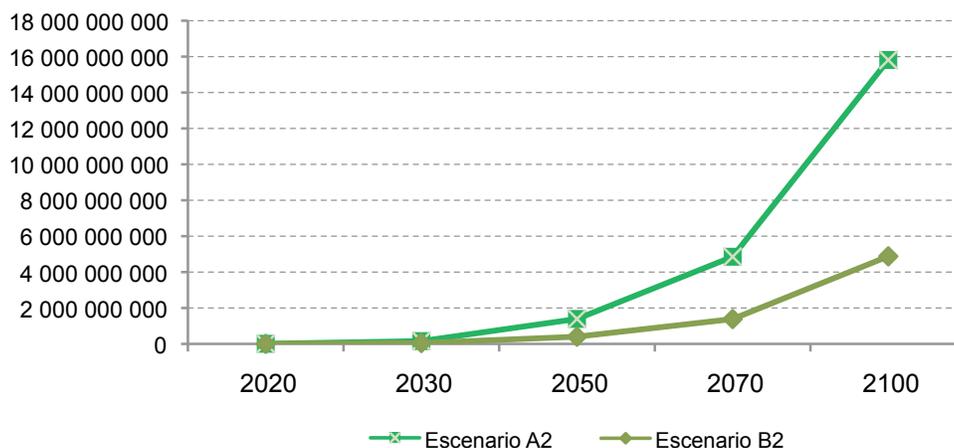
**Fuente:** Elaboración propia.

**CUADRO IV.23**  
**EVOLUCIÓN DEL COSTO SOCIAL ACUMULADO DEL AGUA DE LOS RÍOS**  
**DE LA REGIÓN DE CUYO, ESCENARIO B2**  
*(En dólares de 2005)*

Cuenca de Mendoza y San Juan					
Tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
0%	2 054 125	48 672 033	401 584 585	1 383 831 431	4 877 694 736
0,5%	1 954 188	44 875 272	344 778 632	1 103 599 652	3 476 468 272
2%	1 685 098	35 303 037	221 077 936	575 308 263	1 335 305 944
4%	1 387 694	25 857 068	126 078 030	258 024 455	433 199 753

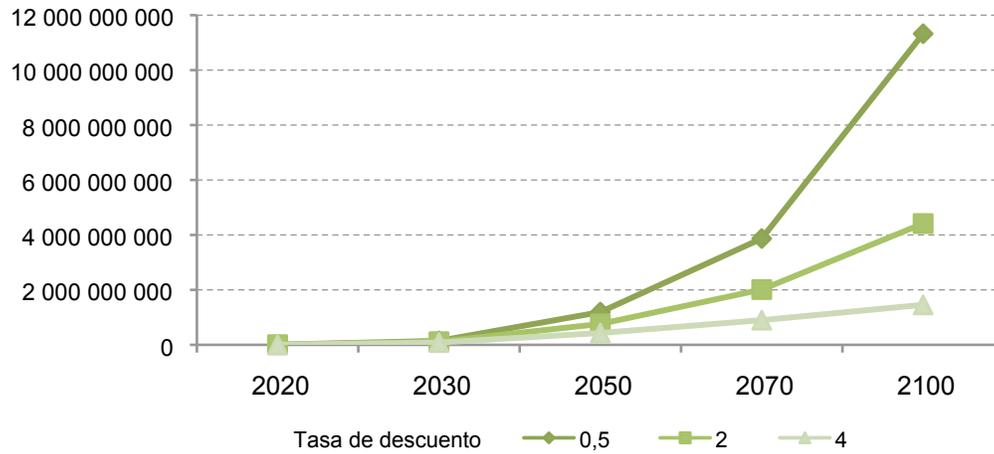
Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO IV.13**  
**EVOLUCIÓN DEL COSTO SOCIAL ACUMULADO DEL AGUA DE LOS RÍOS DE LA**  
**REGIÓN DE CUYO, ESCENARIOS A2 Y B2, A UNA TASA DE DESCUENTO DEL 0%**  
*(En dólares de 2005)*



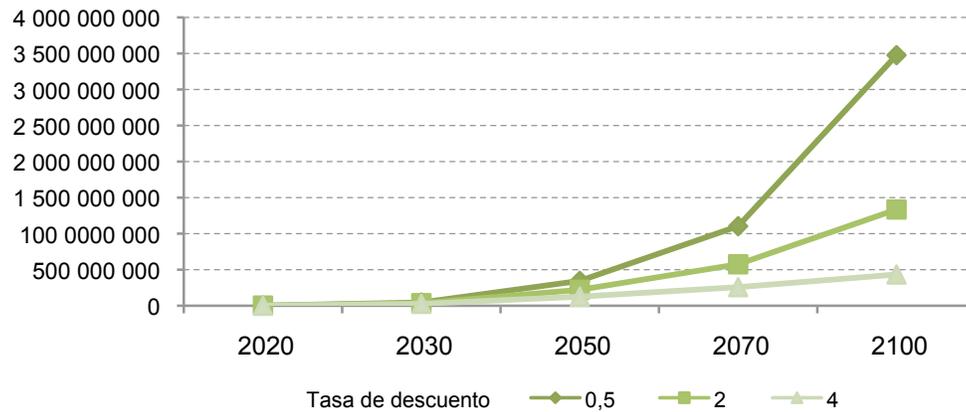
Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO IV.14**  
**EVOLUCIÓN DEL COSTO SOCIAL ACUMULADO DEL AGUA DE LOS RÍOS**  
**DE LA REGIÓN DE CUYO, ESCENARIO A2, A TASAS DE DESCUENTO DEL 0,5%,**  
**EL 2% Y EL 4%**  
*(En dólares de 2005)*



Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO IV.15**  
**EVOLUCIÓN DEL COSTO SOCIAL ACUMULADO DEL AGUA DE LOS RÍOS**  
**DE LA REGIÓN DE CUYO, ESCENARIO B2, A TASAS DE DESCUENTO DEL 0,5%,**  
**EL 2% Y EL 4%**  
*(En dólares de 2005)*



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa claramente en los cuadros y gráficos anteriores, hay una diferencia notable entre el costo social del agua previsto en los escenarios A2 y B2. Si bien en el primero de ellos era de esperar un mayor estrés hídrico, la magnitud de la diferencia es muy significativa, dado que el valor contemplado en el escenario A2 es más del triple del calculado en el escenario B2. Por consiguiente, los costos acumulados hasta el año 2100 según el escenario A2 superan en un 224% a un 236% los del escenario B2, lo que depende de la tasa de descuento utilizada; cuanto más alta es la tasa de descuento, mayor es la diferencia.

Es notable la disminución de la diferencia entre ambos escenarios y de acuerdo a todas las tasas de descuento utilizadas entre los años 2020 y 2030; a partir de entonces, esta comienza a acentuarse hasta el año 2070 y luego vuelve a descender en 2100. Este comportamiento está relacionado con una situación observada en todos los estudios de los caudales y la disponibilidad de recursos hídricos y obedece a los datos suministrados por el INPE, especialmente las extrapolaciones realizadas para calcular los datos climáticos correspondientes a los años de corte intermedios. Estos datos muestran una intensificación del estrés hídrico, fundamentalmente en el período 2030-2070. Por el contrario, tanto la situación climática actual como la del final del período se caracterizan por condiciones más húmedas. También se observa una sensibilidad muy alta a la tasa de descuento utilizada para calcular el costo social actual del agua. De hecho, mientras en el año 2020 el costo social acumulado del agua, calculado conforme a una tasa de descuento del 4% anual, representa el 67,56% del valor no descontado en dólares constantes del año 2005 según ambos escenarios, el valor acumulado hasta el año 2100, al que se aplica la misma tasa de descuento anual solo representa el 8,88% del total previsto en el escenario B2 y el 9,21% del total contemplado en el escenario A2. Si la tasa de descuento utilizada es del 0,5% anual, los valores mencionados se reducen del 95,13% del valor no descontado del año 2020 según ambos escenarios al 71,27% del valor acumulado no descontado en el año 2100, según el escenario A2, y al 71,63% en el escenario B2.

## 8. Resumen de los impactos previstos y la vulnerabilidad de los recursos hídricos al cambio climático

Tomando como punto de partida la información presentada en los puntos anteriores sobre los impactos del cambio climático y los eventos extremos en los recursos hídricos (caudal de los ríos de las regiones del Comahue, Cuyo y el litoral; vulnerabilidad de la costa del Río de la Plata, e impactos de las inundaciones en el litoral), se elaboraron los cuadros IV.24 y IV.25, en los que se resumen los resultados de la valorización monetaria. El valor acumulado hasta el año 2100 y calculado con una tasa de descuento del 0% asciende a 78.078 millones de dólares de 2005 según el escenario A2 y a 61.619 millones de dólares según el escenario B2.

**CUADRO IV.24**  
**RESUMEN DEL COSTO ECONÓMICO DE LOS IMPACTOS ACUMULADOS EN LOS**  
**RECURSOS HÍDRICOS, ESCENARIO A2**  
*(En dólares de 2005)*

Tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
0%	10 796 950 394	20 623 895 423	30 011 594 212	49 046 883 053	78 077 975 768
0,5%	10 281 249 942	19 192 651 685	27 008 670 939	41 351 334 594	60 670 733 071
2%	8 891 727 907	15 558 754 783	20 114 512 953	26 330 135 710	32 170 135 751
4%	7 354 034 121	11 915 751 946	14 186 484 585	16 288 090 551	17 545 476 203

**Fuente:** Elaboración propia.

**CUADRO IV.25**  
**RESUMEN DEL COSTO ECONÓMICO DE LOS IMPACTOS ACUMULADOS**  
**EN LOS RECURSOS HÍDRICOS, ESCENARIO B2**  
*(En dólares de 2005)*

Tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
0%	9 160 558 675	18 404 536 558	28 702 278 620	39 814 986 446	61 618 957 197
0,5%	8 723 469 229	17 102 842 295	25 623 646 569	33 997 080 721	48 348 312 349
2%	7 545 750 221	13 806 844 935	18 677 029 107	22 306 276 262	26 500 261 285
4%	6 242 424 101	10 518 651 562	12 878 025 339	14 105 482 406	14 968 240 707

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se observa en los cuadros anteriores, según el escenario A2 el valor acumulado de los impactos en los recursos hídricos hasta el año 2100 es de un 17,2% a un 27% mayor que en el escenario B2, dependiendo de la tasa de descuento escogida; cuanto más alta es la tasa utilizada, mayor es la diferencia. Esta es del orden del 18% al principio de la serie y se reduce a un mínimo en torno al año 2050, a partir del cual comienza a aumentar nuevamente en un proceso ascendente que se prolonga hasta el año 2100.

Los impactos del cambio climático van aumentando progresivamente, pero la influencia de la tasa de descuento es siempre muy marcada. En el escenario A2, los valores acumulados hasta el año 2100 y no descontados, es decir calculados a una tasa de descuento del 0%, prácticamente cuadruplican los calculados a una tasa de descuento del 4% y superan en más de un 28% los calculados a una tasa del 0,5%. En el caso del escenario B2 sucede algo similar: la diferencia entre los valores acumulados hasta el año 2100 aplicando una tasa del 0% prácticamente son algo más de cuatro veces mayores que los calculados a una tasa del 4% y superan en más de un 27% los calculados a una tasa del 0,5%.

## B. Sector agropecuario: impacto del cambio climático en la producción, el rendimiento, la degradación del suelo, las plagas y las enfermedades

La región considerada en el estudio abarca la mayor parte de la zona apta para cultivos extensivos de la Argentina (25° a 39° de latitud sur y 60° a 65° de longitud oeste). La actividad agrícola consiste esencialmente en cultivos de secano con uso intensivo de tecnología y de insumos. Las anomalías del clima, especialmente las relacionadas con las lluvias, suelen ser la principal causa de las variaciones interanuales de la productividad. La región comprende las principales zonas productoras de trigo, maíz y soja, que aportan el 99% de la producción nacional de trigo y el 97% de la producción de maíz y soja. La soja es la principal especie cultivada, puesto que su siembra abarca 16.000 hectáreas; en un segundo y tercer lugar figuran el trigo (5.700 hectáreas) y el maíz (4.000 hectáreas).

**MAPA IV.9**  
**UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA CONSIDERADA EN EL ESTUDIO DE LOS**  
**IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA**



**Fuente:** Elaboración propia.

Para evaluar los impactos del clima futuro en la producción agrícola se utilizaron los escenarios climáticos regionales proporcionados por el INPE para el período 1961-2100 y, debido a la incertidumbre con respecto a las proyecciones para períodos anteriores a 2070, también se consideraron los del modelo de circulación general HadCM3.

Los resultados obtenidos con las proyecciones basadas en el modelo climático regional (PRECIS) ejecutado por el INPE indican que en el año 2080, y considerando el efecto de la mayor concentración atmosférica de CO<sub>2</sub>, el impacto medio sería positivo. La soja sería el cultivo más beneficiado y se prevé que se registrarían leves incrementos de la producción de trigo y maíz. En cambio, si no se tomaran en cuenta los efectos del CO<sub>2</sub>, el impacto sería negativo en el caso de los tres cultivos (véase el cuadro IV.26).

Como se observa en el mapa IV.10, los resultados revelan grandes diferencias espaciales. Si se considera el efecto del CO<sub>2</sub>, hay áreas en las que el comportamiento de los cultivos muestra cierta consistencia. En general, las zonas más beneficiadas para la producción de los tres cultivos considerados se ubican al sur y al oeste de la región pampeana. En el noroeste, en cambio, se prevé un aumento de la producción de trigo y soja y una notable disminución de la producción de maíz. En cambio, la zona central norte de la región pampeana se vería afectada por una reducción del rendimiento de los cultivos de soja y trigo. En el cuadro IV.26 se presentan los resultados de los cálculos correspondientes al sur de la región, es decir, a la Provincia de Buenos Aires y el este de la Provincia de La Pampa. Dadas las proyecciones basadas en el modelo HadCM3 para los años 2020 y 2050 y en el modelo PRECIS ejecutado por el INPE para el año 2080, las cifras presentadas en el cuadro revelan una escasa modificación del rendimiento del trigo en el año 2020 y leves incrementos en el 2050 y el 2080. En cambio, los cultivos de verano (el maíz y especialmente la soja) se verían más favorecidos por el cambio climático.

**CUADRO IV.26**  
**VARIACIONES PORCENTUALES MEDIAS PREVISTAS DEL RENDIMIENTO DE**  
**ALGUNOS CULTIVOS: COMPARACIÓN DEL AÑO 2080 Y EL PERÍODO 1961-1990**

Cultivo	Considerando el efecto del CO <sub>2</sub>		Sin considerar el efecto del CO <sub>2</sub>	
	A2-2080	B2-2080	A2-2080	B2-2080
Trigo	3	3	-16	-11
Maíz	1	0	-24	-15
Soja	14	19	-25	-14

**Fuente:** Elaboración propia

**CUADRO IV.27**  
**VARIACIONES PORCENTUALES MEDIAS PREVISTAS DEL RENDIMIENTO**  
**DE ALGUNOS CULTIVOS<sup>a,b</sup>**

Cultivo	HadCM3		PRECIS
	2020	2050	2080
Trigo	-1	6	7
Maíz	8	11	10
Soja	27	45	43

**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>a</sup>Sobre la base de las proyecciones realizadas con el modelo HadCM3 (2020 y 2050) y el modelo PRECIS (2080).

<sup>b</sup>Sobre la base del escenario de emisiones A2, considerando el efecto de las mayores concentraciones de CO<sub>2</sub>.

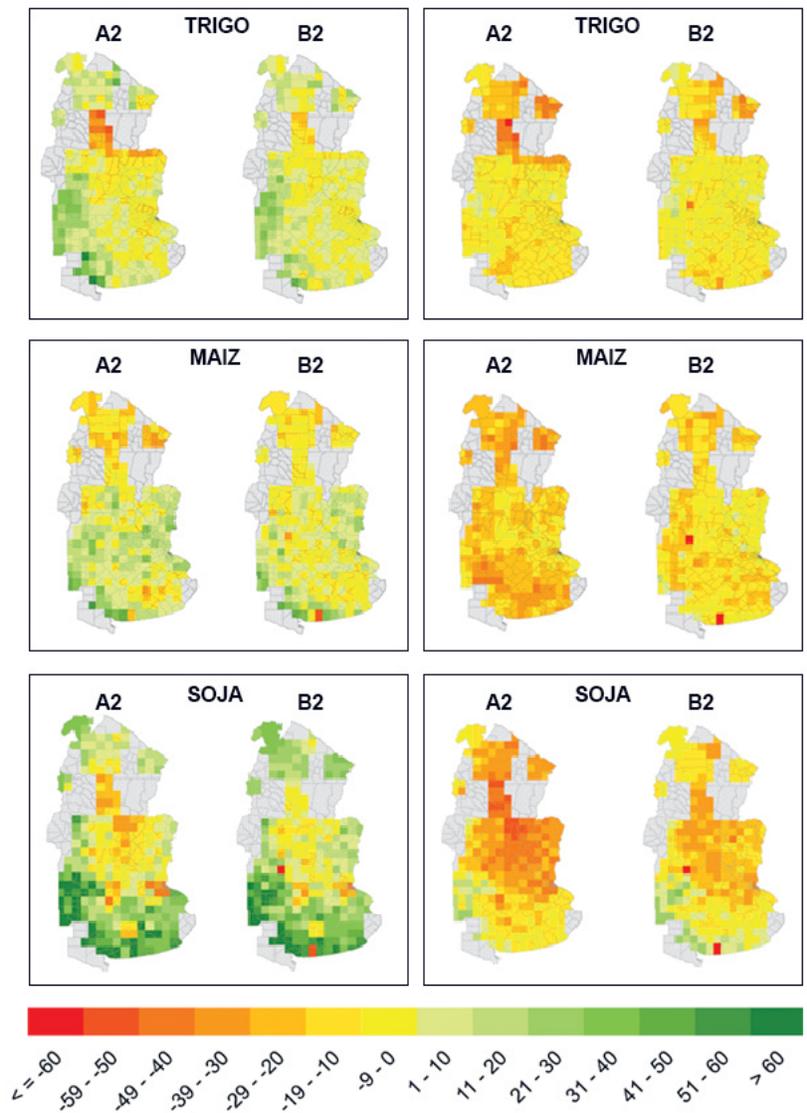
No se prevé un gran impacto en el balance hídrico de estos cultivos a fines del siglo XXI, debido a una compensación atribuible en parte al uso más eficiente del agua como consecuencia del incremento del CO<sub>2</sub> y, también en parte, a la reducción del ciclo de cultivos como consecuencia del alza de las temperaturas. Por lo tanto, tanto el déficit como el superávit de agua a lo largo del ciclo serían similares a los actuales.

Si bien las condiciones climáticas proyectadas para el resto del siglo podrían elevar la producción de cereales y oleaginosas en la Argentina, los sistemas intensivos de producción y la ocupación de zonas más marginales podrían afectar seriamente las condiciones físicoquímicas de los suelos. De acuerdo a otras conclusiones de este estudio, el monocultivo de soja provocaría mayores pérdidas de carbono y nitrógeno orgánicos que la rotación con gramíneas. A fines del siglo y al cabo de 30 años de monocultivo, el carbono del suelo mostraría una reducción cercana al 30% en la región pampeana y un 45% en la Provincia de Salta, mientras que la inclusión de trigo o maíz en la rotación contribuiría a una reducción de las pérdidas de un 6% a un 8 %.

En lo que respecta a las incidencias de enfermedades, los resultados preliminares indican que en el año 2080 se darían las siguientes condiciones: i) un leve incremento de la fusariosis del trigo en el sur de la región (10%) y una disminución de hasta un 20% en el norte, ii) un aumento del número de años en los que se produciría un ataque severo del vector del Mal de Río Cuarto (MRDV) en los cultivos de maíz en toda el área endémica y, en particular, en el norte de esta, que superaría el 30%, y iii) un incremento de las enfermedades de fin de ciclo que afectan a los cultivos de soja en el oeste (Córdoba), zona en que el número de años en los que se registre una infección severa podría aumentar

más de un 60%. Hacia fines de siglo no se esperan cambios significativos de la demanda de agua, pero la frecuencia de las plagas podría aumentar, especialmente en los cultivos de verano, lo que obligaría a tomar medidas para evitar una baja de la producción.

**MAPA IV.10**  
**VARIACIÓN PORCENTUAL DEL RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS DE MAÍZ,**  
**TRIGO Y SOJA EN 2080<sup>a b</sup>**



**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>a</sup>Las imágenes corresponden a los escenarios A2 y B2.

<sup>b</sup>En las imágenes de la izquierda se considera el efecto del CO<sub>2</sub>; en las de la derecha no se considera ese factor.

Según estos resultados y considerando el efecto positivo del CO<sub>2</sub>, el clima futuro no afectará severamente la producción de los principales cultivos de la Argentina. En general, las áreas sur y oeste de la región pampeana y el noroeste serían las zonas más favorecidas, especialmente en lo que respecta

al cultivo de soja y, en menor grado, al de trigo. Dado que la degradación del suelo resultante de los sistemas de producción sería mayor que la debida a los posibles efectos del cambio climático, y teniendo en cuenta que las condiciones futuras serían más favorables para el cultivo de soja, se debería prestar especial atención a los métodos de producción y evitar el monocultivo, sobre todo en áreas marginales.

Para la valorización económica de los impactos del cambio climático en este sector se consideró el aumento de la productividad, del que se descontó el incremento de la demanda de nutrientes, por lo que se consideraron tanto la variación prevista de la producción (en toneladas) de cada uno de los cultivos estudiados (trigo, maíz y soja) como los requerimientos de nutrientes de cada cultivo. En lo concerniente a la valorización de las variaciones de la productividad de los cultivos, se tomaron en cuenta las dos situaciones estudiadas: i) la variación de la producción calculada en toneladas, suponiendo que tanto las hectáreas sembradas como la proporción de cultivos se mantengan estables y ii) la variación de la productividad (en toneladas) en caso de que se concrete el aumento proyectado de la superficie sembrada (en hectáreas), a lo que se sumaría el cambio de la proporción representada por cada cultivo.

En el cuadro IV.28 se presentan los impactos en el rendimiento correspondientes a la primera de las dos situaciones contempladas, de acuerdo con los escenarios A2 y B2.

**CUADRO IV.28**  
**VARIACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS DE TRIGO, MAÍZ Y SOJA**  
**CONSIDERANDO EL EFECTO POSITIVO DEL CO<sub>2</sub>,**  
**ESCENARIOS A2 Y B2<sup>a</sup>**  
*(En toneladas)*

Cultivo	Escenario A2				Escenario B2			
	2000	2020	2050	2080	2000	2020	2050	2080
Trigo	0	-79 800	414 960	478 800	0	95 760	119 700	478 800
Maíz	0	208 000	286 000	260 000	0	5 200	10 400	0
Soja	0	3 942 400	6 585 600	6 272 000	0	3 001 600	5 913 600	8 512 000
Total	0	4 070 600	7 286 560	7 010 800	0	3 102 560	6 043 700	8 990 800

**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>a</sup>Se supone que las hectáreas sembradas permanecen estables, al igual que la proporción de cultivos. Los años de corte son los considerados en el modelo predictivo utilizado en el informe sectorial respectivo. Para el período 2080-2100 se utilizó la tasa de cambio correspondiente al año 2080 para el cálculo de los rendimientos.

En lo que se refiere a la extracción y reposición de nutrientes del suelo, se consideró el requerimiento de nutrientes de cada cultivo consignado en el cuadro IV.29, en tanto que para el cálculo de los costos de reposición de los nutrientes se consideraron los diferentes fertilizantes empleados y sus respectivos precios (véase el cuadro IV.30).

**CUADRO IV.29**  
**EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES POR TONELADA PRODUCIDA**  
**DE ALGUNOS CULTIVOS**

Cultivo	N (kg/ton)	P (kg/ton)	S (kg/ton)
Maíz	15,00	3,00	2,00
Trigo	20,00	4,00	1,00
Soja	60,00	6,75	5,00

**Fuente:** Comunicación personal de los expertos del Sector Agrícola.

**CUADRO IV.30**  
**COSTO DE LOS FERTILIZANTES EMPLEADOS**  
*(En dólares de 2005 por kg por tonelada)*

Cultivo	Fertilizante	Precio
Maíz	Úrea	0,455
Trigo	Fosfato diamónico (PDA)	0,625
Soja	Súper fosfato triple (SFT)	0,650

**Fuente:** Comunicación personal de los expertos del Sector Agrícola.

Para el cálculo de los requerimientos de nutrientes necesarios para compensar su extracción, se supuso la existencia de una relación directa con la producción de cada cultivo. Según este supuesto, cuanto mayor sea el rendimiento mayor será el requerimiento de nutrientes, pero en el caso de una disminución de los rendimientos no habría un requerimiento adicional de nutrientes, por lo que los gastos de reposición necesarios se consideraron iguales a cero. Para el cálculo de los ingresos por mayor rendimiento de los cultivos, se utilizó la media del precio FOB (dólares por tonelada) correspondiente al año 2005, dado a conocer por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Argentina (véase el cuadro IV.31), valor que se aplicó a las toneladas adicionales producidas.

**CUADRO IV.31**  
**PRECIO MEDIO FOB**  
*(En dólares de 2005)*

Cultivo	Precio
Trigo	147,82
Maíz	86,74
Soja	229,76

**Fuente:** Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Argentina.

En el cuadro IV.32 se consignan los resultados en dólares del año 2005 basados en el escenario A2 y en el cuadro IV.33 los correspondientes al escenario B2<sup>81</sup>, conforme a la hipótesis de que tanto el área sembrada como la proporción de cultivos se mantienen estables, a pesar de los cambios climáticos.

#### RECUADRO IV.1

##### CAMBIOS EN LAS NUEVAS CONDICIONES CLIMÁTICAS Y LA SUPERFICIE SEMBRADA

Según una segunda hipótesis se considera la posibilidad de que las nuevas condiciones climáticas permitan ampliar la superficie sembrada hasta mediados de siglo y un cambio de la proporción que representan los cultivos analizados, conforme al cual se reduciría la superficie dedicada a la soja de acuerdo al escenario B2. Esta última opción implicaría considerables aumentos de la producción total (aunque con una tendencia al estancamiento a mediados del siglo) y mayores volúmenes según el mismo escenario. Si bien se efectuó el ejercicio de valorización monetaria de esta hipótesis, este no se incluyó en el presente documento, fundamentalmente por dos motivos: i) las hectáreas dedicadas a la agricultura influyen en la deforestación y la biodiversidad, como también en los escenarios de emisiones y de mitigación en el sector agrícola (y en el ganadero indirectamente, por la disponibilidad de pasturas), por lo que el ajuste de las hectáreas en solo uno de los estudios, dado que el ajuste en todos escapaba al alcance de esta etapa inicial, hubiese generado ciertas inconsistencias en este documento; y ii) la agregación de dos cambios a las variables ampliaba el grado de incertidumbre sobre el resultado final, por lo que se optó por la alternativa más conservadora. No obstante, es importante señalar que los resultados (beneficios) obtenidos bajo el supuesto de que los cambios previstos del clima permitan un aumento de la superficie sembrada y un cambio en la proporción que les corresponde a cada uno de los cultivos son significativamente mayores, en términos de los aumentos de la productividad previstos, tanto en el escenario A2 como en el B2, en los diferentes años de corte y a las diversas tasas de descuento utilizadas. La diferencia entre ambas situaciones es notable, puesto que se da un singular aumento de la producción de los tres cultivos analizados, aun descontando los nutrientes necesarios para conseguirlo. La considerable alza de la producción concuerda con un aumento muy importante de los valores netos acumulados de los ingresos según el supuesto de que se amplían las hectáreas sembradas y cambia la proporción entre los cultivos. En este caso, los valores netos acumulados al año 2100 (medidos en dólares del 2005) son casi siete veces y media superiores a los basados en el supuesto de que las hectáreas y la proporción de los cultivos no varían, según el escenario A2 y utilizando una tasa de descuento del 4%, y más de siete veces y media mayores en la misma situación pero en el escenario B2. Sin embargo, las mayores diferencias entre una situación y otra se encuentran en el escenario B2 a comienzos del período analizado, puesto que el valor del aumento del ingreso neto acumulado hasta el año 2020 en ese escenario, en comparación con la situación de invariabilidad del número de hectáreas y la proporción de cultivos, es casi ocho veces y media superior. En cambio, si se comparan las dos situaciones en los escenarios A2 y B2 (hectáreas y proporción de cultivos estables y cambiantes), en el año 2100 los valores correspondientes al escenario A2 son superiores a los basados en el escenario B2 en todos los años, en ambas situaciones y a diferentes tasas de descuento, con excepción del caso en que las hectáreas y las proporciones de cultivos se mantuvieran estables y a tasas de descuento más bajas (0%; 0,5% y 2%). Esto último se debe al mayor volumen producido según el escenario B2 en caso de que las hectáreas y la proporción de cultivos varíen.

**Fuente:** Elaboración propia

<sup>81</sup> Se presenta el resultado neto del valor acumulado de los aumentos de la productividad de los cultivos, ponderados por los respectivos precios internacionales (que representan un beneficio), una vez deducido el costo atribuible a mayores requerimientos de nutrientes como consecuencia del incremento de la producción. Para la presentación y posterior agregación de los resultados, se consignan los valores netos con signo negativo (a pesar de ser un beneficio), teniendo en cuenta que en los demás sectores se mide el valor de los daños previstos como consecuencia del cambio climático. Así, estos potenciales beneficios aparecen reduciendo los costos que, en general, trae aparejado el cambio de las condiciones climáticas prevalecientes en la actualidad.

Esto implica un aumento de la producción total de los tres cultivos hasta mediados del siglo, según el escenario A2, o hasta fines de este, según el escenario B2. En el gráfico IV.16 se presentan los valores acumulados correspondientes a ambos escenarios, sobre la base del supuesto según el cual la superficie sembrada y la proporción correspondiente a cada cultivo se mantienen estables. Los valores pertinentes se expresan en dólares del año 2005 no descontados e indican que el impacto económico neto (positivo), calculado a una tasa de descuento del 0%, ascendería a 112.128 millones de dólares de 2005 de acuerdo al A2 y a 126.260 millones de dólares, según el escenario B2.

**CUADRO IV.32**  
**COSTO NETO ACUMULADO DEL AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS TRES**  
**CULTIVOS MÁS IMPORTANTES, CONSIDERANDO EL EFECTO POSITIVO DEL CO<sub>2</sub>,**  
**ESCENARIO A2<sup>a</sup>**  
*(En dólares de 2005)*

Tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
0%	-894 470 508	-10 738 093 411	-36 372 083 737	-67 295 893 277	-112 127 849 845
0,5%	-850 952 676	-9 956 762 825	-31 917 336 407	-55 971 285 240	-86 779 921 315
2%	-733 777 361	-7 967 064 465	-21 906 196 550	-33 366 805 039	-43 587 855 007
4%	-604 272 225	-5 968 150 382	-13 736 102 702	-18 120 774 341	-20 586 740 133

**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>a</sup>Se considera el valor por tonelada, y se supone que las hectáreas sembradas y la proporción que representan los distintos cultivos se mantienen estables.

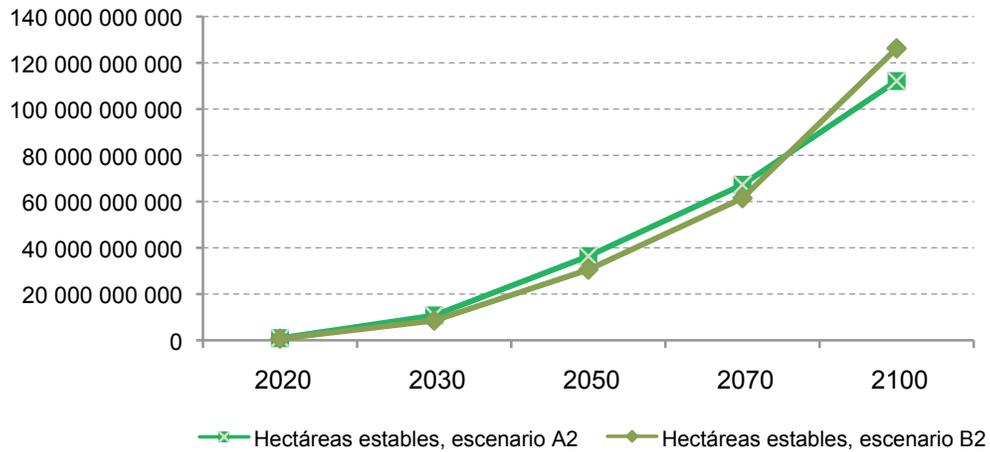
**CUADRO IV.33**  
**COSTO NETO ACUMULADO DEL AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS TRES**  
**CULTIVOS MÁS IMPORTANTES, CONSIDERANDO EL EFECTO POSITIVO DEL CO<sub>2</sub>,**  
**ESCENARIO B2<sup>a</sup>**  
*(En dólares de 2005)*

Tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
0%	-690 837 889	-8 517 337 801	-30 543 582 125	-61 482 565 722	-126 259 971 157
0,5%	-657 227 203	-7 895 576 291	-26 751 473 934	-50 760 803 338	-95 028 238 168
2%	-566 727 688	-6 312 970 800	-18 254 864 180	-29 614 826 375	-44 060 148 445
4%	-466 705 324	-4 724 355 468	-11 359 645 600	-15 666 750 235	-19 078 969 145

**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>a</sup>Se considera el valor por tonelada, y se supone que las hectáreas sembradas y la proporción que representan los distintos cultivos se mantienen estables.

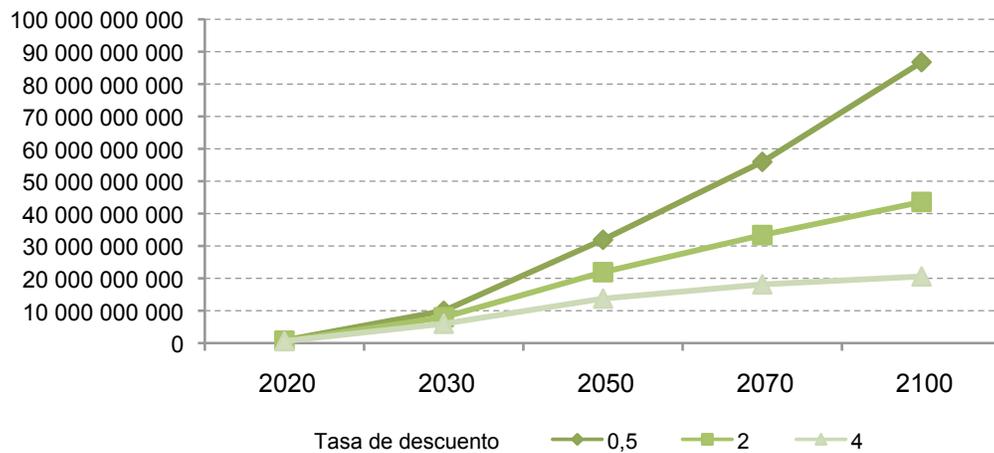
**GRÁFICO IV.16**  
**EVOLUCIÓN DEL COSTO NETO ACUMULADO DEL AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS TRES CULTIVOS MÁS IMPORTANTE, CONSIDERANDO EL EFECTO POSITIVO DEL CO<sub>2</sub>, ESCENARIOS A2 Y B2**  
*(En dólares de 2005)*



**Fuente:** Elaboración propia.

\*Se aplicó una tasa de descuento del 0%. Tanto las hectáreas sembradas como la proporción correspondiente a cada cultivo se mantienen estables.

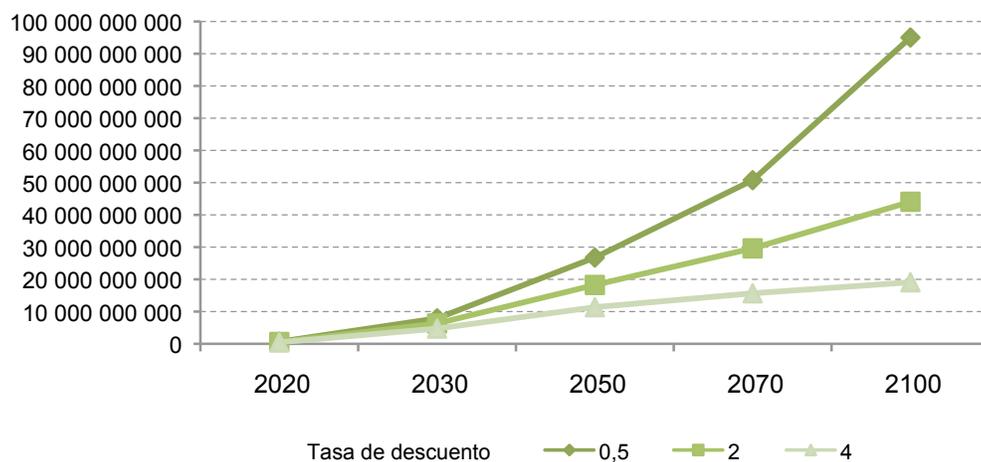
**GRÁFICO IV.17**  
**EVOLUCIÓN DEL COSTO NETO ACUMULADO DEL AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS TRES CULTIVOS MÁS IMPORTANTE, CONSIDERANDO EL EFECTO POSITIVO DEL CO<sub>2</sub>, ESCENARIO A2**  
*(En dólares de 2005)*



**Fuente:** Elaboración propia.

\*Tanto las hectáreas sembradas como la proporción correspondiente a cada cultivo se mantienen estables.

**GRÁFICO IV.18**  
**EVOLUCIÓN DEL COSTO NETO ACUMULADO DEL AUMENTO**  
**DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS TRES CULTIVOS MÁS IMPORTANTE,**  
**CONSIDERANDO EL EFECTO POSITIVO DEL CO<sub>2</sub>, ESCENARIO B2**  
*(En dólares de 2005)*



**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>a</sup>Tanto las hectáreas sembradas como la proporción correspondiente a cada cultivo se mantienen estables.

Dado que el aumento del rendimiento se va acumulando progresivamente, es muy importante tomar en consideración el efecto de la tasa de descuento utilizada en lo que respecta a la determinación del valor de los impactos. En efecto, según el escenario A2 los valores resultantes de la aplicación de una tasa de descuento del 0% en el año 2100 superan en casi cinco veces y media los calculados a una tasa de descuento del 4% y en un 29% los calculados a una tasa del 0,5%. En el escenario B2 los valores no descontados (tasa del 0%) superan en más de seis veces y media los derivados de la aplicación de la tasa de descuento del 4% y en un 33% los calculados a una tasa del 0,5%. Los valores calculados a una tasa del 0,5% cuadruplican los calculados a la tasa del 4% en el escenario A2, mientras que en el escenario B2 los quintuplican.

## 1. Biodiversidad y ecosistemas

Si bien la República Argentina cuenta con una gran variedad de microclimas y ecosistemas naturales de gran riqueza en términos de diversidad biológica, son escasos los estudios de envergadura sobre los impactos que el cambio climático podría tener en ellos.

En el caso particular del estudio de la economía del cambio climático, se realizaron dos subestudios dedicados a áreas consideradas relevantes por diversos motivos: los humedales de los Esteros del Iberá en el noreste del territorio y los bosques del “Chaco seco” en el noroeste del país. La primera de estas áreas presenta una gran riqueza en términos de diversidad biológica de notable magnitud, mientras que la segunda suma a este factor el estar sometida a un proceso sostenido de desmonte con el objetivo primordial de dedicar la zona a actividades agrícolas.

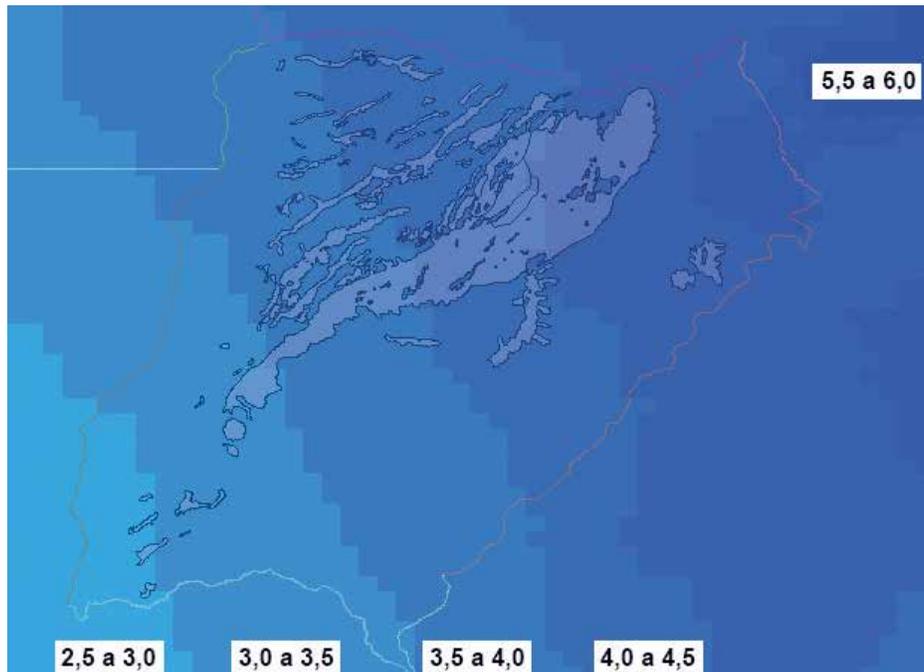
Dado que muchos ecosistemas de gran riqueza y enorme importancia han quedado excluidos del análisis propuesto, las conclusiones del presente estudio relativas a los impactos económicos del cambio climático en los ecosistemas naturales y la diversidad biológica deben interpretarse solamente como una aproximación preliminar al cálculo de su verdadero valor.

### a) Impactos previstos en el ecosistema natural y la biodiversidad de los Esteros del Iberá

El macrosistema de los Esteros del Iberá, ubicado en la Provincia de Corrientes, es un área clave debido a la amplia diversidad biológica de su red de humedales, que se extiende también al sureste del Paraguay (Esteros de Ñeembucú). En conjunto, en este paleoabanico fluvial del Paraná se han registrado 4.000 especies de plantas y animales, lo que equivale al 10% de todas las especies registradas en los ambientes acuáticos continentales de todo el mundo. En esta área de unos 45.000 km<sup>2</sup> (incluido todo el complejo Ñeembucú-Iberá) se encuentran más de 500 especies de algas, 1.654 especies de plantas y 343 especies de aves (30% de las especies de aves del país), lo que la convierte en una región única de la Cuenca del Plata y uno de los humedales más valiosos protegidos por el Convenio de Ramsar.

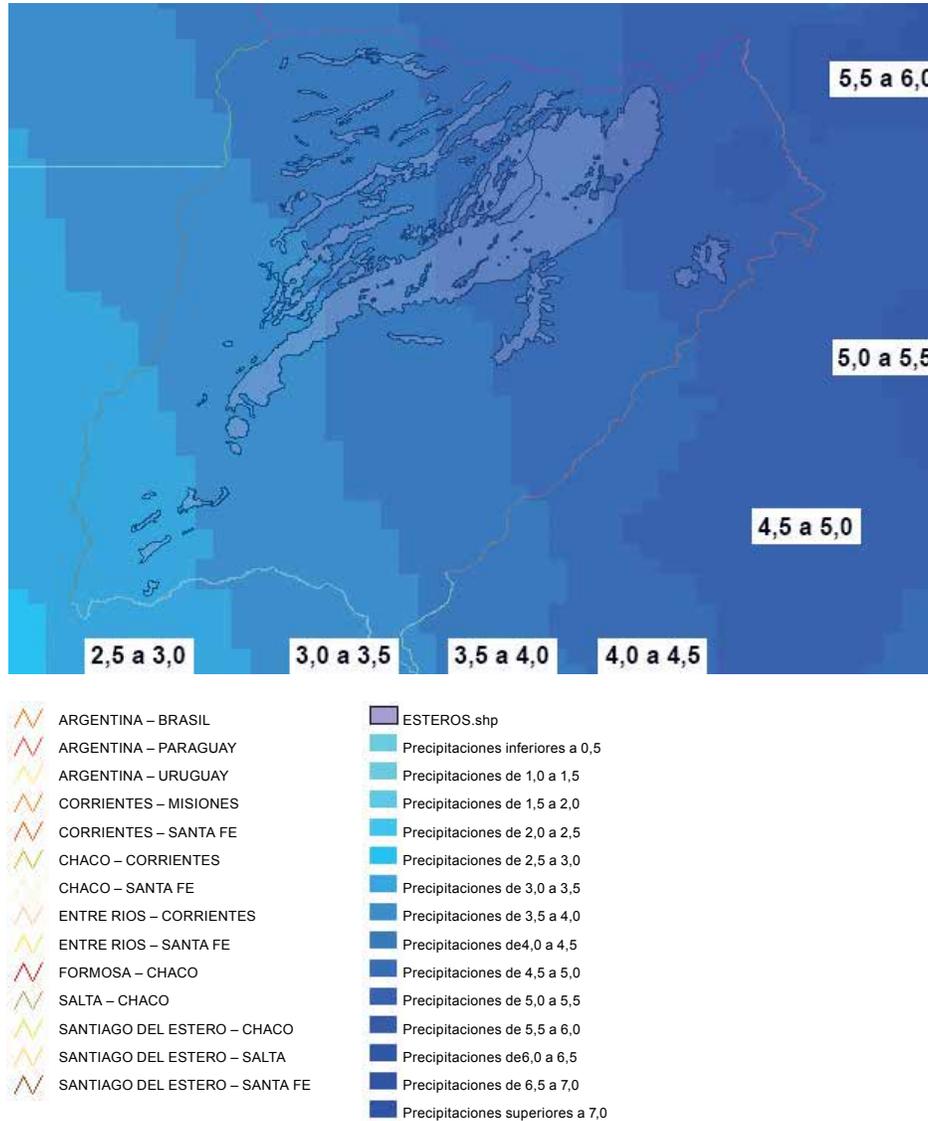
Para analizar los probables cambios climáticos previstos en los escenarios B2 y A2, se utilizó la información generada mediante la aplicación del modelo PRECIS para el período 1961-2100 (véanse los mapas IV.11 y IV.12). En los años anteriores al 2020 las isoyetas mantienen una posición similar a la actual, mientras que hacia el año 2100 se observa un desplazamiento en dirección al este de la zona de menores precipitaciones, que hoy comprende todo el valle del río Corrientes y parte de los esteros.

**MAPA IV.11**  
**ESTEROS DE IBERÁ: DISTRIBUCIÓN DE LAS LLUVIAS HASTA 2020**  
**DE ACUERDO AL MODELO PRECIS**  
*(En mm/día)*



**Fuente:** Elaboración propia.

**MAPA IV.12**  
**ESTEROS DEL IBERÁ: DISTRIBUCIÓN DE LAS LLUVIAS EN 2100**  
**DE ACUERDO AL MODELO PRECIS**  
*(En mm/día)*



**Fuente:** Elaboración propia.

Como se señala en la sección IV.A.4, las cifras calculadas de acuerdo a ambos escenarios revelan un aumento de las precipitaciones que compensaría ampliamente las mayores temperaturas previstas. Sin embargo, el análisis realizado a partir de un solo modelo climático no permite descartar posibles cambios que den origen a un estrés hídrico en el sistema del Iberá, dado que el calentamiento regional proyectado mediante la aplicación de casi todos los modelos climáticos mundiales es de gran alcance, mientras que en el análisis de lluvias se observa una escasa coincidencia entre las estimaciones basadas en dichos modelos e incluso se dan divergencias en el signo de los cambios que se registrarían en la región que abarca a los Esteros del Iberá. La distribución de las lluvias sería similar a la actual, con mayores precipitaciones en el noreste y una disminución gradual hacia el suroeste. Si se tiene

presente que en el extremo occidental del Iberá existen suelos excesivamente drenados (arenas medias a finas), cabe esperar que los efectos de las sequías prolongadas sean más severos en esa zona<sup>82</sup>.

En el informe sectorial sobre los impactos del cambio climático en la biodiversidad de los Esteros del Iberá se concluye que, a pesar de la notable resiliencia del humedal, podrían producirse crisis transitorias, de una década o poco más, que modifiquen la sustentabilidad del sistema. Estas crisis, consistentes en episodios de extrema sequedad o humedad, afectarían especialmente a la planicie del río Corrientes y a las lomadas arenosas que se encuentran en el noroeste de los Esteros del Iberá. En esa zona podría registrarse una reducción significativa del área plantada con arroz y de la carga de ganado en los campos y un descenso de la producción neta de los bosques acorde a una severa limitación de la forestación. De acuerdo a los escenarios más pesimistas, podría producirse una disminución del cultivo de productos primarios en el suroeste del sistema<sup>83</sup>. De ser así, se requeriría una cuidadosa planificación de las actividades productivas que suponen procesos de maduración más prolongados, como la silvicultura y la ganadería. También se debería tener presente que, dependiendo de sus características y volumen, otras formas de producción, como el cultivo de arroz, la acuicultura y los cultivos bajo cubierta, podrían exigir caudales que pusieran en peligro la biodiversidad del humedal en períodos de extrema sequía.

Tomando en consideración todas estas circunstancias, se decidió calcular en primer término los valores que podrían relacionarse con la pérdida de bienes y servicios ambientales en la zona de los Esteros del Iberá, a fin de calcular el valor económico de los impactos previstos del cambio climático en el sistema, de acuerdo a los dos escenarios (A2 y B2) y a diferentes tasas de descuento. Para tomar esta decisión se tuvo en cuenta que los humedales brindan una gran cantidad de bienes y servicios ambientales que podrían verse afectados por las alteraciones que produce el cambio climático. Si bien los Esteros del Iberá abarcan una superficie de aproximadamente 13.000 km<sup>2</sup>, en el presente estudio se considera una región más amplia, que también podría verse afectada y ser objeto de medidas de adaptación<sup>84</sup>.

La región analizada comprende siete departamentos de la Provincia de Corrientes: Concepción, Ituzaingó, Mercedes, San Martín, San Miguel, San Roque y Santo Tomé. En el cuadro IV.34 se indica la superficie de los siete departamentos expresada en km<sup>2</sup>.

---

<sup>82</sup> Pese a lo indicado, la validación de los resultados del modelo climático es dificultosa, porque la información utilizada es de baja definición, aunque según la estimación más probable se producirían cambios en la dirección señalada por el modelo y probablemente de similar magnitud en cuanto a las temperaturas y precipitaciones.

<sup>83</sup> No obstante, de acuerdo a todos los escenarios considerados, los impactos previstos del cambio climático son más intensos en el contexto del sistema socioeconómico que en el medio natural, más elástico y adaptable a fluctuaciones extremas a lo largo de períodos geológicos y evolutivos; por consiguiente, el impacto se concentraría fundamentalmente en las actividades humanas desarrolladas en el valle del río Corrientes y en la zona occidental del Iberá. Todas las formas de vida existentes actualmente en el sistema de los Esteros del Iberá han demostrado ser más adaptables a períodos de excesivas precipitaciones que al estrés que podrían representar las sequías prolongadas. Cabe prever que en el caso de largas sequías los esteros estén más expuestos a incendios; el cultivo de arroz sea una de las actividades más afectadas; la ganadería se vea bastante restringida debido al descenso de la producción de pasturas en los bañados; el turismo sufra un fuerte impacto, debido a la reducción de la superficie del sistema, la disminución de los espacios paisajísticos y la merma de la población de grandes vertebrados (entre otros, carpinchos, yacarés y lobitos), tanto por la limitación del hábitat como por la aparición de enfermedades específicas y el menor ritmo de crecimiento de las plantaciones forestales en las lomadas arenosas del oeste del Iberá.

<sup>84</sup> Girardin et al. (2003).

**CUADRO IV.34**  
**SUPERFICIE DE LOS DEPARTAMENTOS DE LA PROVINCIA DE CORRIENTES**  
**INCLUIDOS EN EL ESTUDIO**

Departamento	Concepción	Ituzaingó	Mercedes	San Martín	San Miguel	San Roque	Santo Tomé
Superficie ( <i>km</i> <sup>2</sup> )	5 124	9 649	9 920	6 634	3 018	2 435	7 094

**Fuente:** Dirección de estadísticas y censos de la provincia de Corrientes.

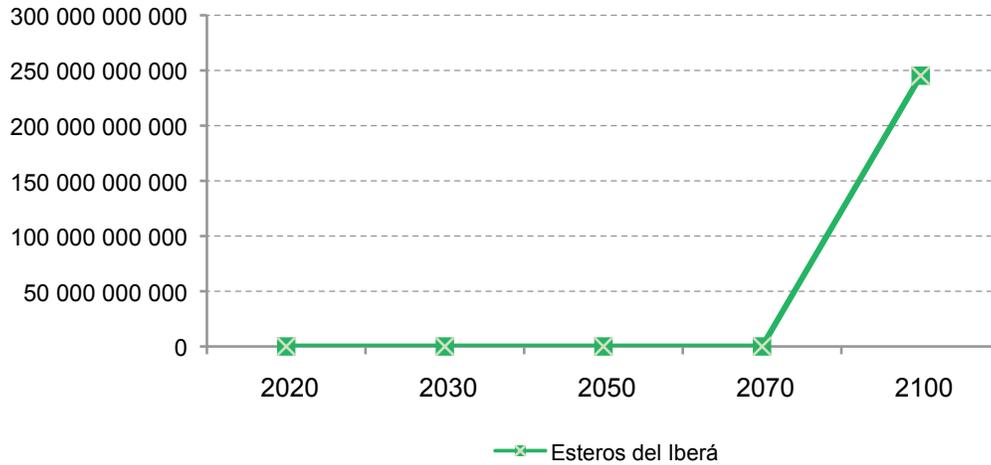
El aspecto más problemático de los efectos del cambio climático en la región considerada se relaciona con la dinámica del agua superficial y la capacidad de la biota para responder a las alteraciones climáticas e hidrológicas. A pesar de la enorme resiliencia del humedal, es posible que se produzcan crisis transitorias (de una década o algo más) que modifiquen la sustentabilidad del sistema. Estos episodios de extrema sequedad o humedad afectarían principalmente a la planicie del río Corrientes y a las lomadas arenosas del noroeste del Iberá. Los impactos en esa zona podrían consistir en una reducción significativa del área plantada con arroz y de la carga de ganado en los campos y un descenso de la producción neta de los bosques, vinculada a condiciones limitantes de las nuevas plantaciones.

Teniendo en cuenta estas conclusiones, se estimaron los costos de los potenciales impactos que afectarían a las actividades agrícolas y ganaderas, así como a la biodiversidad del sistema, debido a episodios de extrema sequedad que se prolongarían al menos por una década y que podrían poner en peligro la sustentabilidad del sistema. Según las previsiones, es posible que se produzcan dos episodios de sequía consecutivos, con una duración de unos diez años cada uno, a fines del período considerado (2070-2100), en el que se prevén los mayores aumentos de la temperatura en comparación con el clima actual y según todos los modelos climáticos. La vulnerabilidad prevista podría afectar a las siguientes actividades humanas y los siguientes bienes y servicios ambientales significativos: i) la agricultura, ii) la ganadería, iii) la silvicultura, iv) el turismo, v) la retención de nutrientes, vi) la regulación de inundaciones y otras crecidas extraordinarias, vii) la recarga de los acuíferos, viii) la biodiversidad y ix) las condiciones de refugio para especies residentes y migratorias.

El resumen del costo de los elementos mencionados se presenta en el cuadro IV.35 y los gráficos IV.19 y IV.20, según los cuales no habría diferencias relevantes entre los escenarios A2 y B2; el valor estimado en ambos casos es de aproximadamente 245.352 millones de dólares del 2005 hasta 2100, si se aplica una tasa de descuento del 0% y se supone que los períodos secos se produzcan entre los años 2070 y 2100.

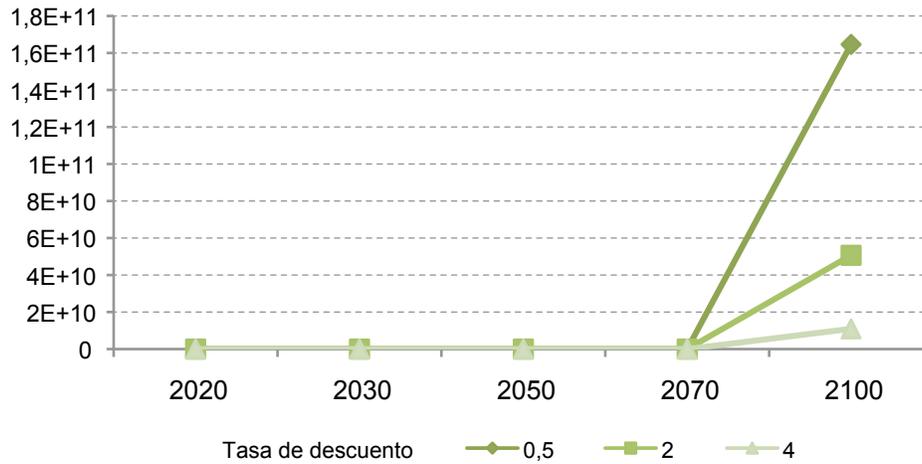
Como se observa en el cuadro IV.35, la tasa de descuento utilizada influye notablemente en los valores calculados. De hecho, como los impactos se producen a fines del período estudiado, la tasa de descuento es determinante y reviste una importancia crucial en el proceso de valorización. Mientras que el valor no descontado es casi un 50% más alto que el descontado a una tasa del 0,5%, es 22 veces mayor que el descontado a una tasa del 4%. Sin duda, esto influye notablemente en el proceso de toma de decisiones, dado que las medidas de adaptación identificadas se implementarían en períodos más cercanos al presente y, por ende, presentarían valores reales proporcionalmente más altos.

**GRÁFICO IV.19**  
**COSTO DE LAS PÉRDIDAS DE BIENES Y SERVICIOS AMBIENTALES DEL ECOSISTEMA DE LOS ESTEROS DEL IBERÁ Y DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS, ESCENARIOS A2 Y B2, A UNA TASA DE DESCUENTO DEL 0%**  
*(En dólares de 2005)*



Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO IV.20**  
**COSTO DE LAS PÉRDIDAS DE BIENES Y SERVICIOS AMBIENTALES DEL ECOSISTEMA DE LOS ESTEROS DEL IBERÁ Y DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS, ESCENARIOS A2 Y B2, A DISTINTAS TASAS DE DESCUENTO**  
*(En dólares de 2005)*



Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO IV.35**  
**COSTO DE LAS PÉRDIDAS DE BIENES Y SERVICIOS AMBIENTALES DEL**  
**ECOSISTEMA DE LOS ESTEROS DEL IBERÁ Y DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS,**  
**ESCENARIOS A2 Y B2**  
*(En dólares de 2005)*

Tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
0%	0	0	0	0	245 352 326 114
0,5%	0	0	0	0	164 703 672 121
2%	0	0	0	0	50 686 723 446
4%	0	0	0	0	10 947 177 000

**Fuente:** Elaboración propia.

A continuación, en el cuadro IV.36, se presenta el costo anual de las pérdidas de bienes y servicios ambientales en el sistema de los esteros del Iberá en el año 2010, considerado como “caso testigo” de todos los componentes tomados en consideración en este estudio.

**CUADRO IV.36**  
**RESUMEN DEL COSTO ANUAL DE LOS ELEMENTOS CONSIDERADOS EN LA**  
**VALORIZACIÓN MONETARIA DE LOS IMPACTOS PREVISTOS DEL CAMBIO**  
**CLIMÁTICO EN LOS ESTEROS DEL IBERÁ**  
*(En dólares de 2005)*

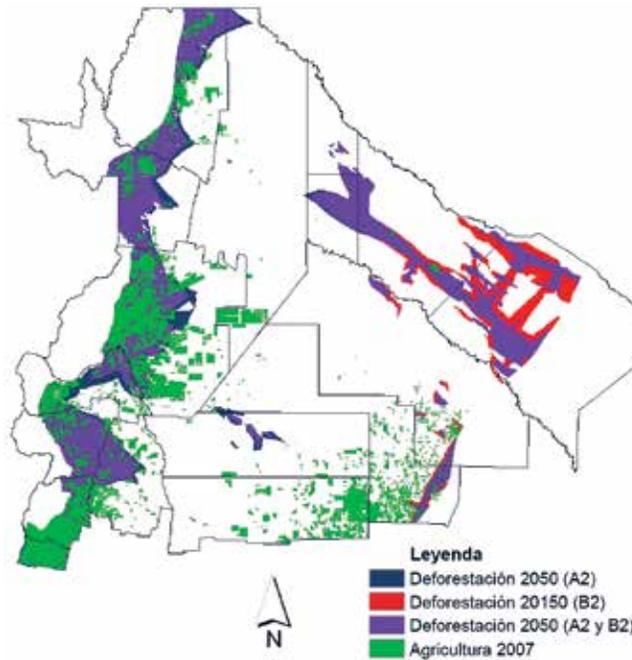
Bienes, servicios y actividades	Pérdida anual, año 2010
Agricultura (arroz)	31 380 878
Ganadería	269 771 881
Silvicultura	60 958 305
Turismo	3 324 755
Retención de nutrientes	1 315 618 059
Regulación de inundaciones	416 343 000
Recarga de acuíferos	9 059 400 000
Conservación de la biodiversidad	894 375
Refugio para especies residentes y migratorias	522 900 000
Total	11 680 591 251

**Fuente:** Elaboración propia.

**b) Impactos previstos en la biodiversidad y el uso del suelo en los bosques del noroeste de la Argentina**

Se realizó un estudio predictivo cuyos resultados se refieren a la probabilidad de ejecución de actividades agrícolas en función de diferentes variables independientes o, expresado en otros términos, a la aptitud de la tierra para ser destinada a la agricultura.

**MAPA IV.13**  
**DEFORESTACIÓN PROYECTADA EN EL NOROESTE DE LA ARGENTINA, 2050**



**Fuente:** Elaboración propia.

También se realizaron simulaciones de deforestación hasta el año 2050 a una tasa de 56.530 ha/año, que corresponde a la observada en el área estudiada entre 1972 y 2007<sup>85</sup>. Las simulaciones se limitaron al año 2050, a fin de que la duración del período equivaliera al utilizado en el estudio. Para determinar la deforestación probable se utilizaron modelos de cálculo de la probabilidad de realización de actividades agrícolas y se asumió un supuesto teórico según el cual estas actividades se expandirían hacia áreas que ofrecen mayores probabilidades de explotación, hasta alcanzar la superficie establecida como meta para el período. Conforme a la tasa de deforestación mencionada, se podría esperar que en el año 2050 esta ascienda aproximadamente a dos millones de hectáreas. Los escenarios climáticos muestran que una proporción muy significativa del área estudiada podrá dedicarse a la agricultura en las próximas décadas, lo que, sumado a los cambios tecnológicos, indica que en las próximas décadas el principal factor limitante para la expansión agrícola y, por ende para la deforestación, no serán fenómenos relacionados con el cambio climático, sino factores socioeconómicos, políticos y regulatorios que condicionan las tasas de deforestación<sup>86</sup>.

La posible deforestación futura probablemente dé origen a dos patrones muy definidos de cobertura del territorio: i) una consolidación de la deforestación en el este de la Provincia de Salta, debida al desmonte de todas las zonas intersticiales que deja la actividad agrícola y ii) el desarrollo de un gran frente de deforestación relativamente nuevo en la Provincia de Formosa, principalmente a lo largo de la ruta Formosa–Tartagal. Desde el punto de vista de la conservación de la biodiversidad, estos

<sup>85</sup> Sin embargo, esta podría ser una tasa conservadora, ya que en algunos casos las tasas de deforestación ascienden a 145.000ha/año en el último período.

<sup>86</sup> Entre otros, se trata del precio de las materias primas, las políticas de fomento de ciertas actividades, y las políticas fiscales y de comercio exterior. Por otra parte, el pleno cumplimiento de la ley de protección ambiental de los bosques nativos impediría que la deforestación fuera de la magnitud calculada.

patrones ponen seriamente en peligro la conectividad y el flujo génico (migración) con las Yungas y con los sectores boreales del Chaco semiárido del Estado Plurinacional de Bolivia y el Paraguay (véase el mapa IV.13).

Además del impacto de la deforestación en la zona, es posible que el efecto directo del cambio climático sea mucho más acentuado en el caso de algunas especies que se limiten a rangos restringidos, que muy probablemente se vean afectadas por cambios importantes en su distribución o por períodos en los que se den condiciones subóptimas desde el punto de vista climático para su supervivencia. Por consiguiente, en el contexto de estos escenarios de cambio climático adquiere importancia el mantenimiento de corredores biológicos que permitan la migración de ciertas especies en riesgo. Sin embargo los patrones esperables de deforestación van a limitar parcialmente estos desplazamientos, por el hecho de reducir la conectividad latitudinal en el Chaco y su conexión con las Yungas, lo que implica que el potencial efecto sinérgico del cambio climático y de la modificación del uso del territorio podría representar una amenaza adicional a la conservación de la biodiversidad local.

Para calcular el valor económico de los impactos del cambio climático y la deforestación en los bosques del noroeste, se consideraron las situaciones que podrían asociarse con la pérdida de bienes y servicios ambientales suministrados por estos, tomando como punto de partida la tasa de deforestación anual hasta el año 2050 estimada en el estudio respectivo<sup>87</sup>. Se incluyeron los siguientes bienes y servicios ambientales: i) la protección de los recursos hídricos, ii) la regulación del clima, iii) la protección de inundaciones y crecidas extraordinarias, iv) la formación de suelos, v) el control biológico, vi) la recreación, vii) la producción de medicinas naturales, viii) los costos de reposición de los bosques deforestados y ix) la pérdida de biodiversidad vegetal<sup>88</sup>. Además, conforme a lo indicado en el estudio sectorial respectivo, el límite del proceso de deforestación se estableció en el año 2050<sup>89</sup>. Los resultados agregados de estos cálculos se presentan en el cuadro IV.37 y los gráficos IV.21 y IV.22, en los que se indican los costos de los impactos previstos del cambio climático en los bosques del noroeste expresados en dólares de 2005<sup>90</sup>. Los impactos se prolongan fundamentalmente hasta el año 2050, en el que se supone que se detiene la deforestación en virtud de la plena aplicación de la Ley de Protección Ambiental de los Bosques Nativos (Ley 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos). En los cálculos no se incluyen los costos correspondientes a la pérdida de biodiversidad, que no han podido determinarse por falta de datos. Hasta el año 2050 no se observan diferencias significativas entre ambos escenarios, por lo que se realizó una única estimación que se considera válida para ambos. El monto no descontado y acumulado hasta el año 2050 es de 9.346 millones de dólares de 2005. Este valor acumulado cubre hasta el final del análisis (año 2100)<sup>91</sup>.

<sup>87</sup> Se supone que el valor económico del incremento de la producción atribuible a la acentuación de la aptitud agrícola de los suelos, de acuerdo a los escenarios A2 y B2, está contemplado en el análisis realizado como parte del estudio sectorial de los impactos del cambio climático en la agricultura, por lo que no se incluyen en este estudio para evitar duplicaciones.

<sup>88</sup> Si bien los impactos en la regulación del ciclo de los nutrientes se consideran de particular importancia, no se dispuso de datos fidedignos que permitieran calcular su valor monetario.

<sup>89</sup> Esta información concuerda con la considerada en los demás informes sectoriales, es decir los relativos a los impactos del cambio climático en la agricultura, los escenarios de emisiones y mitigación en la agricultura, y los escenarios de emisiones y mitigación en el sector de USCUS y la reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal.

<sup>90</sup> Los bienes y servicios ambientales incluidos en la valoración son los derivados del recuadro III.2.

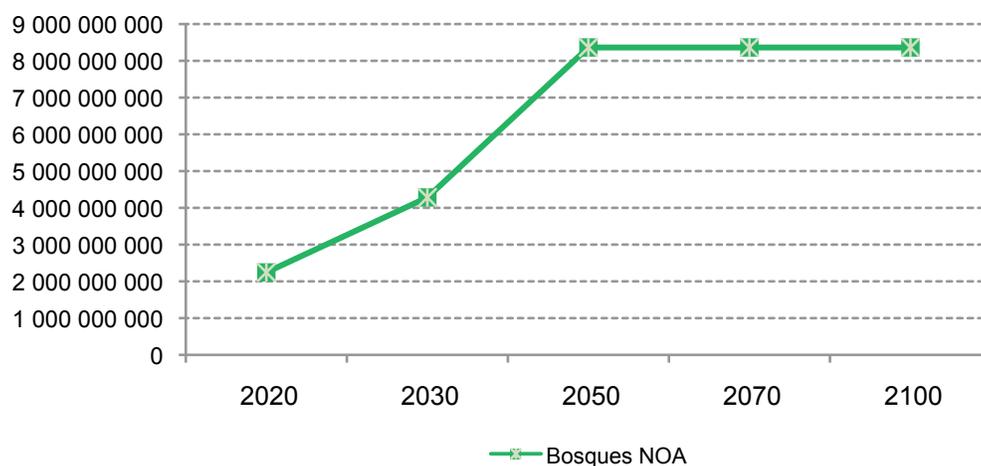
<sup>91</sup> Es importante destacar que, en el supuesto de que la ley mencionada no se aplicara y que las tasas de deforestación estimadas presentaran los valores consignados incluso después de 2050, los costos acumulados por concepto de pérdida de bienes y servicios ambientales en la región podrían ascender a 20.336 millones de dólares.

**CUADRO IV.37**  
**COSTO ACUMULADO DE LAS PÉRDIDAS DE BIENES Y SERVICIOS AMBIENTALES**  
**DE LOS BOSQUES DEL NOROESTE DE LA ARGENTINA, ESCENARIOS A2 Y B2, A**  
**DIFERENTES TASAS DE DESCUENTO**  
*(En dólares de 2005)*

Tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
0%	2 507 525 810	4 787 094 727	9 346 232 563	9 346 232 563	9 346 232 563
0,50%	2 446 071 335	4 556 269 943	8 473 665 524	8 473 665 524	8 473 665 524
2%	2 275 599 050	3 955 378 813	6 463 826 913	6 463 826 913	6 463 826 913
4%	2 076 891 483	3 325 965 444	4 736 856 106	4 736 856 106	4 736 856 106

Fuente: Elaboración propia.

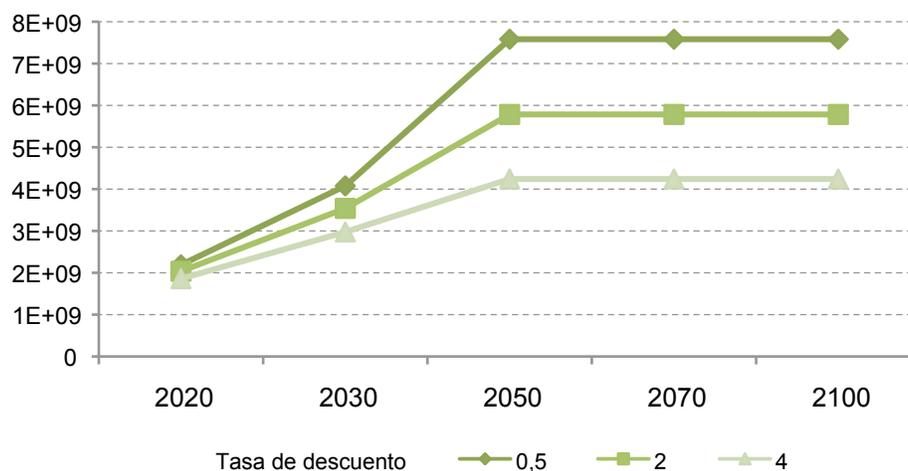
**GRÁFICO IV.21**  
**COSTO ACUMULADO DE LAS PÉRDIDAS DE BIENES Y SERVICIOS AMBIENTALES**  
**DE LOS BOSQUES DEL NOROESTE DE LA ARGENTINA, ESCENARIOS A2 Y B2, A UNA**  
**TASA DE DESCUENTO DEL 0%**  
*(En dólares de 2005)*



Fuente: Elaboración propia.

Suponiendo que el proceso de deforestación culmine en 2050, los valores acumulados alcanzarían su punto máximo ese año y a partir de entonces se mantendrían constantes, dado que al detenerse dicho proceso se dejan de producir pérdidas debidas a la desaparición o al deterioro de la calidad de los bienes y servicios ambientales proporcionados por los bosques. Esto explica la forma aplanada que presenta la curva de costos acumulados a partir del año 2050. Por el mismo motivo, la influencia de las tasas de descuento solo se manifiesta hasta ese año, y los valores monetarios acumulados (expresados en dólares del año 2005) y no descontados prácticamente duplican los valores descontados a una tasa del 4% desde 2050 en adelante. Si se considera el valor acumulado hasta el año 2020, la diferencia entre los valores descontados a ambas tasas asciende apenas a alrededor del 21%. En cambio, si se aplica la tasa del 0,5%, los valores acumulados hasta el año 2020 superan aproximadamente en un 18% los calculados a una tasa de descuento del 4%. En el año 2050 y desde entonces hasta el final del período analizado, la diferencia entre los valores acumulados y calculados a ambas tasas de descuento es de casi un 80%.

**GRÁFICO IV.22**  
**COSTO ACUMULADO DE LAS PÉRDIDAS DE BIENES Y SERVICIOS AMBIENTALES**  
**DE LOS BOSQUES DEL NOROESTE, ESCENARIOS A2 Y B2, A DISTINTAS TASAS**  
**DE DESCUENTO**  
*(En dólares de 2005)*



Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro IV.38 se presenta el costo anual de la pérdida de bienes y servicios ambientales, expresado en dólares del año 2005, que se registraría en los bosques del noroeste argentino en un año dado (caso testigo año 2010) y desagregado en todos los ítems considerados para este estudio.

**CUADRO IV.38**  
**RESUMEN DEL COSTO ANUAL DE LAS PÉRDIDAS DEBIDAS A LOS IMPACTOS**  
**PREVISTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS BOSQUES DEL NOROESTE**  
*(En dólares de 2005)*

Bienes y servicios ambientales	Pérdida anual en 2010
Protección de recursos hídricos	4 095 599
Regulación del clima	2 826 500
Regulación de alteraciones	9 964 999
Formación de suelos	339 180
Control biológico	113 060
Actividades recreativas	1 130 600
Medicinas naturales	83 488 487
Costos de reposición	56 530 000
Biodiversidad (flora)	69 468 467
Total	227 956 892

Fuente: Elaboración propia.

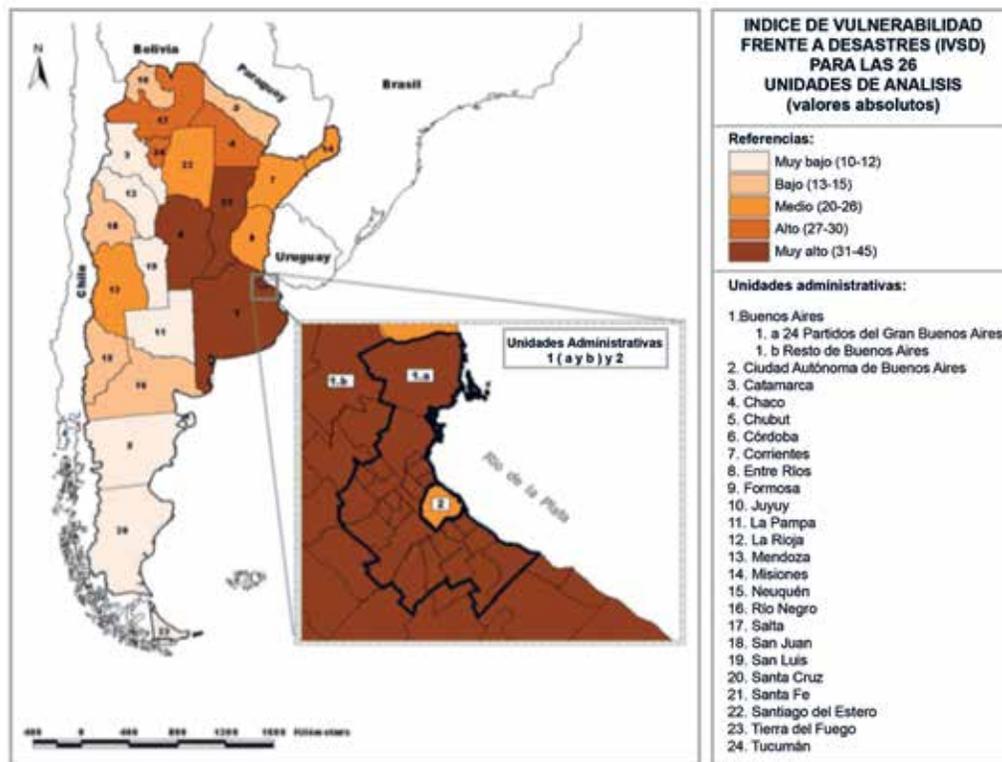
## 2. Población, migración y salud

### a) Cambio de la estructura agraria y migración

El proceso de expansión e intensificación de la actividad agrícola va acompañado de procesos sociales que modifican cómo se estructura socialmente el terreno. Teniendo en cuenta los casos de algunas de las provincias incluidas en los estudios que se describen en la sección IV.B (sector agropecuario), se seleccionaron varias de ellas en función de las similitudes y diferencias que presentaban en términos de vulnerabilidad social frente a desastres que puede suponer el proceso de expansión agrícola. Para ello se empleó el índice de vulnerabilidad social frente a desastres (IVSD). Este índice fue elaborado en el marco de la SCN de la Argentina<sup>92</sup>.

Respecto de los movimientos migratorios, el análisis revela que la incidencia de la migración varía de una provincia a otra. Por ejemplo, mientras Santiago del Estero, Salta y La Pampa tuvieron saldos migratorios positivos, las provincias del Chaco, Entre Ríos y Santa Fe son expulsoras de población.

**MAPA IV.14**  
**ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SOCIAL FRENTE A DESASTRES<sup>a</sup>**



**Fuente:** Elaboración propia sobre la base del Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda (2001).

<sup>a</sup>No solo se definen como “desastres” los provocados por el cambio climático, sino también los eventos extremos atribuibles a las variaciones climáticas o a factores no relacionados con el clima.

<sup>92</sup> Véase [en línea] [http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/UCC/File/comunicaciones\\_nacionales/Impacto%20Socioeconomico%20del%20CC%20en%20Arg.pdf](http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/UCC/File/comunicaciones_nacionales/Impacto%20Socioeconomico%20del%20CC%20en%20Arg.pdf).

En algunos casos, la migración se puede entender como una estrategia adaptativa; tal es el caso de los procesos históricamente vinculados a factores de índole económica. En la actualidad, también se observa un desplazamiento migratorio de las zonas rurales a las áreas urbanas que, en algunas provincias, está relacionado con cambios en la estructura territorial que responden al requerimiento de tierras para la expansión de la actividad agraria. Estos procesos migratorios se traducen, entre otras cosas, en una presión sobre el parque de viviendas o el medio ambiente y en la consecuente necesidad de ampliar los servicios de infraestructura básica en las áreas de destino. En las zonas de origen, por su parte, se produce un abandono o una subutilización de la infraestructura básica y productiva; cuando los desplazamientos están motivados por cambios de uso del suelo, también se da un aumento de la población urbana. En ambos casos se ve afectada la capacidad de adaptación sociocultural de la población migrante, cuya vulnerabilidad se acentúa. Estos fenómenos no deben dejar de tenerse presentes, a pesar de las dificultades para calcular su valor monetario.

## b) Impactos en la salud

Tanto en la primera comunicación nacional<sup>93</sup> como en la segunda<sup>94</sup> los impactos previstos del cambio climático en lo que respecta a la salud humana y animal se consideraron importantes, pero no se dispuso de estudios específicos que sirvieran de base para su análisis. En los dos documentos, y fundamentalmente en el primero, se indica que el aumento futuro de la temperatura y las variaciones observadas en la distribución geográfica de las precipitaciones ponían de relieve algunos impactos previstos en la salud humana, debidos a la expansión del área de acción de ciertos vectores transmisores de enfermedades, entre las que destacan los siguientes<sup>95</sup>: i) dengue, ii) malaria, iii) tripanosomiasis americana o enfermedad de Chagas, iv) otras enfermedades infecciosas como la esquistosomiasis, v) enfermedades provocadas por hongos como el *paracoccidioides brasiliensis* o *aspergillus*, vi) fiebre amarilla, vii) rickettsia y viii) otras virosis<sup>96</sup>.

La exacerbación de las condiciones que facilitan la aparición de otros trastornos y enfermedades podría responder a la variación prevista de la temperatura, las precipitaciones y los niveles de humedad, así como también a eventos extremos como sequías, inundaciones y tormentas. Ejemplos de esto son las enfermedades respiratorias crónicas, los golpes de calor, el hantavirus, la fiebre hemorrágica (también conocida como “mal de los rastrojos”), las enfermedades debidas a la mala calidad del agua para consumo humano y la leishmaniasis.

En el contexto del estudio de la economía del cambio climático en la Argentina se prestó especial atención a dos enfermedades transmitidas por vectores<sup>97</sup>. Las principales enfermedades de este tipo características de las zonas tropicales y subtropicales de la Argentina son el dengue y la malaria, tanto en términos de incidencia como de la magnitud de la población vulnerable. Se estima que los mayores efectos del cambio climático en lo que respecta a estas enfermedades se observarán en los extremos de sus zonas de prevalencia, bajo temperaturas de 14°C a 18°C en el límite septentrional y de

---

<sup>93</sup> Gobierno de la República Argentina (1997)

<sup>94</sup> Ibid.

<sup>95</sup> Ibid, páginas 78 y 79.

<sup>96</sup> En la segunda comunicación nacional se destacan el dengue, la malaria y la esquistosomiasis.

<sup>97</sup> La exclusión de las demás enfermedades identificadas como posibles efectos de los impactos del cambio climático responde fundamentalmente a dos motivos: i) el dengue y la malaria son enfermedades típicas de los climas tropicales y los escenarios climáticos apuntan a un aumento de las temperaturas medias y mínimas medias; además, hasta ahora son las enfermedades que el Grupo Intergubernamental identifica como más importantes y ii) porque se trata de enfermedades transmitidas por vectores cuya distribución en términos de temperatura, precipitación y otros parámetros climáticos está adecuadamente modelizada. Se podrían haber incluido otras enfermedades en este estudio, pero debido a su alcance y a las restricciones temporales y presupuestarias no fue posible hacerlo, lo que no impide que la evaluación de estas y otras enfermedades sean materia de nuevos estudios.

35°C a 40°C en el meridional. La Argentina se encuentra en el límite sur de la zona de prevalencia del dengue y la malaria en América del Sur.

El dengue no se considera una enfermedad endémica en la Argentina, pero se han producido varios casos de reaparición del mal: en 1998, en una epidemia que afectó a la la Provincia de Salta, y en 2000, año en que volvió a afectar a las provincias de Formosa y Misiones. En 2009 se registraron epidemias y casos autóctonos que se extendieron casi a la mitad del país.

A fin de estimar y determinar los índices de vulnerabilidad al dengue de acuerdo a los escenarios de emisiones A2 y B2, se aplicó un modelo que permite calcular la extensión del período extrínseco de incubación del virus<sup>98</sup> en función de la temperatura del aire. Posteriormente, se intentó identificar una relación funcional entre el promedio de días que abarca este período y la temperatura media anual de 25 ciudades, lo que permitió elaborar un índice de riesgo directamente aplicable a los datos proporcionados por el INPE.

La malaria es una enfermedad endémica en algunas zonas del noroeste de la Argentina, sobre todo en algunas áreas de Salta y Jujuy, en las que presenta una incidencia anual prácticamente invariable, mientras que en Misiones y en algunas áreas del noroeste, como Tucumán y algunas zonas de Salta y Jujuy, tiene características epidémicas<sup>99</sup>. Aunque la incidencia no es alta en comparación con otras regiones del mundo, en la Argentina existen zonas de transmisión intermitente, cercanas a los límites de distribución tanto en términos de altura como de latitud, lo que les confiere una extrema vulnerabilidad ante un cambio climático. En relación con los índices de riesgo de malaria en la Argentina conforme a los escenarios A2 y B2, se ejecutó un modelo que permite calcular la estabilidad de su transmisión a partir de su capacidad vectorial, equivalente al número de picaduras infectantes de un mosquito y en el que se incluye las probabilidades de picadura e ingesta del plasmodio, de que el mosquito sobreviva hasta que el plasmodio complete su ciclo, y de que vuelva a picar, todo esto antes de su muerte.

Los cambios de temperatura pronosticados permiten suponer que tanto la presencia del vector transmisor (*aedes aegypti*) como la ocurrencia de casos de dengue y epidemias podrían extenderse hacia el sur. Eso redundaría en un aumento de la población expuesta a la enfermedad, que además representaría una mayor proporción de la población total (véase el cuadro IV.39).

**CUADRO IV.39**  
**POBLACIÓN EN RIESGO DE CONTRAER DENGUE EN TÉRMINOS ABSOLUTOS,**  
**ESCENARIOS A2 Y B2<sup>a</sup>**

Dengue		2008	2020	2030	2050	2070	2100
A2	Número de ciudades	1 113	1 415	1 692	1 750	2011	2368
	Habitantes en riesgo	9 836 561	22 547 045	33 649 007	34 003 013	44 807 310	55 613 232
B2	Número de ciudades	1 009	1 150	1 530	1 675	1 829	2 045
	Habitantes en riesgo	9 431 574	11 118 627	25 401 194	35 761 427	42 121 042	50 033 382

**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>a</sup>La información se refiere al número de habitantes de ciudades con número de días de período extrínseco de incubación inferior a 25, según ambos escenarios y en los diversos años de corte.

Las proyecciones basadas solo en la temperatura indican que se produciría una intensificación de la transmisión en las áreas endemoepidémicas actuales, y una expansión en el noroeste y hacia el centro del país.

<sup>98</sup> La expresión “período extrínseco de incubación” alude al período de incubación del virus en el mosquito.

<sup>99</sup> Cuando la incidencia aumenta significativamente en un año dado, se considera que existe una epidemia.

El cálculo de los costos económicos<sup>100</sup> de los impactos del cambio climático que acentúan la probabilidad de ocurrencia de dengue se basó en datos sobre la materia dados a conocer por la “The American Society of Tropical Medicine and Hygiene”<sup>101</sup>, ya que no se encontraron estudios específicos sobre la Argentina. En el estudio de la ASTMH se utilizó una muestra de ocho países, cinco de los cuales son de América Latina (Brasil, Guatemala, El Salvador, Panamá y Venezuela (República Bolivariana de) y tres de Asia (Camboya, Malasia y Tailandia). Para el ejercicio de valorización económica se utilizaron los datos del Brasil, por considerarse que el país presenta una situación más cercana a la de la Argentina<sup>102</sup>.

Cabe tener en cuenta que el costo de un caso de dengue corresponde a la sumatoria de lo siguiente: i) los costos médicos directos, ii) los costos no médicos directos (transporte, comida, alojamiento y varios) y iii) los costos indirectos para las familias y los trabajadores durante la enfermedad (días de clase o de trabajo perdidos y otros gastos indirectos asociados con la misma enfermedad o con las repercusiones para la familias)<sup>103</sup>. Los costos económicos estimados de un caso de dengue, en los que se reflejan todos los costos mencionados y correspondientes a atención ambulatoria u hospitalaria, pero de los que se excluyen los costos de control del vector, vigilancia y laboratorio, ascienden a 389 dólares del año 2005<sup>104</sup>. Este monto representa el costo anual por persona por año, por lo que debe ponderarse por la población que efectivamente puede verse afectada por la enfermedad.

Por otra parte, se estima que solamente el 0,22% de los potenciales afectados contrae la enfermedad<sup>105</sup>, de modo que los 389 dólares se aplican al 0,22% de la población en riesgo en cada año considerado<sup>106</sup>. Estos datos permiten calcular los costos en los que se deberá incurrir en el período 2008-2100 para atender a las personas afectadas por el dengue.

En cuanto a la potencial variación de la distribución de los vectores y la transmisión de la malaria en función de la temperatura y las precipitaciones, la población en riesgo se mantendría como una fracción constante de la población total según los dos escenarios, es decir, en un 9 % a un 11 %. En los análisis sobre la malaria no se observan extensiones tan significativas como las de riesgo de dengue, con la excepción de la potencial distribución del *anopheles darlingi*, uno de los tres mosquitos vectores de la enfermedad. Sin embargo, las predicciones basadas exclusivamente en la temperatura muestran aumentos generalizados y una clara tendencia creciente en el futuro, fenómenos que son dignos de atención. Según las predicciones en las que también se toman en cuenta las precipitaciones, los cambios serían menos marcados o más oscilantes.

---

<sup>100</sup> Estos costos podrían agruparse bajo el concepto de “gastos inducidos”.

<sup>101</sup> Suaya et al. (2008).

<sup>102</sup> Por otra parte, se consideró importante tener en cuenta también los gastos necesarios para controlar el vector en que debería incurrir un país, con miras a la formulación de políticas preventivas. Sin embargo, se estimó más apropiado considerar los costos pertinentes como parte de las medidas de adaptación que como costos de los impactos. Al respecto, cabe aclarar que, dado que no se dispuso de datos específicos sobre dichos costos en la Argentina se extrajo la información de un trabajo realizado en Panamá sobre la epidemia del año 2005 (Blas Armien y otros (2008)), según el cual los costos ascienden a 1,56 dólares por persona por año (a precios del año 2005). El valor correspondiente al control del vector, por persona y por año, se aplicó a la población en riesgo en cada año, como se indica en el capítulo V.

<sup>103</sup> En este cálculo no se tomaron en cuenta los datos sobre salario mínimo en la Argentina (1.240 pesos) ni sobre el gasto público en educación por alumno de escuelas públicas por año (1.516 pesos), recopilados por el Ministerio de Economía y Finanzas para el año 2004, debido a la falta de desagregación de los datos pertinentes.

<sup>104</sup> El valor de 389 dólares es un promedio ponderado del número de casos incluidos en la muestra utilizada para la valoración económica. Dentro de este promedio, los valores más significativos son los referidos a los costos indirectos, que corresponden a la no percepción de ingresos por parte del paciente y de sus acompañantes. Si bien en el cálculo de los valores absolutos se utilizó el promedio ponderado de la muestra, también debe tomarse en cuenta la diferencia de costos correspondientes a atención hospitalaria y ambulatoria, que ascienden a 676 y 291 dólares, respectivamente.

<sup>105</sup> Carbajo, A. Comunicación Personal y Suaya et al. (2008).

<sup>106</sup> Para los años intermedios se realizó una interpolación de la población en riesgo entre los años de corte.

**CUADRO IV.40**  
**DENGUE: COSTO DE LAS PÉRDIDAS ESTIMADAS POR IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO, ESCENARIOS A2 Y B2<sup>a</sup>**  
*(En dólares de 2005)*

	2020	2030	2050	2070	2100	2050
A2		153 843 031	395 926 579	975 038 774	1 649 884 587	2 938 621 455
B2		97 824 242	251 967 124	774 797 574	1 442 556 689	2 626 019 282

**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>a</sup>Valores acumulados y no descontados a partir del año 2010 para cada año de corte. No se incluyen los costos de tratamiento de la enfermedad y de control del vector.

**CUADRO IV.41**  
**POBLACIÓN EN RIESGO DE CONTRAER MALARIA, ESCENARIOS A2 Y B2<sup>a</sup>**

Malaria		2020	2030	2050	2070	2100
A2	Habitantes en riesgo	4 997 066	5 252 196	5 418 043	5 574 895	6177 278
B2	Habitantes en riesgo	3 992 181	5 371 659	5 028 338	6 126 864	6 083 561

**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>a</sup>En términos absolutos.

Los datos para la valorización de un caso tipo de malaria provienen de un estudio sobre el Perú realizado en 1998<sup>107</sup> en las regiones en las que se registran más casos de malaria (Tumbes, Piura y Loreto). La metodología empleada para la recopilación de datos en ese estudio consistió en encuestas a las familias afectadas, recolección directa de información de diferentes organismos y utilización de datos provenientes de estadísticas públicas.

Para la valorización económica efectuada como parte de este estudio, se consideran como costos directos los costos de vigilancia, prevención, diagnóstico y curación cubiertos por las instituciones públicas y privadas y los pacientes. Los costos correspondientes a la mayor predisposición a contraer otras enfermedades después de un episodio de malaria no se incluyeron en este cálculo. En los costos directos de los pacientes se incluyeron los gastos por concepto de medicamentos, consultas, exámenes, viáticos (alimentación y transporte del paciente y de un acompañante, en caso de ser necesario) y el costo de oportunidad de los ingresos no percibidos.

De acuerdo con información de la Organización Mundial de la Salud (OMS)<sup>108</sup>, los episodios severos de malaria son de aproximadamente un 1% por año<sup>109</sup>. El costo medio ponderado de un caso de malaria asciende a 88 dólares del año 2005<sup>110</sup>. Este dato y los cálculos presentados en el cuadro IV.42 permiten estimar las pérdidas derivadas de los impactos del cambio climático en la salud por concepto de aumento de los casos de malaria<sup>111</sup>.

<sup>107</sup> “Impacto económico de la malaria en el Perú”; Serie Vigía N°1

<sup>108</sup> Kiszewski et al. (2007).

<sup>109</sup> El valor exacto es 1,444%.

<sup>110</sup> Con respecto a la malaria no se consideraron acciones masivas de prevención del vector ya que, en la mayoría de los casos, las medidas de prevención se adoptan en los hogares y su costo ya está considerado en otras categorías.

<sup>111</sup> No se contó con información estadística fidedigna sobre la relación entre los casos efectivos de malaria y la población en riesgo, por lo que se consideró que toda la población es vulnerable.

**CUADRO IV.42**  
**MALARIA: COSTO DE LAS PÉRDIDAS ESTIMADAS ATRIBUIBLES A LOS IMPACTOS**  
**DEL CAMBIO CLIMÁTICO<sup>a</sup>**  
*(En dólares de 2005)*

Malaria	2020	2030	2050	2070	2100
A2	439 741 808	4 959 720 515	14 356 073 805	24 036 105 849	39 561 899 004
B2	351 311 928	4 502 418 084	13 635 992 148	23 469 169 633	39 584 957 809

**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>a</sup>Valores acumulados y no descontados a partir del año 2010, por año de corte.

A partir de los resultados de los cálculos sobre el dengue y la malaria, se estimaron los costos económicos (expresados en dólares de 2005) atribuibles a los impactos del cambio climático en la salud, de acuerdo a los escenarios A2 y B2. Estos resultados son similares en ambos casos y presentan un valor acumulado hasta el año 2100 de 42.501 millones de dólares según el escenario A2 y de 42.211 millones de dólares según el escenario B2<sup>112</sup>.

**CUADRO IV.43**  
**COSTO DE LAS PÉRDIDAS ESTIMADAS ATRIBUIBLES A LOS IMPACTOS**  
**DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SALUD, ESCENARIO A2**  
*(En dólares de 2005)*

Tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
0%	593 584 839	5 355 647 095	15 331 112 579	25 685 990 436	42 500 520 459
0,50%	567 908 040	4 974 927 276	13 544 126 667	21 593 790 389	33 126 989 307
2%	498 468 921	4 003 691 655	9 486 829 813	13 315 319 218	17 120 304 796
4%	421 103 411	3 024 758 390	6 112 407 433	7 573 777 850	8 485 301 670

**Fuente:** Elaboración propia.

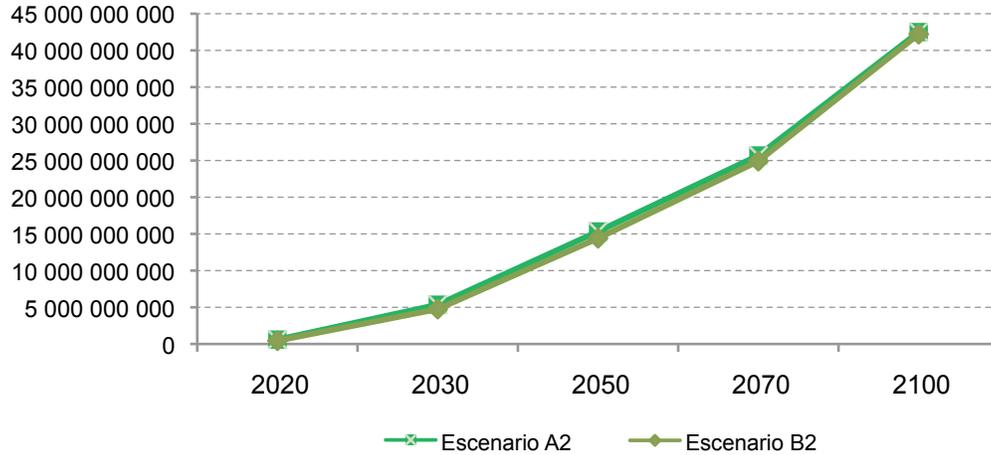
**CUADRO IV.44**  
**COSTO DE LAS PÉRDIDAS ESTIMADAS ATRIBUIBLES A LOS IMPACTOS**  
**DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SALUD, ESCENARIO B2**  
*(En dólares de 2005)*

Tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
0%	449 136 170	4 754 385 208	14 410 789 722	24 911 726 322	42 210 977 087
0,5%	429 581 413	4 409 789 722	12 709 989 501	20 862 999 028	32 744 364 084
2%	376 733 731	3 532 909 132	8 853 569 846	12 716 851 552	16 652 037 050
4%	317 924 170	2 653 025 407	5 656 219 625	7 123 789 356	8 071 200 851

**Fuente:** Elaboración propia.

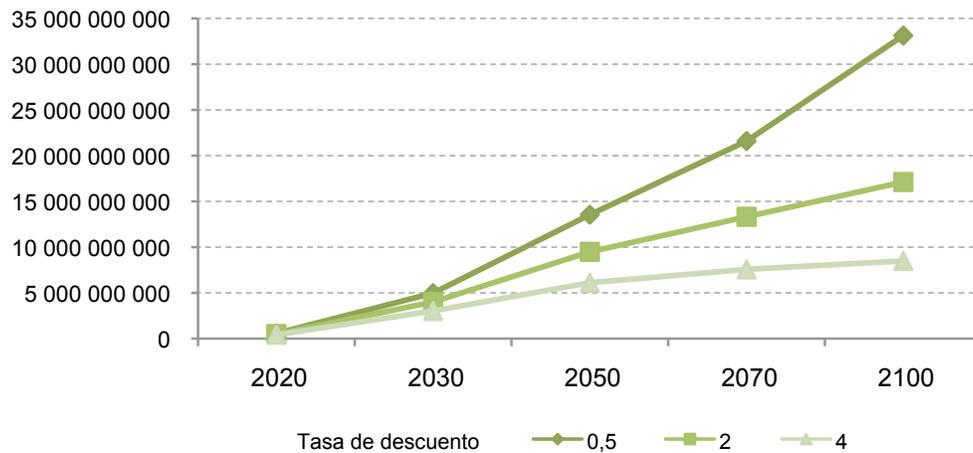
<sup>112</sup> Corresponde a los costos de tratamiento de los casos de dengue y malaria.

**GRÁFICO IV.23**  
**COSTO DE LAS PÉRDIDAS ESTIMADAS ATRIBUIBLES A LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SALUD, ESCENARIOS A2 Y B2, A UNA TASA DE DESCUENTO DEL 0%**  
*(En dólares de 2005)*



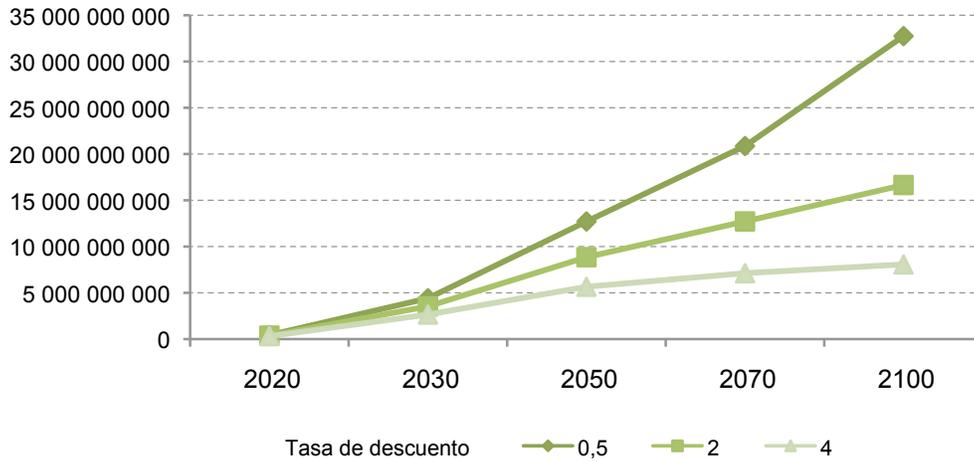
Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO IV.24**  
**COSTO DE LAS PÉRDIDAS ESTIMADAS ATRIBUIBLES A LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SALUD, ESCENARIO A2, A DISTINTAS TASAS DE DESCUENTO**  
*(En dólares de 2005)*



Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO IV.25**  
**COSTO DE LAS PÉRDIDAS ESTIMADAS ATRIBUIBLES A LOS IMPACTOS DEL**  
**CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SALUD, ESCENARIO B2**  
*(En dólares de 2005)*



**Fuente:** Elaboración propia.

Como se observa en los cuadros IV.43 y IV.44 y en los gráficos IV.23, IV.24 y IV.25, las diferencias entre ambos escenarios no son significativas en el período analizado. Incluso la diferencia cercana al 32% hasta el año 2020 se reduce considerablemente, a un 0,6% y un 5,1% dependiendo de la tasa de descuento escogida, en el año 2100. En cambio, se observa una marcada diferencia entre los valores calculados a distintas tasas de descuento en cada escenario analizado. En efecto, en ambos escenarios los valores acumulados hasta el año 2100 y no descontados son bastante similares, al igual que las diferencias relativas al valor acumulado hasta ese año y descontado a tasas del 0,5% (alrededor de un 28% mayor en el escenario A2 y un 29% mayor en el B2), del 2% (entre un 248% y un 253%, respectivamente) y del 4% (500% y 522%, respectivamente), lo que también indica que el valor de los impactos previstos en el escenario B2 registran un aumento proporcionalmente mayor que los previstos en el escenario A2 en los últimos años del período.

## V. Procesos de adaptación en curso: medidas propuestas y estimación de sus costos

Tanto en la SCN como en el estudio nacional de la Argentina se identificaron una serie de medidas de adaptación a los impactos previstos del cambio climático en diferentes sectores, sistemas y regiones, principalmente los efectos vinculados con los recursos hídricos y su posible evolución. En el contexto del estudio nacional no se llevaron a cabo estudios específicos sobre algunos fenómenos, como los relacionados con tormentas y eventos extraordinarios, dado que no pueden predecirse exclusivamente sobre la base de los datos climáticos suministrados por el INPE, pero para la SCN ya se habían identificado medidas de adaptación a estos eventos, como también a las crecidas extraordinarias, el aumento o la disminución de la precipitación media anual, el aumento o la disminución de los caudales medios y otros impactos de carácter hidrológico.

Específicamente, se identificaron medidas estructurales y no estructurales. Entre las primeras destacaban, entre otras, las siguientes: i) obras de construcción de defensas contra las inundaciones, ii) obras de canalización de los excedentes hídricos y iii) obras de retención de los excedentes hídricos. Las medidas no estructurales más importantes son las siguientes: i) reglamentación del uso del suelo en zonas inundables, ii) formulación de planes para hacer frente a emergencias, desarrollo de sistemas de alerta temprana y planes de evacuación, y actividades de capacitación y concientización; iii) formulación de planes de recuperación con posterioridad a situaciones de emergencia, iv) formulación de planes de mantenimiento de la infraestructura, v) redefinición de los criterios de diseño de obras públicas, vi) formulación de planes de manejo de los recursos hídricos y vii) realización de estudios hidrológicos.

Este aspecto del estudio tiene varios antecedentes, entre los que cabe mencionar el Plan maestro integral de la Cuenca del río Salado, que incluye medidas estructurales y no estructurales; el Plan federal de control de inundaciones, y diversos programas para los ríos del litoral.

En lo que concierne a las medidas de adaptación tomadas de forma autónoma por los involucrados, destacan sin duda alguna las aplicadas en el sector agropecuario, principalmente relacionadas con las mayores precipitaciones observadas a partir de la segunda mitad del siglo XX. También cabe destacar un importante proceso de adaptación autónoma a los mayores caudales registrados en la Cuenca del Plata, que incluye tanto la construcción de defensas contra las inundaciones como medidas relacionadas con la navegación<sup>113</sup>.

---

<sup>113</sup> Gobierno de la República Argentina (2007).

Con el propósito de determinar el costo de las medidas de adaptación al cambio climático que podrían aplicarse para prevenir o atenuar los impactos previstos de este en diversos sistemas, sectores y regiones del país, se utilizó la información identificada por los expertos responsables de los informes sectoriales, tanto en lo que respecta a las medidas concretas como a la disponibilidad de datos relevantes. Ante todo, cabe recordar que en el estudio no se incluyen todos los sistemas, sectores y regiones que podrían verse afectados por el cambio climático. Por otra parte, no se dispone de información técnica y socioeconómica sobre algunos de los sistemas, sectores y regiones incluidos, información que es esencial para la valorización monetaria.

Por lo tanto, las medidas cuya valorización económica se presenta en esta sección no agotan las posibilidades existentes y constituyen solo un pequeño porcentaje de las que se podría aplicar<sup>114</sup>. Asimismo, el valor monetario calculado dista mucho de representar la verdadera magnitud de las erogaciones necesarias para prevenir o incluso reducir los efectos de los impactos previstos del cambio climático, y solo corresponde a una reducida porción, la más fácilmente identificable, cuantificable y susceptible de expresarse en términos monetarios, de dichas erogaciones. Queda pendiente, entonces, un arduo trabajo de recopilación de información técnica y socioeconómica que ofrezca una imagen apropiada de la situación.

## A. Medidas de adaptación en las costas del río de la Plata

Con el objeto de determinar el valor económico de las medidas de adaptación destinadas a reducir la vulnerabilidad de la costa del río de La Plata al cambio climático, se recurrió al estudio “Evaluaciones de impacto y adaptación al cambio climático”. Bronstein (2007) sostiene que existen dos tipos de medidas de adaptación ante las inundaciones en la zona: i) la construcción de obras de defensa y ii) la reubicación de los asentamientos en zonas no inundables.

En el presente estudio se calcula el valor de los dos tipos de medidas, adaptadas a la situación específica de la Argentina. Para calcular el valor monetario aproximado de las medidas necesarias, se utilizaron los costos identificados en un caso piloto presentado en el estudio de Bronstein (2007), en el que se atribuye un valor de 12.700.000 dólares a una obra de defensa con un perímetro de 9 km a lo largo de la zona costera de Avellaneda<sup>115</sup>. Esta zona es representativa de un área muy urbanizada y cuya población es de nivel socioeconómico medio a bajo, dependiendo de su ubicación.

Si bien cada zona tiene sus propias características, ante la falta de información se optó por utilizar este dato para calcular el costo total de una obra de defensa de toda la región estudiada (80 km), mediante la extrapolación a toda la extensión del valor correspondiente a los 9 km del estudio de referencia. En el cuadro V.1 se presentan el costo por kilómetro y el costo total de la obra.

<sup>114</sup> Por ejemplo, no se tomaron en consideración los costos de la generación de energía eléctrica adicional necesaria, que se debiera utilizar como alternativa a la electricidad de origen hídrico, a fin de compensar la pérdida de generación hidroeléctrica debida a la reducción de los caudales por efecto de los cambios climáticos previstos. Estos costos corresponderían a la alternativa más probable de generación de electricidad en un escenario de referencia que, en el caso de la Argentina, consistirían específicamente en los costos vinculados a la construcción, la operación y el mantenimiento de centrales térmicas a gas natural y de ciclo combinado. No obstante, una alternativa de este tipo entraría en contradicción con las medidas de mitigación de los efectos de los GEI que se plantean en otro documento de este proyecto; de hecho, en tal caso las medidas de adaptación al cambio climático supondrían una mayor emisión de ese tipo de gases. En vista de esta situación y para evitar propuestas que pudieran ser incompatibles, no se incluyen medidas de adaptación que supongan mayores emisiones, aunque cabe aclarar que esto se traduce en una subestimación de los potenciales costos de las medidas de adaptación necesarias.

<sup>115</sup> Avellaneda es un partido (división administrativa) de la Provincia de Buenos Aires, que limita con la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y forma parte del conurbano bonaerense.

**CUADRO V.1**  
**COSTOS DE UNA OBRA DE DEFENSA EN LA COSTA DEL RÍO DE LA PLATA**  
*(En dólares de 2005)*

Obra	Dólares/km	Total
Terraplén	1 022 222	81 777 778
Otras obras de ingeniería	388 889	31 111 111
Total	1 411 111	112 888 889

**Fuente:** Elaboración propia sobre la base de Bronstein (2007).

Además, en la valorización económica de esos impactos se incluyeron los costos de reubicación de los habitantes de áreas vulnerables y se supuso que la nueva urbanización tendría un valor similar al de la original, por lo que se analizaron las siguientes variables: i) número de viviendas, ii) costo por vivienda, iii) número de habitantes por vivienda y iv) costo de los edificios públicos por unidad integrante del área. El total ascendió a alrededor de 350.000.000 dólares para la zona piloto, pero este valor no corresponde a toda la superficie del área vulnerable, sino solamente a esa zona. Ante la falta de información fidedigna para extrapolar este valor a toda el área, se decidió no realizar una proyección, lo que condujo a una subestimación de los verdaderos costos de las medidas de adaptación, al menos en lo que concierne a esta medida.

Si se supone que las medidas previstas de adaptación tendrían que aplicarse inmediatamente (en el “punto cero”), su valor acumulado (462,9 millones de dólares del año 2005) se mantiene constante en los años de corte posteriores. Esto significa que no varía en comparación con el valor de la adopción de las medidas al inicio del período, lo que obedece al hecho de que una vez realizadas las obras iniciales no se toman nuevas medidas, motivo por el cual el valor acumulado tampoco se ve afectado por las diferentes tasas de descuento utilizadas.

## **B. Medidas de adaptación a las inundaciones de los principales ríos del litoral (Paraná y Uruguay)**

Para realizar una estimación del valor económico de las potenciales medidas de adaptación de la región del litoral a posibles inundaciones de cierta magnitud, se consideraron los valores monetarios de las medidas adoptadas con posterioridad a las inundaciones de 1982 y 1992 en la región estudiada. Específicamente se tomaron en cuenta la construcción de obras de defensa y las medidas de emergencia y evacuación adoptadas en cada caso.

En la valoración pertinente se consideraron el número y la magnitud de las inundaciones previstas en la zona estudiada (véanse los cuadros IV.3 a IV.6) y los costos correspondientes a las medidas mencionadas en el párrafo anterior (cuadros IV.7 a IV.9).

**CUADRO V.2**  
**COSTO DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN A LAS INUNDACIONES DEL LITORAL,**  
**ESCENARIO A2**  
*(En dólares de 2005 no descontados)*

	2020	2030	2050	2070	2100
Río Uruguay	350 658 000	260 337 000	334 719 000	350 658 000	387 849 000
Ríos Paraná y Paraguay	659 953 434	596 298 000	178 889 400	838 842 834	655 927 800
Total	1 010 611 434	856 635 000	513 608 400	1 189 500 834	1 043 776 800

**Fuente:** Elaboración propia.

**CUADRO V.3**  
**COSTOS DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN A LAS INUNDACIONES DEL LITORAL,**  
**ESCENARIO B2**  
*(En dólares de 2005 no descontados)*

	2020	2030	2050	2070	2100
Río Uruguay	345 345 000	329 406 000	371 910 000	302 841 000	393 162 000
Ríos Paraná y Paraguay	477 038 400	477 038 400	357 778 800	357 778 800	779 213 034
Total	822 383 400	806 444 400	729 688 800	660 619 800	1 172 375 034

**Fuente:** Elaboración propia.

Los valores presentados en los cuadros V.2 y V.3 corresponden a costos acumulados, a los que se les aplicaron las distintas tasas de descuento. Esta operación permitió calcular el valor monetario de la pérdida total acumulada (véanse los cuadros V.4 y V.5 y los gráficos V.1 y V.2).

**CUADRO V.4**  
**COSTO ACUMULADO DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN A LAS INUNDACIONES**  
**DE LOS PRINCIPALES RÍOS DE LA REGIÓN DEL LITORAL (RÍOS PARANÁ**  
**Y URUGUAY), ESCENARIO A2**  
*(En dólares de 2005)*

Tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
0%	1 010 611 434	1 867 246 434	2 380 854 834	3 570 355 668	4 614 132 468
0,5%	961 443 107	1 736 751 668	2 157 468 267	3 039 331 113	3 705 619 251
2%	829 053 372	1 405 544 170	1 638 152 491	2 000 691 251	2 176 318 614
4%	682 732 873	1 073 689 905	1 180 668 908	1 293 743 334	1 324 335 280

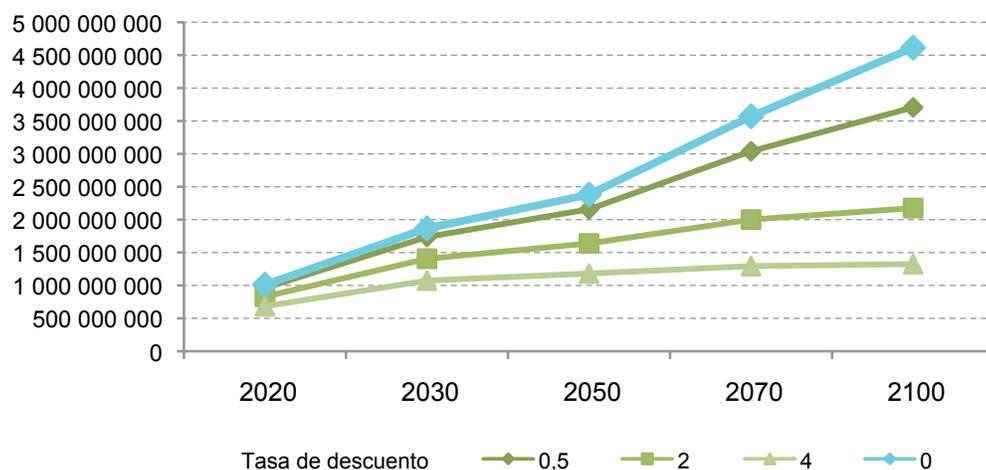
**Fuente:** Elaboración propia.

**CUADRO V.5**  
**COSTO ACUMULADO DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN A LAS INUNDACIONES DE**  
**LOS PRINCIPALES RÍOS DE LA REGIÓN DEL LITORAL (RÍOS PARANÁ Y URUGUAY),**  
**ESCENARIO B2**  
*(En dólares de 2005)*

	2020	2030	2050	2070	2100
0%	822 383 400	1 628 827 800	2 358 516 600	3 019 136 400	4 191 511 434
0,5%	782 372 754	1 512 255 665	2 109 972 117	2 599 737 269	3 348 115 254
2%	674 640 824	1 217 354 787	1 547 823 851	1 749 169 050	1 946 434 535
4%	555 572 758	923 623 455	1 075 609 638	1 138 408 421	1 172 769 439

Fuente: Elaboración propia.

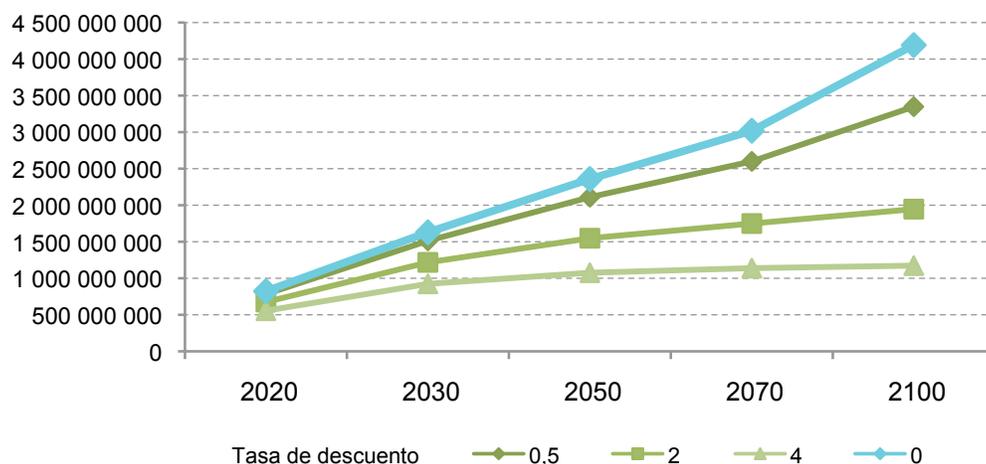
**GRÁFICO V.1**  
**EVOLUCIÓN DEL COSTO ACUMULADO DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN A LAS**  
**INUNDACIONES DE LOS PRINCIPALES RÍOS DE LA REGIÓN DEL LITORAL (RÍOS**  
**PARANÁ Y URUGUAY), ESCENARIO A2**  
*(En dólares de 2005)*



Fuente: Elaboración propia.

La comparación de los cuadros V.4 y V.5 revela que al término del período analizado el valor económico de los costos acumulados de las medidas de adaptación a las inundaciones de los principales ríos de la Cuenca del Plata sería un 13% mayor según el escenario A2, a una tasa de descuento del 4%. La diferencia más marcada entre los valores económicos de las medidas de adaptación correspondientes a ambos escenarios se da al principio del período considerado (valores acumulados hasta el año 2020), en el que sería casi un 23% superior en el escenario A2. Esta diferencia va disminuyendo paulatinamente a todas las tasas de descuento, pero en forma más marcada a menores tasas; este proceso se prolonga hasta el año 2050, en el que los costos de las medidas de adaptación necesarias son prácticamente iguales en ambos escenarios, en el caso de que no se apliquen tasas de descuento. A partir de 2050, la diferencia entre ambos escenarios vuelve a aumentar levemente, pero sin que se repitan los valores anteriores al año 2050.

**GRÁFICO V.2**  
**EVOLUCIÓN DEL COSTO ACUMULADO DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN**  
**A LAS INUNDACIONES DE LOS PRINCIPALES RÍOS DE LA REGIÓN DEL LITORAL**  
**(RÍOS PARANÁ Y URUGUAY), ESCENARIO B2**  
*(En dólares de 2005)*



**Fuente:** Elaboración propia.

En cuanto a la sensibilidad de estos valores a las tasas de descuento utilizadas, los valores no descontados y acumulados hasta el año 2100 del escenario A2 son tres veces y media superiores a los valores acumulados pero descontados a una tasa del 4% (véanse los cuadros V.4 y V.5 y los gráficos V.1 y V.2). La diferencia es algo inferior a la que se observa en el escenario B2 en la misma situación, puesto que supera levemente las tres veces y media si se comparan los valores sin descontar con los descontados a una tasa del 4%.

### C. Medidas de adaptación a los impactos previstos en el ámbito de la salud

Las medidas de adaptación consideradas para el sector salud consisten en las actividades de control del vector del dengue, vigilancia y servicios de laboratorio necesarias para hacer frente a la mayor incidencia de la enfermedad como consecuencia de los cambios climáticos<sup>116</sup>. Para la determinación del valor económico de las medidas mencionadas, se utilizaron como datos de base las conclusiones de un estudio sobre su costo per cápita, que asciende a 1,56 dólares<sup>117</sup>. Este dato fue ponderado por la población que, según las proyecciones, podría verse afectada en los diversos años de corte, de acuerdo a cada escenario climático considerado. Los valores calculados se presentan en los cuadros V.6 y V.7.

<sup>116</sup> Se incluyen, entre otros, gastos de personal, mantenimiento de vehículos, gasolina y material para fumigación.

<sup>117</sup> Véase Armien, Suaya y otros (2008), estudio realizado para el Ministerio de Salud de Panamá. En relación con los rubros sobre los que no se disponía de datos correspondientes a la Argentina, se estableció una estrecha colaboración con los expertos sectoriales, que aportaron sugerencias sobre bibliografía e información disponible, como también sobre la pertinencia de la aplicación de estos datos a las condiciones, características y circunstancias prevalentes en la Argentina.

**CUADRO V.6**  
**COSTOS ECONÓMICOS ACUMULADOS DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN**  
**RELACIONADAS CON EL DENGUE, ESCENARIO A2**  
*(En dólares de 2005)*

Tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
0%	280.433.663	721.717.064	1.777.355.092	3.007.501.700	5.356.683.184
0,5%	272.627.366	680.452.806	1.587.420.988	2.541.880.413	4.151.099.825
2%	251.057.329	574.115.184	1.154.730.068	1.606.102.783	2.134.962.188
4%	226.088.080	464.778.016	791.933.881	962.957.866	1.089.026.703

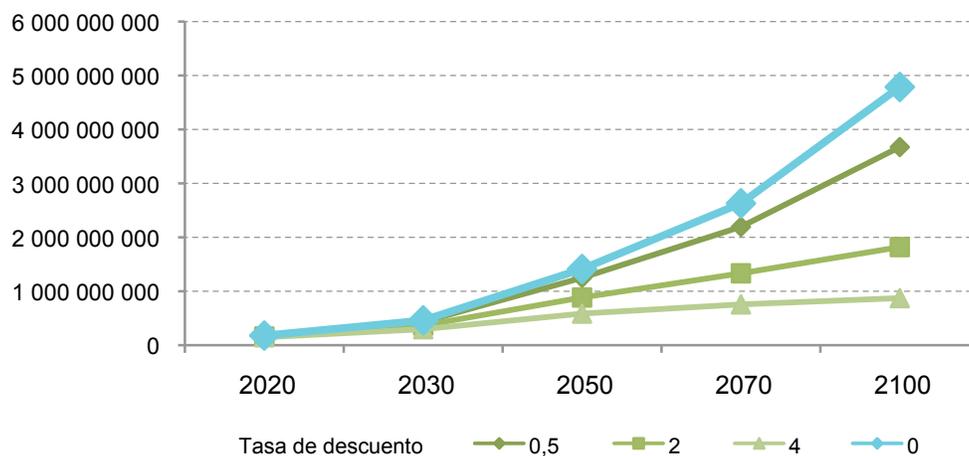
Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO V.7**  
**COSTOS ECONÓMICOS ACUMULADOS DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN**  
**RELACIONADAS CON EL DENGUE, ESCENARIO B2**  
*(En dólares de 2005)*

Tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
0%	178.319.488	459.299.736	1.412.344.257	2.629.572.838	4.786.854.499
0,5%	173.830.326	433.060.337	1.249.638.230	2.194.952.726	3.673.525.996
2%	161.387.611	365.683.668	884.185.686	1.332.470.727	1.819.182.210
4%	146.904.714	296.828.011	585.904.201	756.370.231	872.633.060

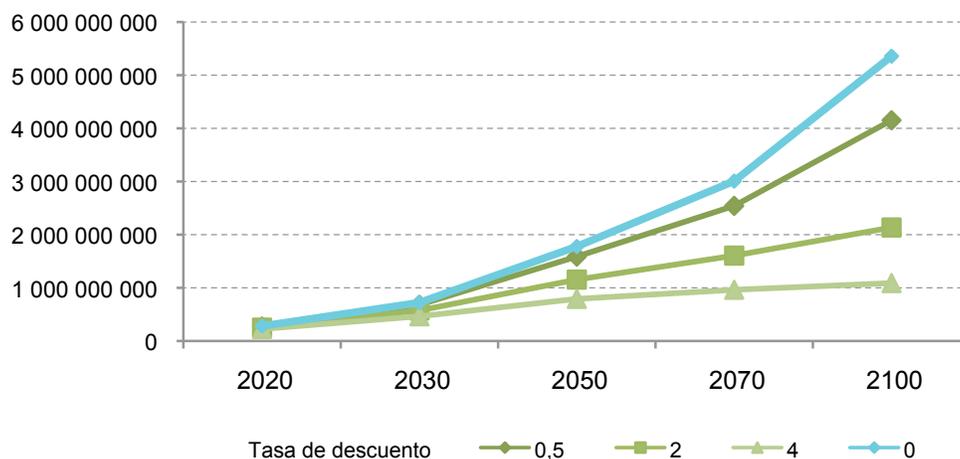
Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO V.3**  
**EVOLUCIÓN DE LOS COSTOS ECONÓMICOS ACUMULADOS DE LAS MEDIDAS DE**  
**ADAPTACIÓN RELACIONADAS CON EL DENGUE, ESCENARIO A2**  
*(En dólares de 2005)*



Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO V.4**  
**EVOLUCIÓN DE LOS COSTOS ECONÓMICOS ACUMULADOS DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN RELACIONADAS CON EL DENGUE, ESCENARIO B2**  
*(En dólares de 2005)*



**Fuente:** Elaboración propia.

Como se observa en los cuadros V.6 y V.7 y en los gráficos V.3 y V.4, los costos acumulados hasta el año 2100 de las medidas de adaptación en el sector salud previstas en el escenario A2 superan en cerca de un 25% el valor correspondiente al escenario B2, calculado a una tasa de descuento del 4%. La máxima diferencia entre los dos escenarios se da en los costos acumulados los primeros años de corte (2020 y 2030), en los que los correspondientes al escenario A2 y no descontados o descontados a una tasa muy baja (0,5%) son alrededor de un 57% más altos que los del escenario B2.

En lo que concierne a la influencia de la tasa de descuento en los costos acumulados hasta el año 2100 según ambos escenarios climáticos, esta es mucho más marcada en el escenario B2 que en el A2. Mientras en el primero de estos los costos acumulados y no descontados hasta el final del período analizado superan en más de un 548,6% los valores descontados a una tasa del 4%, en el escenario A2 la diferencia es del 492%.

## D. Medidas de adaptación en materia de riego en la región del Comahue

Para la valorización económica de las medidas de adaptación al cambio climático en la región del Comahue se tomaron en consideración los costos adicionales que deberían cubrirse para hacer frente a las necesidades de riego en la región, como consecuencia del estrés hídrico previsto de conformidad con la información disponible sobre el clima futuro. En los cálculos pertinentes se consideraron tanto el costo adicional del agua de riego como el número de hectáreas plantadas con árboles frutales (50.000 ha)<sup>118</sup>. Como indicador del estrés hídrico se consideró la reducción de los caudales estimada en el estudio sectorial respectivo, de acuerdo a cada uno de los escenarios y en cada año de corte, y se estimó que la necesidad adicional de riego estaría en relación directa con el descenso previsto de los caudales.

<sup>118</sup> Cámara Argentina de Fruticultores Integrados, Consideraciones sobre la fruticultura de peras y manzanas de Río Negro y Neuquén, junio de 2008.

**CUADRO V.8**  
**COSTO DEL AGUA DE RIEGO Y VOLUMEN DE AGUA CORRESPONDIENTE A UN**  
**CICLO DE CULTIVO DE UNA HECTÁREA EN LA REGIÓN DEL COMAHUE**  
*(En dólares del año 2005)*

Variable	Valor	Unidad utilizada
Costo del agua de riego	0,00639439	Dólares
Agua utilizada por ciclo en la fruticultura	8 500	m <sup>3</sup> /ha/ciclo

**Fuente:** Elaboración propia sobre la base de Barbazza (2005) y Cámara Argentina de Fruticultores Integrados (2008).

Se acumularon los valores calculados desde el año 2010 hasta el final del período analizado (2100) y se les aplicaron las tasas de descuento correspondientes.

Como se observa en los cuadros V.9 y V.10 y en los gráficos V.5 y V.6, los costos acumulados hasta el año 2100 de las medidas de adaptación identificadas para la región del Comahue son un 169% superiores en el escenario A2 a una tasa de descuento del 4%. Esta diferencia entre los dos escenarios llega a su nivel máximo en el futuro más cercano (acumulación hasta el año 2020), en el que los costos calculados de acuerdo al escenario A2 superan en un 207% los del escenario B2. Por otra parte, la influencia de la tasa de descuento en la determinación del valor final de los costos de las medidas de adaptación es significativamente mayor en el escenario B2 que en el A2. Además, según el escenario B2 los valores acumulados al año 2100 y no descontados superan en un 529,4% los valores descontados a una tasa del 4%, mientras que en el escenario A2 esa diferencia es de un 491,3% en los mismos períodos y de acuerdo a las mismas tasas.

**CUADRO V.9**  
**COSTOS ACUMULADOS DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO**  
**CLIMÁTICO ASOCIADAS A LA MAYOR NECESIDAD DE RIEGO EN LA REGIÓN DEL**  
**COMAHUE, ESCENARIO A2**  
*(En dólares de 2005)*

Tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
0%	3 467 677	8 522 442	23 469 328	42 764 398	71 707 003
0,5%	3 382 692	8 061 891	20 904 859	35 909 992	55 789 451
2%	3 146 944	6 871 724	15 095 534	22 239 927	28 825 375
4%	2 872 150	5 641 873	10 277 237	13 008 180	14 594 030

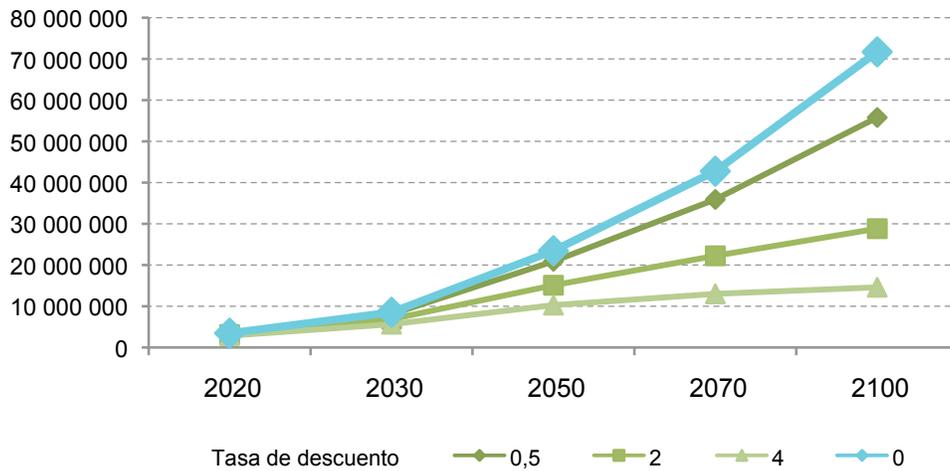
**Fuente:** Elaboración propia.

**CUADRO V.10**  
**COSTOS ACUMULADOS DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO ASOCIADAS A LA MAYOR NECESIDAD DE RIEGO EN LA REGIÓN DEL COMAHUE, ESCENARIO B2**  
*(En dólares de 2005)*

Tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
0%	1 674 051	4 581 900	13 441 326	26 268 472	45 509 189
0,05%	1 633 023	4 324 821	11 937 199	21 912 442	35 128 082
2%	1 519 214	3 661 964	8 536 441	13 285 953	17 663 884
4%	1 386 555	2 979 891	5 727 397	7 542 897	8 597 152

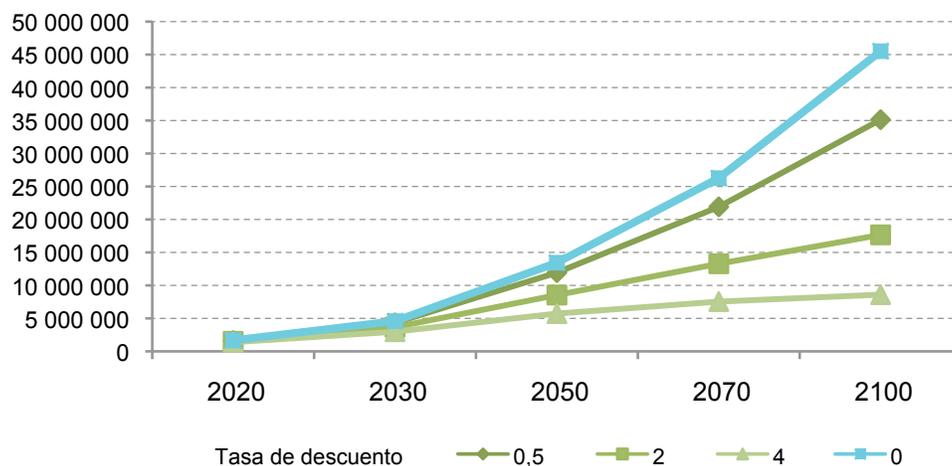
Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO V.5**  
**EVOLUCIÓN DE LOS COSTOS ACUMULADOS DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO ASOCIADAS A LA MAYOR NECESIDAD DE RIEGO EN LA REGIÓN DEL COMAHUE, ESCENARIO A2**  
*(En dólares de 2005)*



Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO V.6**  
**EVOLUCIÓN DE LOS COSTOS ACUMULADOS DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN**  
**AL CAMBIO CLIMÁTICO ASOCIADAS A LA MAYOR NECESIDAD DE RIEGO EN LA**  
**REGIÓN DEL COMAHUE, ESCENARIO B2**  
*(En dólares de 2005)*



Fuente: Elaboración propia.

## E. Resumen de las medidas de adaptación identificadas

En los cuadros V.11 y V.12 se presentan los costos acumulados de las medidas de adaptación que han podido ser identificadas y valorizadas en el presente estudio. Los valores acumulados y no descontados hasta el año 2100, calculados a una tasa de descuento del 0%, ascienden a 10.505 millones de dólares del año 2005 en el caso del escenario A2 y a 9.487 millones de dólares en el escenario B2.

**CUADRO V.11**  
**RESUMEN DE LOS COSTOS ACUMULADOS DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL**  
**CAMBIO CLIMÁTICO IDENTIFICADAS Y VALORIZADAS, ESCENARIO A2**  
*(En dólares de 2005)*

Tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
0%	1 757 401 663	3 060 374 829	4 644 568 143	7 083 510 655	10 505 411 544
0,5%	1 700 342 054	2 888 155 254	4 228 683 003	6 080 010 407	8 375 397 416
2%	1 546 146 534	2 449 419 967	3 270 866 982	4 091 922 850	4 802 995 066
4%	1 374 581 992	2 006 998 683	2 445 768 915	2 732 598 269	2 890 844 902

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO V.12**  
**RESUMEN DE LOS COSTOS ACUMULADOS DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN**  
**AL CAMBIO CLIMÁTICO IDENTIFICADAS Y VALORIZADAS, ESCENARIO B2**  
*(En dólares de 2005)*

Tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
0%	1 465 265 828	2 555 598 325	4 247 191 072	6 137 866 599	9 486 764 011
0,5%	1 420 724 992	2 412 529 712	3 834 436 435	5 279 491 326	7 519 658 221
2%	1 300 436 538	2 049 589 308	2 903 434 867	3 557 814 619	4 246 169 518
4%	1 166 752 916	1 686 320 246	2 130 130 125	2 365 210 438	2 516 888 540

**Fuente:** Elaboración propia.

De los cuadros anteriores se deduce que los costos acumulados en los últimos años del período son de un 11% (a una tasa de descuento del 0%) a un 15% mayores (a una tasa del 4%), según el escenario A2. Cabe señalar que la diferencia se acentúa cuando se utilizan tasas de descuento más altas. La mayor diferencia entre los costos basados en ambos escenarios, que asciende a alrededor del 20%, se registra a principios del período analizado (2020 a 2030) y, en todos los casos, los mayores costos corresponden al escenario A2.

En el contexto del escenario A2, los valores acumulados al término del período y no descontados superan en poco más de 3,6 veces los calculados a una tasa de descuento del 4% y son un 25,43% más altos que los calculados a una tasa del 0,5%. En cambio, en el escenario B2 la diferencia es más acentuada, ya que los costos acumulados hasta el año 2100 y no descontados son 3,8 veces mayores que los calculados a una tasa de descuento del 4% y poco más de un 26% superiores a los basados en una tasa de descuento del 0,5%.

## VI. Procesos de mitigación del cambio climático

Para estimar el potencial de mitigación de los gases de efecto invernadero en la Argentina en el período comprendido entre los años 2010 y 2100, se procedió en primer lugar a desarrollar dos escenarios de emisiones: i) un escenario de base o tendencial, que cubre el período 1990-2100 y ii) un escenario de mitigación, que cubre el mismo período y en el que se contempla la adopción de medidas en diversos sectores con el fin de limitar o reducir las emisiones de GEI.

Se tomaron en consideración los mismos sectores identificados como fuentes de emisión y sumideros de GEI conforme a la metodología descrita en las guías revisadas del Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático de 1996 para la elaboración de inventarios nacionales de GEI, es decir energía; procesos industriales; agricultura, incluida la ganadería; uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y silvicultura, y residuos<sup>119</sup>.

Para el cálculo de las emisiones de acuerdo a ambos escenarios, se utilizaron la metodología desarrollada por el Grupo Intergubernamental<sup>120</sup> y los factores de emisión de los distintos tipos de GEI seleccionados para la SCN de la Argentina<sup>121</sup>; en el caso del sector energético, se utilizó el modelo del sistema de planificación de otras fuentes de energía para los países menos desarrollados (LEAP) para realizar los análisis predictivos y asegurar la coherencia de los resultados obtenidos. El potencial de calentamiento global (PCG) utilizado corresponde al período de cien años previsto en el segundo informe de evaluación del Grupo Intergubernamental (1995), conforme a lo acordado por la Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y aplicado en los proyectos del mecanismo para un desarrollo limpio<sup>122</sup>.

---

<sup>119</sup> UNEP / WMO / IPCC / OCDE / IEA (1997).

<sup>120</sup> UNEP / WMO / IPCC / OCDE / IEA (1997); UNEP / WMO / IPCC / OCDE / IEA / IGES (2000); UNEP / WMO / IPCC / OCDE / IEA (2004); IPCC (2000) y UNFCCC (2004).

<sup>121</sup> Gobierno de la República Argentina (2007).

<sup>122</sup> CO<sub>2</sub>: 1; CH<sub>4</sub>: 21; N<sub>2</sub>O: 310.

## A. Escenarios de base de emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente

Para la estructuración de los escenarios de base de emisiones de GEI se tomaron en consideración los estudios, fuentes y estimaciones enumerados a continuación:

**Período histórico 1990-2005:** información contenida en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero correspondientes a los años 1990, 1994, 1997 y 2000, elaborados para su inclusión en la SCN presentada por la Argentina a la secretaría de la Convención Marco; examen de las emisiones de GEI en el período 1990-2030 realizado por la Fundación Bariloche, en el que se otorga particular importancia al sector energético<sup>123</sup>, y la revisión de estas estimaciones realizada por los consultores sectoriales participantes en este estudio e incluidas en los informes sectoriales respectivos. El grado de desagregación empleado para este análisis es similar al utilizado en el inventario de emisiones.

**Período 2005-2030:** escenario socioeconómico predictivo, cuyos principales resultados se incluyen en el presente documento, basado, entre otros, en el estudio específico ejecutado en el marco del estudio nacional y que, a su vez, es una revisión del incluido en el citado estudio de la Fundación Bariloche (2008) y que contiene información incluida en el escenario socioeconómico utilizado por la Secretaría de Energía de la Argentina para la elaboración del diagnóstico correspondiente al período 2008-2025<sup>124</sup>, con lo que se asegura la coherencia entre los tres ejercicios predictivos llevados a cabo por miembros del mismo equipo. También se tomaron en consideración las estimaciones de la posible evolución de las emisiones de GEI contenidas en el estudio de la Fundación Bariloche, cuyas conclusiones fueron revisadas, actualizadas y ajustadas por los consultores sectoriales, principalmente en lo que respecta a los sectores no energéticos y al comportamiento de las principales variables que definen la evolución de las emisiones de cada sector. En el caso del estudio predictivo 2005-2030, el grado de desagregación también es considerable y llega hasta el nivel de ramas en determinadas industrias, sobre todo las más relevantes desde el punto de vista del consumo de energía, que se tomaron en consideración en la aplicación del modelo LEAP.

**Período 2030-2100:** estimaciones de comportamiento de las variables socioeconómicas relevantes en los diversos sectores, mediante proyecciones de la tasa de crecimiento de la población, el PIB per cápita, el PIB sectorial y la composición del PIB, toda esta información derivada del escenario socioeconómico presentado en el estudio nacional y cuyas principales conclusiones se toman en cuenta en el presente estudio. Sobre la base de dicho comportamiento, se estimó la evolución potencial de las emisiones de GEI de cada sector en términos agregados.

**Período 2030-2100:** estimaciones de las emisiones de GEI sectoriales elaboradas sobre las bases indicadas a continuación<sup>125</sup>:

- Tasa de crecimiento de la población para la estimación del consumo energético del sector residencial.
- Aumento del área sembrada hasta el año 2100, conforme a lo indicado en el informe sectorial sobre la agricultura, para la estimación del consumo energético del sector agropecuario.
- Evolución prevista del valor bruto de la producción para la proyección del consumo energético de los demás sectores productivos.
- En el sector energético se supuso que la intensidad energética, consistente en la relación entre el consumo de energía y el PIB, irá disminuyendo tendencial y gradualmente en función del aumento de la eficiencia energética y de la utilización de los recursos, incluso en el escenario de base.

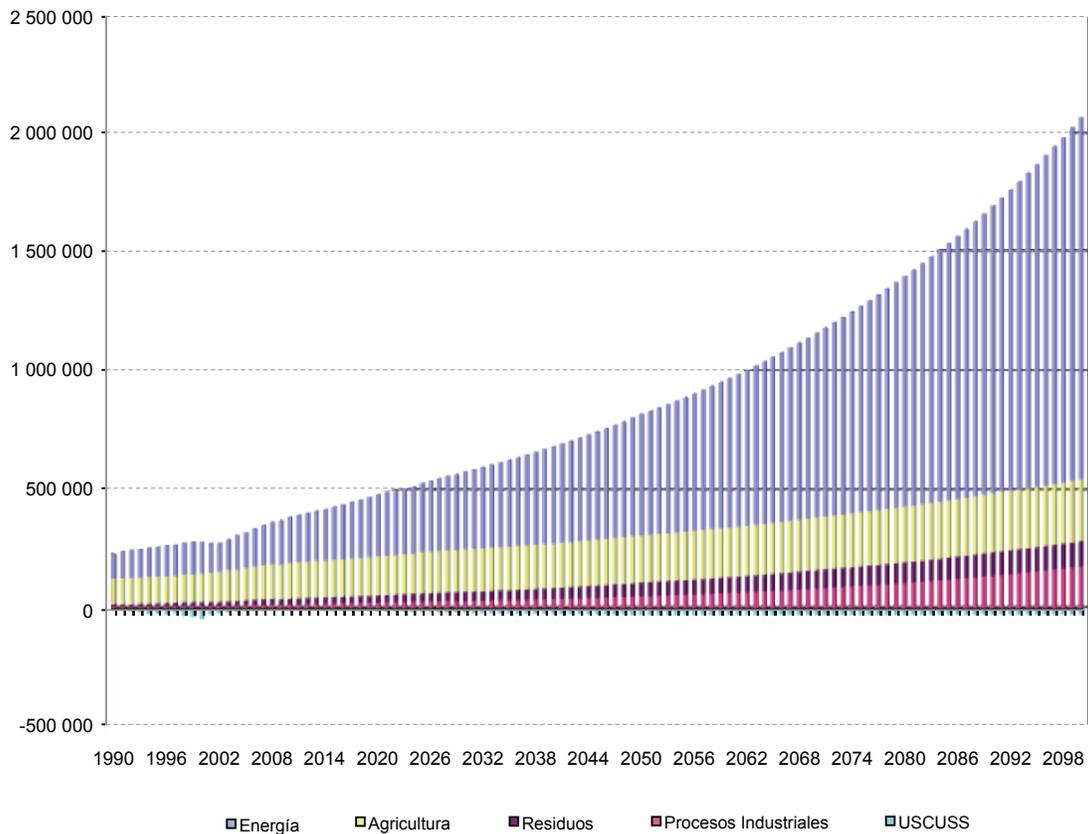
<sup>123</sup> Fundación Bariloche (2008).

<sup>124</sup> Secretaría de Energía de la Nación (2008).

<sup>125</sup> Se mencionan solo parte de las fuentes utilizadas. La información detallada se presenta en los puntos correspondientes a cada sector del informe de síntesis y los informes sectoriales.

- Variaciones estimadas del VBP y del PIB para la estimación de las emisiones del sector de procesamiento industrial; se consideraron los sectores minero, de producción de metales, petroquímico y de la construcción, entre otros.
- Existencia de 70 millones de cabezas de ganado vacuno en el año 2100, cifra indicada en el informe sectorial pertinente, para la estimación de las emisiones del sector ganadero.
- Supuesta expansión gradual del área de potencial uso agrícola, hasta su plena utilización, para la proyección de las emisiones del sector agrícola. Se utilizaron como parámetros una extensión de 42 millones de hectáreas en 2050 y la paulatina incorporación de otros 15 millones desde entonces hasta el año 2100, proceso atribuido a la ocupación de tierras que, bajo ciertas circunstancias y mediante la aplicación de tecnologías conocidas actualmente, pueden dedicarse a la explotación agrícola.
- Tendencia de evolución de la población para la estimación de las emisiones del sector de residuos.
- En relación con el uso de los suelos, el cambio del uso del suelo y la silvicultura, se supuso que a partir del año 2050 se daría pleno cumplimiento a las disposiciones de la Ley de Protección Ambiental de los Bosques Nativos.

**GRÁFICO VI.1**  
**EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES SECTORIALES NETAS DE GASES DE EFECTO**  
**INVERNADERO, ESCENARIO DE BASE, 1990-2100**  
*(En Gg de CO<sub>2</sub>e)*



Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO VI.1**  
**EMISIONES SECTORALES DE GEI EN TÉRMINOS DE CO<sub>2</sub>e, ESCENARIO DE BASE**  
*(Millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e)*

Sector	1990	2005	2010	2020	2030	2050	2070	2100
Energía	103,6	148,8	191,6	260,4	331,2	509,5	757,9	1 500,4
Procesamiento industrial	8,3	13,9	16,0	23,7	30,7	50,4	82,5	173,1
Agrícola	108,1	136,3	152,4	164,0	178,7	203,9	220,8	249,4
Residuos	8,7	19,2	24,1	29,7	38,7	60,7	79,9	108,9
Uso del suelo, cambio del uso del suelo y silvicultura	-3,5	-12,4	-7,5	-13,7	-18,5	-27,3	-26,9	-26,6
Total	225,2	305,8	376,6	464,1	560,8	797,2	1 114,2	2 005,2

**Fuente:** Elaboración propia.

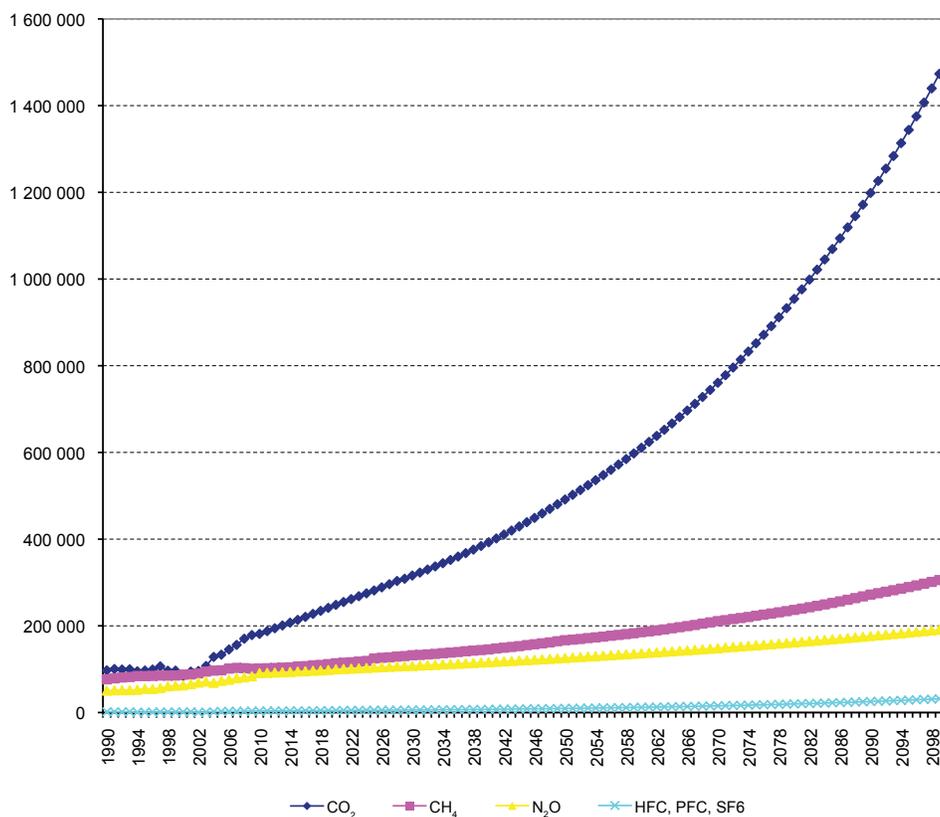
En el gráfico VI.1 y el cuadro VI.1 se observa la evolución del total de emisiones netas de GEI en la Argentina, incluido el sector de uso del suelo, cambio del uso del suelo y silvicultura<sup>126</sup>, en el período analizado. Estas emisiones aumentan de 225.229,67 Gg de CO<sub>2</sub>e en 1990 a 2.005.243,62 Gg de CO<sub>2</sub>e en el año 2100, lo que implica que crecen nueve veces en ese lapso. El incremento registrado entre los años 1990 y 2005 (este último considerado como punto de partida del estudio para el cálculo predictivo de las emisiones) es de casi un 36%; entre el inicio de la serie y el año 2010 es de un 67%. Por lo tanto, las emisiones netas totales podrían llegar a crecer seis veces y media entre 2005 y 2100. En el año 2010 el aumento sería de un 23,2% respecto del año base, mientras que en 2020 se registraría un aumento del 51,8%, que se elevaría a un 83,4% en 2030, a un 160,7% en 2050, a un 264,4% en 2070 y a un 555,7% en el 2100, año final del período en el que se prevé que las emisiones equivalgan a tres veces y media las de 2030.

Sobre la base de los mismos datos, se deduce que se produciría un aumento de la importancia relativa de las emisiones correspondientes al sector energético, en comparación con los demás sectores, a medida que se va avanzando en el tiempo y la serie se acerca al año horizonte (2100). En efecto, en el sector energético las emisiones se multiplican por diez entre el año base (2005) y el año horizonte (2100) y también se eleva significativamente su participación en el total de emisiones de GEI. Si se excluye el sector de USCUS, el sector energético, que en 2005 representa el 46,76% del total de emisiones (48,65% del total de emisiones netas), pasa a representar el 49,89% de estas en 2010, el 54,50% en 2020, el 57,17% en 2030, el 61,79% en 2050, el 66,42% en 2070 y el 73,84% en 2100. Las emisiones del sector agrícola siguen ocupando el segundo lugar en términos de volumen, pero su participación se iría reduciendo en comparación con las provenientes del sector energético. Aunque en términos absolutos registrarían un alza del 83% entre 2005 y 2100, su participación en el total disminuiría del 42,83% en 2005 al 39,68% en 2010, al 34,32% en 2020, al 30,48% en 2030, al 24,73% en 2050 y al 19,35% en 2070, para terminar representando un 12,28% en 2100. El sector cuyas emisiones registrarán un mayor aumento porcentual es el de procesamiento industrial (superior a 11 veces), pero su participación en el total seguiría siendo poco significativa incluso en el año 2100 (8,63% en comparación con un 4,37% en el año base). Las emisiones del sector de residuos se quintuplican hasta el año 2100 y su participación en el total de emisiones de GEI llega a su punto máximo en 2050 (7,37% del total), para luego reducirse, paralelamente a la desaceleración del crecimiento de la población, hasta representar el 5,36% del total en el año 2100.

<sup>126</sup> En las emisiones netas se incluyen las capturas de CO<sub>2</sub> en el sector de uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura. La distinción entre las emisiones de GEI en las que se incluyen las de este sector y las demás es importante en la Argentina, porque este presenta un mayor nivel de absorción en sumideros que de emisiones por fuentes. Por consiguiente, las emisiones netas difieren de las brutas, debido a que las absorciones de CO<sub>2</sub> ya han restado de las primeras.

En cuanto a las emisiones de GEI por tipo de gas (véanse el gráfico VI.2 y el cuadro VI.2), se observa una clara tendencia creciente de la proporción del total de emisiones correspondiente a  $\text{CO}_2$ . De hecho, las emisiones de este gas se multiplican por diez entre el año base y el año horizonte, y algo similar sucede si se excluyen las emisiones del sector de USCUS, que pasan de representar el 43,7% de las emisiones netas en 2005 al 75,1% en 2100. Esta evolución es diametralmente opuesta a lo que sucede tanto con el  $\text{CH}_4$  como con el  $\text{N}_2\text{O}$ . Si bien las emisiones de  $\text{CH}_4$  se triplican entre 2005 y 2100, su participación disminuye del 31,9% del total en 2005 al 27% en 2010 y del 25% al 20% entre 2020 y 2050, y desciende a menos del 20% en 2070 (19,1%) y 2100 (15,2%). La evolución de las emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  es similar, puesto que se duplican en el período analizado, pero su participación se reduce del 23,9% en 2010 al 8,8% en 2100. El estancamiento relativo de las emisiones de las actividades agrícolas y ganaderas, en comparación con las producidas por el sector energético, explica el descenso de la participación de estos dos gases cuya importancia como componente del total de GEI sigue siendo una característica destacada de las emisiones de los países que son grandes productores agropecuarios, como ocurre con la Argentina. Los demás GEI, entre otros los hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ), presentan un notable incremento en términos absolutos (principalmente debido a la mayor fabricación de equipos de refrigeración, conservación de alimentos y aire acondicionado, la producción de aluminio y la utilización de estos gases con otros fines), y su participación en el total llega a su punto máximo en el año 2100, en el que representan el 0,9% del total.

**GRÁFICO VI.2**  
**EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES NETAS DE GEI POR TIPO DE GAS,**  
**ESCENARIO DE BASE, 1990-2100**  
*(En Gg de  $\text{CO}_2e$ )*



Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO VI.2**  
**EMISIONES DE GEI DEL SECTOR DE RESIDUOS, ESCENARIO DE BASE**  
*(En millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e)*

Emisiones sectoriales, incluido el sector de USCUS	1990	2005	2010	2020	2030	2050	2070	2100
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	97,3	133,5	181,8	248,4	317,9	491,1	746,1	1 506,1
Metano (CH <sub>4</sub> )	76,6	97,4	101,7	113,7	132,3	169,8	212,4	304,0
Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O)	50,4	73,1	91,0	99,2	107,3	131,0	146,9	176,7
Hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre (SF <sub>6</sub> )	0,9	1,7	2,1	2,8	3,3	5,3	8,8	18,4
Total	225,2	305,8	376,6	464,1	560,8	797,2	1 114,2	2 005,2

Fuente: Elaboración propia.

## 1. Composición actual de la matriz energética, y posibles tendencias de la oferta y la demanda de energía en el período 2010-2100

El análisis predictivo de la demanda y la oferta del sector energético hasta 2030 se basó principalmente en las conclusiones del estudio de la Fundación Bariloche (2008) y el diagnóstico para el período 2008-2025 de la Secretaría de Energía, basados en el modelo LEAP.

Para estimar la evolución de la demanda energética hasta el año 2030 y la participación de las fuentes energéticas de los diferentes sectores, se consideró la evolución histórica de la participación de las distintas fuentes energéticas de cada subsector. Se prevé que la estructura de precios relativos de los productos energéticos evolucione de conformidad con sus precios internacionales, aunque se supone que el gas natural y la electricidad mantendrán ventajas comparativas respecto de los demás, lo que permitiría que ambas fuentes siguieran incorporándose a la matriz energética durante el período analizado.

Asimismo, se prevé la incorporación de biocombustibles, que sustituirán principalmente a los productos derivados del petróleo, aunque la dependencia de los hidrocarburos seguirá siendo preponderante, fundamentalmente en el sector del transporte; por otra parte, se producirá una sustitución del petróleo y sus derivados por el gas natural, incluso importado, especialmente en la industria y en actividades que supongan usos no energéticos.

Respecto de la electricidad se supone que se cumplirán las hipótesis del Gobierno de la Argentina, según las cuales todos los hogares del país contarán con electricidad antes de 2025.

**CUADRO VI.3**  
**EVOLUCIÓN PREVISTA DE LA INTENSIDAD ENERGÉTICA, ESCENARIO DE BASE**  
*(En miles de toneladas equivalentes de petróleo/millones de pesos de 2004)*

	2004	2030	2050	2070	2100
Comercial y público	0,0146	0,0133	0,0133	0,0126	0,0120
Industria	0,0276	0,0313	0,0313	0,0298	0,0283
Transporte	0,2442	0,1634	0,1634	0,1553	0,1475
Agropecuario	0,1144	0,0951	0,0951	0,0903	0,0858
Total	0,0630	0,0530	0,0530	0,0503	0,0478

Fuente: Elaboración propia.

También se prevé una leve disminución de la intensidad energética hasta el año 2030, siguiendo la tendencia histórica. Esta disminución continuaría en los períodos posteriores a 2030 y se prevé que no variaría entre 2030 y 2050, pero luego disminuiría un 5% entre 2050 y 2070 y un 5% adicional entre 2070 y 2100. Lo anterior respondería al posible aumento de la eficiencia debida a las mejoras tecnológicas incorporadas que se esperan en los nuevos equipos que van ingresando, de forma tendencial, durante el período analizado. En el cuadro VI.3 se presentan las intensidades energéticas correspondientes a los años 2004, 2030 y a los años de corte posteriores a 2030.

Se estimó que en el sector del transporte se mantendría la tendencia histórica y, además, se observaría una mejora de los consumos específicos que traería aparejado un ahorro de energía. En el año 2010 se habría comenzado a utilizar una mezcla de gasóleo con un 5% de biodiésel y un 5% de bioetanol como sustituto de la gasolina.

En el sector agropecuario se prevé un considerable incremento del uso de gasóleo, pese a lo cual se propone la incorporación del biodiésel, de acuerdo a lo previsto en la Ley de Biocombustibles.

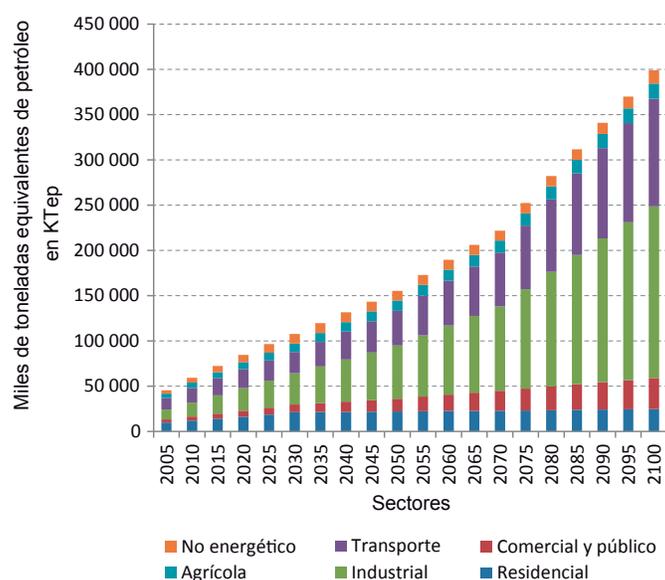
Con respecto a la oferta energética, se adoptaron los supuestos indicados a continuación, con mayor nivel de detalle para el período 2010-2030 y mayor grado de agregación a partir de entonces (período 2030-2100):

- Aumento en los primeros años del período 2010-2030 de la autogeneración, que luego retomaría los niveles históricos, de alrededor del 10% de la demanda total y de un máximo del 18% en la industria. Se prevé un predominio de las centrales térmicas convencionales (en especial a turbovapor y electrogeneradores que funcionan con diésel), lo que significa que la estructura de generación se mantendría prácticamente invariable. Se espera un aumento de la participación del gasóleo y la creciente incorporación de otras fuentes primarias (residuos agroindustriales).
- Supuesta incorporación en las redes interconectadas de servicio público, en el período 2010-2030, de nuevas instalaciones cuya construcción ya está decidida o que seguramente se construirán. Si bien se prevé una reanudación del desarrollo hidroeléctrico y nuclear, este no modificará significativamente la estructura del parque de centrales de generación.
- Incorporación de equipos que funcionen con fuentes renovables, pero sin llegar a los niveles optimistas previstos en la Ley de regulación y promoción para la producción y uso sustentables de biocombustibles de 2006.
- Incorporación masiva de turbinas de ciclo combinado dual (gas natural y gasóleo) y equipos de turbovapor (gas natural, combustible líquido y carbón mineral), lo que exige una disponibilidad de gas natural levemente superior a la actual.
- Aplicación de una política de integración eléctrica conservadora con los países vecinos en el período 2010-2030, en la que solo se contemplan las obras existentes de interconexión y las obras que están en ejecución.
- Reducción progresiva de la oferta de petróleo, tanto en términos de producción como de reservas, lo que convertiría a la Argentina en un país importador neto de crudo después de 2010. En cuanto al gas natural, se estima que deberían acelerarse los procesos de exploración y que, en caso contrario, habría que incrementar las importaciones. Asimismo, se estima que parte de la creciente demanda interna sea satisfecha mediante la reducción de las exportaciones.
- Mantenimiento constante del nivel de consumo energético per cápita del sector residencial del año 2030 hasta 2050 y descenso a partir de entonces hasta que se logre una reducción del 5% en 2070. Esta tendencia se acentuaría, puesto que entre 2070 y 2100 el indicador registraría una baja adicional del 5%.

- Reducción de la intensidad energética en diversos sectores a partir del año 2030 (véase el cuadro VI.3).
- Eliminación de las restricciones para el uso de gas natural y de petróleo y sus derivados en 2030-2100, dado que si los recursos nacionales no permitieran satisfacer la demanda se recurriría a la importación de estos combustibles. La producción de energía hidroeléctrica alcanzaría su pleno potencial identificado (alrededor de 175.000 GWh/año) en el período que concluye en 2100.
- Después de 2030, en el sector eléctrico solo quedarían sistemas aislados que no puedan interconectarse por diversos motivos, entre otros la existencia de barreras geográficas. Por otra parte, el número de autoprodutores aumentaría a distintas tasas por tramos, hasta presentar en el período 2070-2100 una tasa de expansión equivalente a la mitad de la observada en 2020-2030. Todo el resto de la expansión del abastecimiento eléctrico destinada a cubrir la demanda energética proyectada provendría de sistemas interconectados.

En el gráfico VI.3 se presentan los resultados de la predicción de la demanda energética en el año horizonte. Como se puede apreciar, las hipótesis y los supuestos utilizados ponen de manifiesto un crecimiento muy importante del sector industrial, que sextuplica su consumo entre 2030 y 2100 y lo multiplica por 16 veces entre 2005 y 2100, y pasa de representar el 25% del total en 2005 al 31,9% en 2030 y al 46,5% en 2100. Algo similar sucede con el sector de transporte, que registra un aumento del 21,7% en 2030 al 29,1% en 2100, lo que se compara con el 27,8% del total de la demanda final de energía que representaba en 2005. El subsector cuya participación acusa una mayor contracción en el período analizado es el residencial (21,7% del total de la demanda energética en 2005 y 19,7% en 2030, en comparación con el 6% del total en 2100), debido fundamentalmente a la dispar evolución de las variables explicativas de los subsectores (población en el caso del sector residencial y valor bruto de la producción en los otros dos subsectores mencionados).

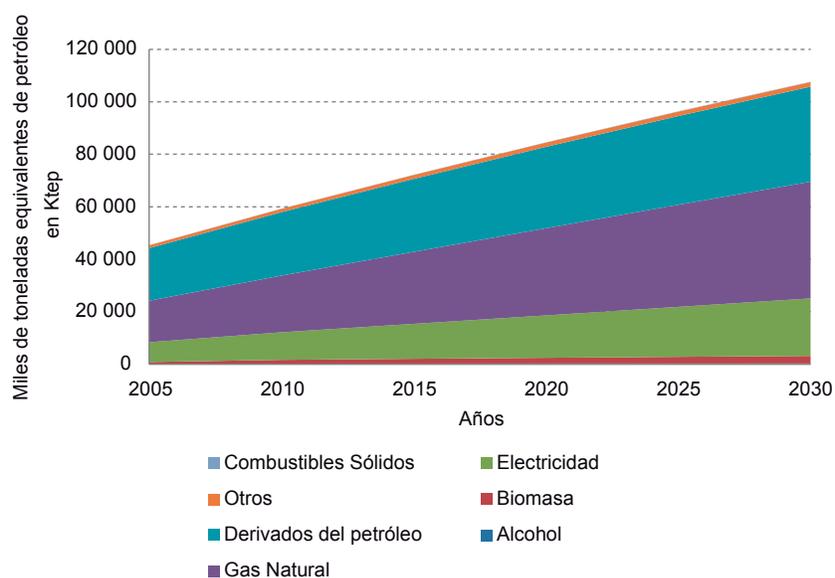
**GRÁFICO VI.3**  
**PREDICCIÓN DE LA DEMANDA FINAL DE ENERGÍA POR SECTORES,**  
**ESCENARIO DE BASE, 2005-2100**  
*(En miles de toneladas equivalentes de petróleo)*



Fuente: Elaboración propia.

La evolución de la demanda clasificada por fuentes en el período 2005-2030 muestra que la dependencia de los hidrocarburos seguirá siendo preponderante en el escenario de base, aunque también se observa una sustitución del petróleo y sus derivados por gas natural (véase el gráfico VI.4). En el año 2005 la dependencia de los derivados del petróleo y el gas natural representó el 76% del consumo final de energía. Los supuestos adoptados para la construcción de este escenario apuntan a una disminución de esa participación de tres puntos porcentuales en 2030. Mientras la participación de los derivados del petróleo decrece un 8% en el período analizado, debido a la disminución del consumo pertinente del sector de transporte y la incorporación de un 5% de biocombustibles en las mezclas de gasolina y diésel, la participación de la electricidad registra un incremento del 4% y la del gas natural de un 5%.

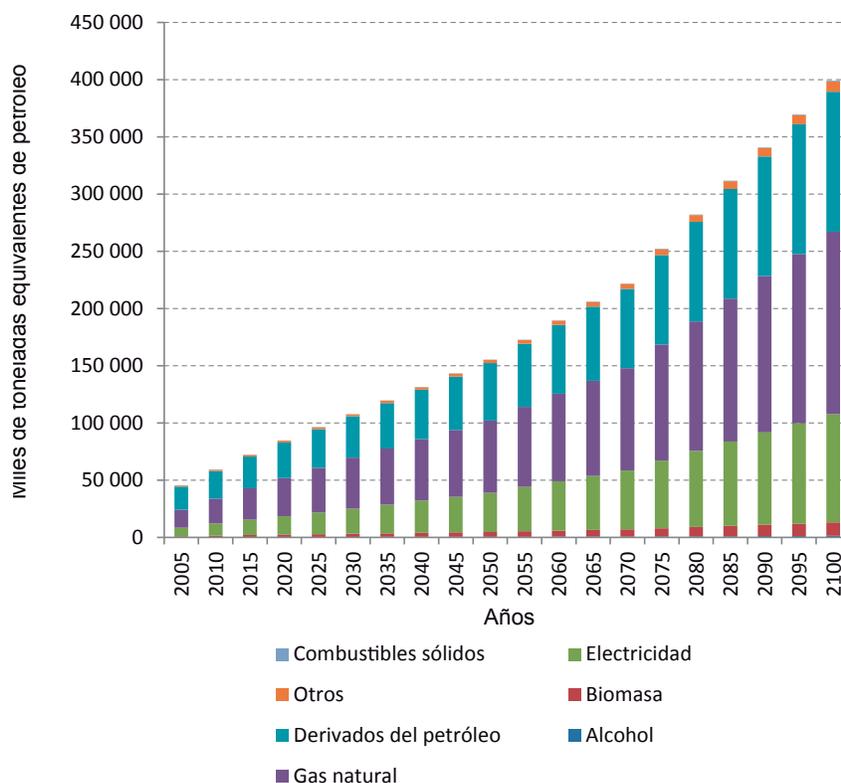
**GRÁFICO VI.4**  
**PREDICCIÓN DE LA DEMANDA FINAL DE ENERGÍA POR FUENTES,**  
**ESCENARIO DE BASE, 2005-2030**  
*(En miles de toneladas equivalentes de petróleo)*



**Fuente:** Elaboración propia.

En cuanto a las fuentes de energía que se utilizarían entre 2030 y 2100, en el gráfico VI.5 se aprecia que el gas natural y los derivados del petróleo son las dos fuentes más importantes a lo largo de todo el período analizado, seguidas por la electricidad. No obstante, esta última muestra una participación creciente en el período 2030-2100, prolongando la tendencia observada desde 2005, mientras que la participación de las otras dos fuentes se va reduciendo paulatinamente durante todo el período. Además, entre los años 2030 y 2100 el principal subsector usuario de gas natural sería el industrial, que en 2100 absorbe prácticamente la mitad de la demanda.

**GRÁFICO VI.5**  
**PREDICCIÓN DE LA DEMANDA FINAL DE ENERGÍA POR FUENTES,**  
**ESCENARIO DE BASE, 2030-2100**  
*(En miles de toneladas equivalentes de petróleo)*

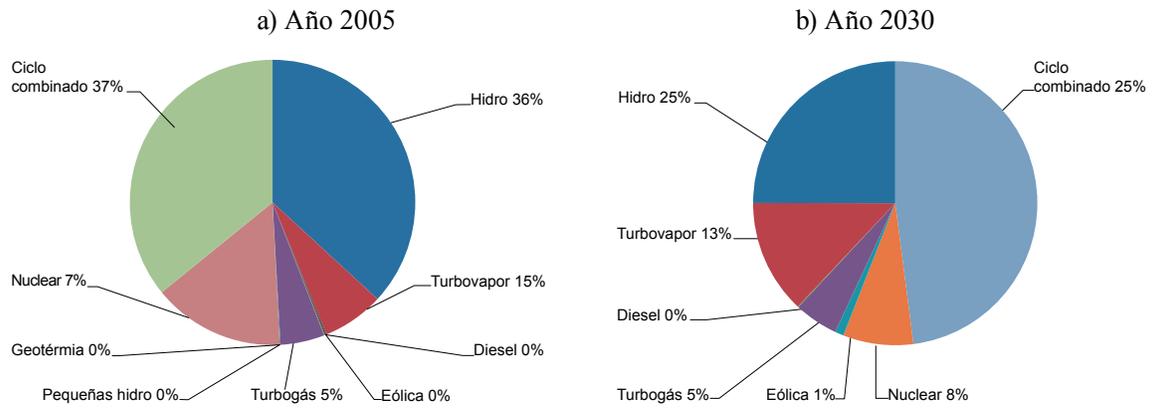


**Fuente:** Elaboración propia.

En la predicción de la oferta energética, también basada en el modelo LEAP, se otorga primordial importancia al período 2005-2030, mientras que la correspondiente al período 2030-2100 presenta un menor nivel de detalle. Para calcular el equipamiento futuro se distinguió entre la demanda de electricidad de los mercados aislados (0, 8% de la demanda total en 2030) e interconectados (89%) y de las unidades de autoproducción (alrededor del 10% de la demanda total en torno al año 2030). En una segunda etapa se consideraron los equipamientos propuestos para satisfacer la demanda eléctrica futura y se formularon hipótesis sobre la probable evolución de los intercambios de electricidad con los países vecinos.

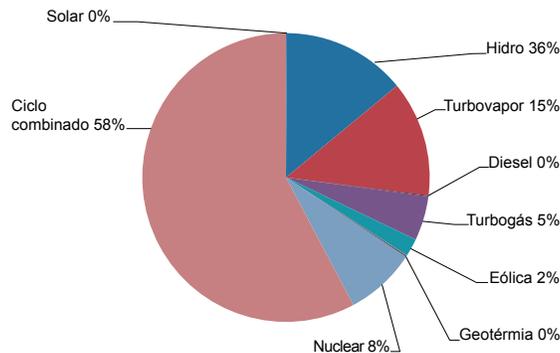
En cuanto a la estructura de generación descrita para los años 2005 y 2030 (véanse los gráficos VI.6 y VI.7), habría un aumento de la participación de los ciclos combinados, fundamentalmente en detrimento de la generación de energía hidroeléctrica, mientras que la participación de la energía nuclear y eólica aumentaría y se reduciría la de las centrales a turbovapor. Hacia el año 2100 la participación de los ciclos combinados se eleva hasta un 58,5%, la de hidroelectricidad disminuye a un 14% y aparece la energía geotérmica, mientras que la participación porcentual de los demás componentes se mantienen en los niveles registrados en 2030.

**GRÁFICO VI.6**  
**SISTEMAS INTERCONECTADOS: EVOLUCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE GENERACIÓN, 2005 Y 2030**



Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO VI.7**  
**SISTEMAS INTERCONECTADOS: ESTRUCTURA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA, 2100**



Fuente: Elaboración propia.

Esta evolución prevista del sector energético en el escenario de base determina las emisiones de GEI que se presentan en el cuadro VI.4 y el gráfico VI.8.

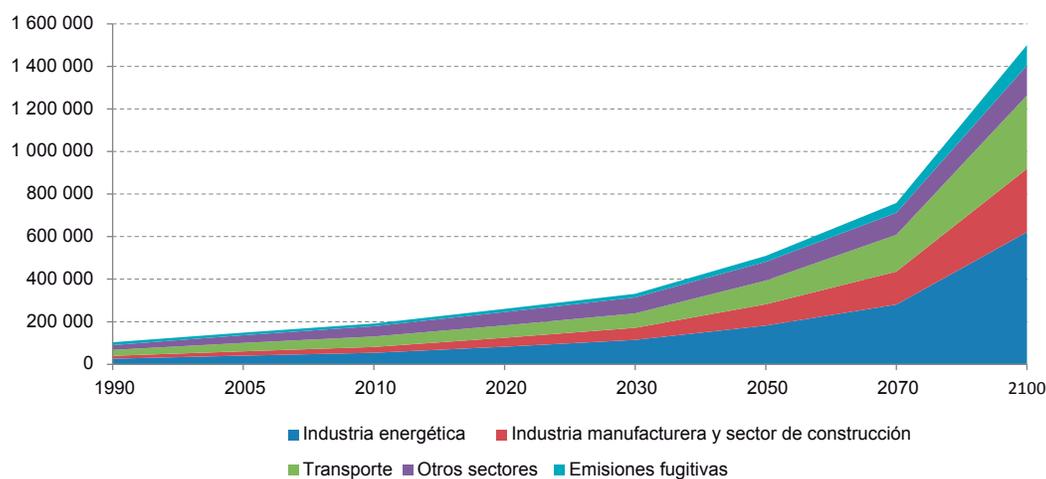
En el cuadro VI.4 y el gráfico VI.8 se presenta la evolución de las emisiones de GEI de las diversas categorías que componen el sector energético, de acuerdo al escenario de base, lo que permite apreciar un aumento de la participación de las emisiones de GEI de las industrias energéticas superior a la de los demás subsectores. En efecto, el porcentaje correspondiente a esta categoría aumenta del 27% de las emisiones del sector en el año 2005 al 35% en 2030 y, finalmente, al 41% en el año 2100. Las emisiones de la industria manufacturera también incrementan notablemente su participación, del 14% que representaban en 2005 al 20% en 2100. El sector del transporte, en cambio, parte de la misma participación porcentual en el año 2005, pero esta va reduciéndose paulatinamente hasta representar el 20% en el año 2030 y recuperar terreno lentamente hasta ascender al 23% en 2100. La categoría cuyas emisiones pierden más peso relativo son las provenientes del consumo energético de otros sectores (residencial, comercial y público y agropecuario), que en el año 2005 representaban el 24% del total y en 2100 equivaldrían apenas al 9%.

**CUADRO VI.4**  
**EMISIONES DE GEI DEL SECTOR ENERGÉTICO, ESCENARIO DE BASE**  
*(En Gg de CO<sub>2</sub>e)*

Sector	1990	2005	2010	2020	2030	2050	2070	2100
Industria energética	26 311,27	40 619,85	54 064,46	82 459,51	114 610,35	181 931,10	280 698,98	621 111,53
Industria manufacturera y construcción	13 527,32	20 312,69	27 370,81	42 188,13	56 678,83	100 175,10	155 018,47	297 846,25
Transporte	27 858,83	39 484,65	49 075,11	57 968,80	67 765,69	111 054,15	172 876,40	344 488,93
Otros sectores	22 379,64	36 209,95	48 498,69	62 967,49	75 075,00	88 362,06	103 505,58	140 968,24
Emisiones fugitivas	13 532,90	12 127,71	12 555,55	14 811,47	17 042,72	27 929,53	45 770,81	96 023,16
<b>Total</b>	<b>103 609,96</b>	<b>148 754,85</b>	<b>191 564,63</b>	<b>260 395,40</b>	<b>331 172,58</b>	<b>509 451,95</b>	<b>757 870,24</b>	<b>1 500 438,11</b>

Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO VI.8**  
**EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI DEL SECTOR ENERGÉTICO POR CATEGORÍA, ESCENARIO DE BASE**  
*(En Gg de CO<sub>2</sub>e)*



Fuente: Elaboración propia.

## 2. Uso del suelo y cambio del uso del suelo, incluidas la agricultura y la ganadería

En este punto se incluyen los análisis efectuados y los resultados obtenidos tanto sobre el sector agrícola, incluida la ganadería, como el sector de USCUS. También se incluye el análisis de las propuestas relacionadas con el mecanismo de reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal de las Naciones Unidas (conocido como REDD por su sigla en inglés).

## Sector agropecuario

El sector agrícola en su conjunto ocupa el segundo lugar entre los emisores de GEI después del sector energético (véanse el cuadro VI.1 y el gráfico VI.1). Se estima que esta situación histórica se prolonga durante todo el período bajo análisis, de acuerdo con las conclusiones derivadas de los escenarios elaborados para el presente estudio.

Si bien en la metodología empleada por el Grupo Intergubernamental los sectores agrícola y ganadero se consideran conjuntamente, en el caso de la Argentina y dada la importancia de ambos y las características específicas de los procesos que dan origen a las emisiones de GEI en cada uno de ellos, se consideró importante realizar análisis específicos.

En el cuadro VI.5 y el gráfico VI.9 se puede observar la evolución de las emisiones del sector agropecuario según el escenario de base. Las emisiones de GEI de los dos sectores, medidas en Gg de CO<sub>2</sub>e, aumentan de 136.257,99 en 2005 a 249.449,11 en 2100, lo que implica un incremento del 83%, bastante inferior al que muestran otros sectores y que explica el descenso de la participación en el total de emisiones. Este estancamiento relativo se debe fundamentalmente al comportamiento de las emisiones debidas a fermentación entérica, a su vez estrechamente vinculadas a la evolución de número de cabezas de ganado y que registran un alza de apenas poco más del 34% entre 2005 y 2100.

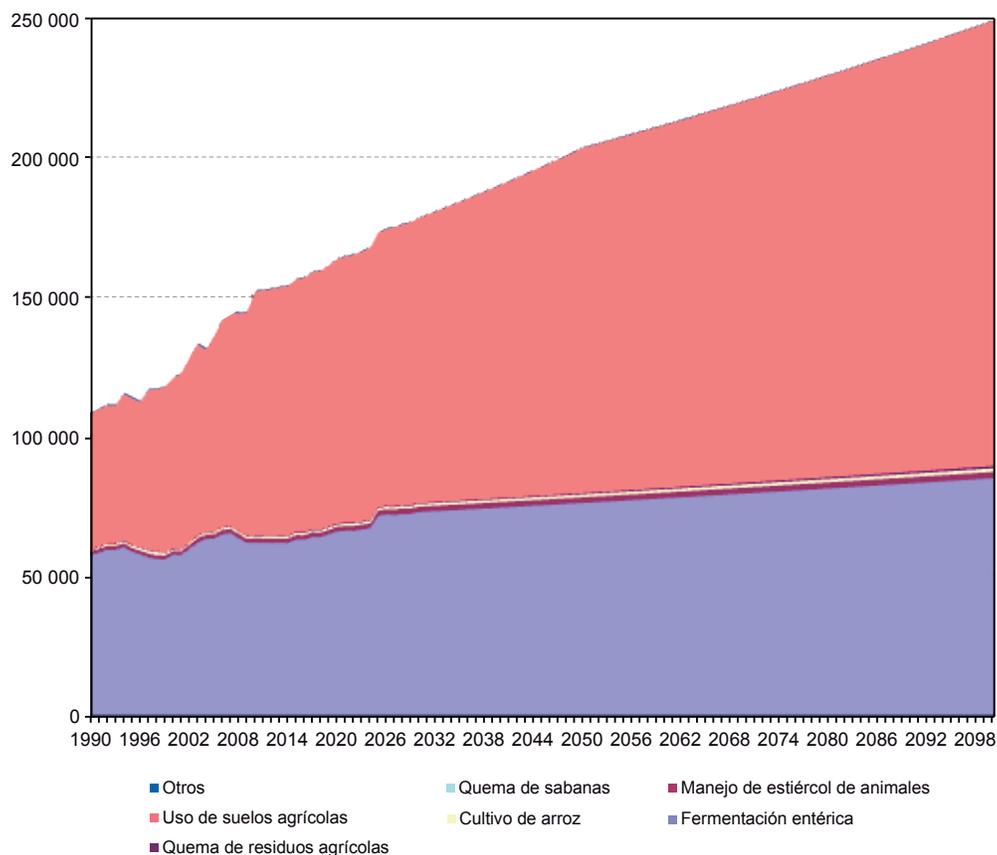
**CUADRO VI.5**  
**EMISIONES DE GEI DEL SECTOR AGROPECUARIO, ESCENARIO DE BASE**  
(En Gg de CO<sub>2</sub>e)

Origen de las emisiones	1990	2005	2010	2020	2030	2050	2070	2100
Fermentación entérica	57 375,89	63 299,88	61 851,93	65 836,26	72 812,46	76 091,01	79 517,19	84 947,87
Estiércol de animales	1 366,24	1 588,91	1 607,08	1 762,87	1 999,51	2 089,54	2 183,63	2 332,76
Cultivo de arroz	411,60	719,67	756,00	840,00	945,00	1050,00	1 155,00	1 260,00
Quema de residuos agrícolas	207,82	236,13	258,81	292,13	327,87	424,14	548,70	807,35
Uso de suelos agrícolas	48 775,40	70 413,40	87 886,55	95 224,56	102 574,66	124 259,62	137 393,68	160 101,13
Total	108 136,94	136 257,99	152 360,37	163 955,82	178 659,50	203 914,32	220 798,19	249 449,11

**Fuente:** Elaboración propia.

Las emisiones por fermentación entérica (medidas en Gg de CO<sub>2</sub>e), suben un 15% entre 2005 y 2030 y no superan el 17% en todo el período comprendido entre 2030 y 2100. En cambio, las emisiones de GEI de otra fuente importante del sector, la de uso de suelos agrícolas, aumentan a algo más del doble entre 2005 y 2100. Las emisiones de esta fuente presentan un rápido crecimiento en los primeros años de la serie, en los que se van ocupando tierras más aptas para las actividades agrícolas, y a partir del año 2050 comienza a estancarse debido a que la expansión territorial de la actividad se ve restringida por la imposibilidad de incorporar mayores superficies. Así, el aumento de las emisiones de esta fuente asciende a casi un 25% entre 2005 y 2010, a más de un 35% entre 2005 y 2020 y a más de un 45% entre 2005 y 2030. Sin embargo, entre 2030 y 2100 (un período de 70 años) el crecimiento es del 56%. A lo largo de todo el período analizado, ambas fuentes concentran entre el 97% y el 99% del total de las emisiones del sector; al respecto, cabe tener en cuenta que en 2005 las emisiones por fermentación entérica representaban el 46% del total y las provenientes del uso de suelos agrícolas representaban el 52%, mientras que en el año 2100 los porcentajes varían al 34% y al 64%, respectivamente.

**GRÁFICO VI.9**  
**EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI DEL SECTOR AGROPECUARIO,**  
**ESCENARIO DE BASE, 1990-2100**  
*(En Gg de CO<sub>2</sub>e)*



**Fuente:** Elaboración propia.

### i) Sector agrícola

Las emisiones de GEI del sector agrícola de la Argentina provienen de tres fuentes: i) emisiones de CH<sub>4</sub> de los suelos inundados en los que se cultiva arroz; ii) emisiones de CH<sub>4</sub>, CO, N<sub>2</sub>O y NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrógeno) por quema de residuos en el campo<sup>127</sup>, y iii) emisiones directas e indirectas de N<sub>2</sub>O de los suelos agrícolas. La estimación de estas emisiones se caracteriza por un gran margen de incertidumbre, en particular en lo que respecta a las emisiones de N<sub>2</sub>O de los suelos agrícolas, que es la principal fuente de emisión de este sector en la Argentina. La incertidumbre mencionada obedece, en primer lugar, a la falta de datos de campo reales que estén validados localmente y a la necesidad de recurrir a los factores de emisión “por defecto” de los suelos de clima templado, conforme a la metodología propuesta por el Grupo Intergubernamental e incluidos en la correspondiente base de datos de factores de emisión<sup>128</sup>. Otro factor de incertidumbre es el relativo a la “doble contabilidad” de las emisiones de N<sub>2</sub>O, debida a la

<sup>127</sup> Si bien la aplicación de la metodología adoptada por el Grupo Intergubernamental para la elaboración de inventarios de GEI se centra fundamentalmente en los “gases directos” (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O), también permite contabilizar los “gases indirectos” o “precursores del ozono” (CO, NO<sub>x</sub> y compuestos volátiles distintos del metano, COVDM) y los “precursores de aerosoles” como el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), debido a los efectos que tienen en el sistema climático.

<sup>128</sup> Véase [en línea] [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)

inclusión del nitrógeno fijado por medios biológicos en las emisiones directas del gas, práctica que fue suspendida de conformidad con las nuevas directrices metodológicas del Grupo Intergubernamental.

Para proyectar las emisiones del sector en el período 2010-2030 se recurrió a diversas fuentes, incluidos estudios públicos y privados<sup>129</sup>, y estimaciones del comportamiento de las principales variables y parámetros que explican las emisiones del sector. Para el año 2010 se supuso una relación oleaginosas/cereales de 2,5 a 1 y se aplicó una hipótesis conservadora sobre rendimientos unitarios. La ampliación del área cultivada obedece fundamentalmente a la expansión de la frontera agropecuaria en todas las regiones con excepción de la Pampa, mediante el inicio del cultivo en suelos más vulnerables<sup>130</sup>, y a la continuación de la tendencia a la reducción del área destinada a pasturas. Específicamente, se estima que se produciría un limitado incremento del área sembrada hacia 2010 y una muy probable estabilización de esta a partir de entonces, que en la práctica se convertiría en un límite físico para el alza de los niveles de producción. La ampliación de esta obedecería ante todo al mayor rendimiento debido a diversos factores (mejora genética, manejo de cultivos). Sin embargo, la pérdida de fertilidad de los suelos puede convertirse en un factor limitante si no se compensa con un uso más intensivo de fertilizantes. No se puede dejar de considerar la limitación impuesta por la variabilidad del clima, dado que el grueso de la producción agrícola de productos primarios se da en condiciones de secano y, por ende, es muy dependiente de los cambios climáticos imprevistos.

La estimación de la evolución de las emisiones de GEI provenientes de la producción agrícola en los períodos 2010-2020 y 2020-2030 se basó en varias hipótesis sobre distintos gases y fuentes de emisión.

En el caso del N<sub>2</sub>O se tomó en cuenta la proyección de la demanda futura de soja y sus derivados, por ser esta el principal producto de exportación argentino y por el hecho de que la soja es la fuente del 94% de las emisiones de N<sub>2</sub>O del sector. Según estudios realizados por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, la participación de la Argentina en el mercado mundial de soja disminuirá del 13% al 8,2%; en cambio, la participación del país en el mercado mundial de harina (52%-55%) y aceite de soja (alrededor del 60%) se mantendrá relativamente estable. Se estima que las exportaciones aumentarán un 25% entre 2007-2008 y 2030.

Sobre la base de la información presentada en el cuadro VI.6 y la relación ajustada entre las emisiones de N<sub>2</sub>O y la producción de soja, se calcula que las emisiones se elevarían de unos 150 Gg N<sub>2</sub>O a más de 200 Gg N<sub>2</sub>O en 2030.

**CUADRO VI.6**  
**PROYECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE GRANOS Y SOJA<sup>a</sup>**

	Total	Soja	Proporción de soja
	<i>(En miles de Mg)</i>		<i>(En porcentajes)</i>
2007-2008	93 564,2	46 232,1	50
2010-2011	100 000,0	50 000,0	50
2020-2021	122 000,0	61 000,0	50
2030-2031	145 250,0	72 625,0	50

**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>a</sup>Datos correspondientes a las campañas de 2007-2008 (reales) a 2030/2031 (proyectadas).

<sup>129</sup> La mayor parte de la información proviene de un estudio de Oliverio y López (2007) y de información y estudios suministrados por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

<sup>130</sup> En el informe sectorial se indica que debe tenerse en cuenta que, según información proporcionada por el INTA, la superficie potencialmente explotable, tanto para cultivos agrícolas continuos como para la cría de ganado en régimen de rotación, asciende a unos 60 millones de ha. Esto implica que aun quedan por cultivar el 47% de las tierras de la región de la Pampa, el 66% del noroeste y la mayor parte de la superficie del noreste.

En relación con las emisiones de  $\text{CH}_4$  provenientes de los arrozales, se estimó que la superficie sembrada se incrementará moderadamente, de las 170.000 hectáreas actuales a unas 225.000 en 2030<sup>131</sup>.

Las emisiones de GEI por quema de residuos en el campo seguirán siendo poco importantes en términos de magnitud, dado que no se prevé que esta práctica se difunda y lo más probable es que tienda a reducirse. La estimación de las emisiones correspondientes al período 2030-2100 se rigió por los siguientes supuestos:

- En lo concerniente a la cosecha de arroz, recuperación paulatina del máximo histórico de 300.000 hectáreas en el año 2100 (cosecha de 250.000 hectáreas en 2050 y de 275.000 en 2070).
- En cuanto a las emisiones correspondientes al uso de suelos agrícolas y la quema de residuos, según el escenario de base estas aumentarían a la misma tasa que la superficie dedicada a actividades agrícolas, de aproximadamente 24 millones de hectáreas en la actualidad a 42 millones en el año 2050 y en virtud de la paulatina incorporación de 15 millones de hectáreas hasta año 2100.

Además, se compararon los datos sobre emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  de suelos agrícolas consignadas en los inventarios de GEI correspondientes a los años 1990, 1994, 1997 y 2000, basados en la aplicación de la metodología establecida por el Grupo Intergubernamental en 1996 y los valores calculados de conformidad con las directrices del Grupo Intergubernamental de 2007. En este sentido, el cambio de metodología implica la exclusión del nitrógeno fijado por medios biológicos como emisiones directas y, por ende, evita la “doble contabilidad”. No obstante, la inclusión de la mineralización del nitrógeno como fuente de emisión de  $\text{N}_2\text{O}$  contrarrestó ampliamente la eliminación de las emisiones provenientes de la fijación biológica de nitrógeno y, como consecuencia, se registran mayores emisiones que de acuerdo con la metodología anterior. Por otra parte, en algunos procesos de elaboración de los inventarios de GEI mencionados se advirtió sobre la falta de factores de emisión validados localmente. La información recopilada permite estimar que las emisiones efectivas pueden llegar a ser de un 50% a un 66% inferiores a los valores calculados sobre la base de factores de emisión “por defecto”, lo que compensaría el registro de mayores emisiones conforme a la nueva metodología.

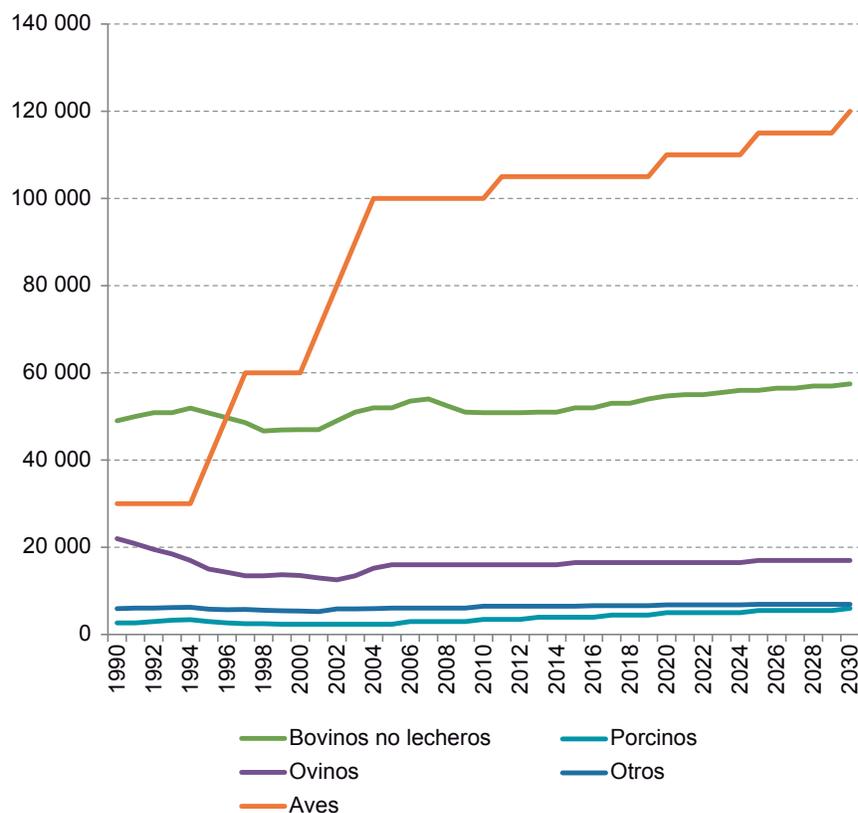
## ii) Sector ganadero

Para la estimación de las emisiones de GEI provenientes de la ganadería también se aplicaron la metodología de cálculo y las recomendaciones para el perfeccionamiento de los inventarios de GEI formuladas por el Grupo Intergubernamental. En vista de que las emisiones de este sector representan una proporción importante del total de emisiones de la Argentina, se aplicó un método de estimación con mayor grado de desagregación de las emisiones de  $\text{CH}_4$  por fermentación entérica de origen bovino, en tanto que para la estimación de las emisiones de  $\text{CH}_4$  por fermentación entérica de las demás especies y de  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$  por manejo del estiércol de todas las especies se utilizaron datos más agregados.

A fin de proyectar la evolución de los niveles de actividad y de las emisiones del sector ganadero hasta el año 2030, se consultaron publicaciones de los principales organismos internacionales que se ocupan de este sector y se consultó a reconocidos expertos nacionales. En el gráfico VI.10 se indica la población media anual de varias especies, utilizada para la estimación de la serie de inventarios del período 2009–2030. La existencia de ganado bovino en 2030 se estimó en 60 millones de cabezas, de las cuales 2,5 millones (4%) se destinan a la producción de leche y 57,5 millones (96%) a la de carne.

<sup>131</sup> De todos modos, esta superficie es inferior al máximo de 300.000 hectáreas registrado en la campaña de 1988-1989.

**GRÁFICO VI.10**  
**EVOLUCIÓN DE LAS EXISTENCIAS DE GANADO, 1990-2030**  
*(En miles de cabezas)*



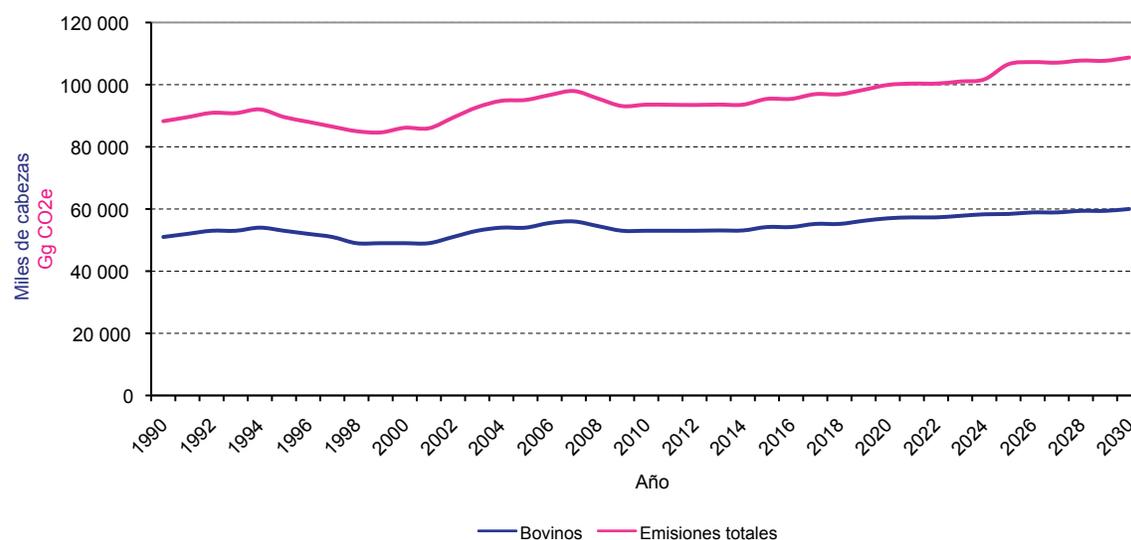
**Fuente:** Elaboración propia.

Las emisiones totales del sector ganadero guardan estrecha relación con la existencia de ganado bovino, como se observa en el gráfico VI.11, tanto en lo que respecta al período 1990-2008 como a la proyección para 2009-2030.

Las emisiones de GEI del sector ganadero fueron de 88.255 Gg de CO<sub>2</sub>e en 1990 y en 2030 se estima que asciendan a 108.745 Gg de CO<sub>2</sub>e, lo que representa un aumento del 23% en ese período de 40 años y es una cifra muy inferior al de las restantes fuentes más importantes de emisiones de GEI de la Argentina. Este resultado se explica principalmente por el comportamiento de las existencias de vacunos, que se mantienen dentro de rangos limitados durante todo el período.

En lo que se refiere a la proyección de emisiones de GEI del sector, para el período 2030-2100 y de acuerdo al escenario de base, estas se basan en la evolución prevista de las existencias de ganado bovino hasta el año 2100, que se estimaron en 70 millones de cabezas, suponiéndose que la estrecha relación histórica entre existencias vacunas y emisiones del sector ganadero no se modifique significativamente en el futuro.

**GRÁFICO VI.11**  
**RELACIÓN ENTRE LA EVOLUCIÓN DE LAS EXISTENCIAS DE GANADO BOVINO**  
**Y LAS EMISIONES DEL SECTOR GANADERO, 1990-2030**



**Fuente:** Elaboración propia.

*iii) Sector de uso del suelo, cambio del uso del suelo y silvicultura, y reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal (REDD)*

Este sector es objeto de la mayor incertidumbre tanto en lo que respecta a las emisiones de GEI (principalmente CO<sub>2</sub>) como a las absorciones de CO<sub>2</sub>. Dicha incertidumbre es difícil de precisar pero, en forma conservadora, puede estimarse en un rango que varía entre el 75% y 100% del valor consignado.

Las principales fuentes de emisiones de GEI de este sector en la Argentina, correspondientes a las categorías establecidas en el Protocolo de Kyoto (Anexo A, aunque no todas coinciden), son la conversión de bosques y pastizales (CO<sub>2</sub> y otros GEI)<sup>132</sup> y el impacto de la agricultura en los suelos (CO<sub>2</sub>), mientras que el abandono de tierras cultivadas es un sumidero neto de CO<sub>2</sub>. Los cambios en las existencias en pie de bosques y otra biomasa leñosa pueden ser tanto una fuente de emisiones netas de CO<sub>2</sub> como un mecanismo de absorción neta. Si bien en la mayoría de los casos este componente produce emisiones netas, lo que implica que la extracción de biomasa es superior a la del período considerado, en los inventarios oficiales de GEI esta categoría aparece como un sumidero neto de CO<sub>2</sub><sup>133</sup>.

En la serie histórica de estimaciones de emisiones de GEI de la Argentina, calculadas de conformidad con la metodología y las buenas prácticas para la elaboración de inventarios de GEI formuladas por el Grupo Intergubernamental, el sector en su conjunto presenta absorciones netas de CO<sub>2</sub> en todo el período comprendido entre 1990 y 2008. Se estima que según el escenario de base esta tendencia no se modifique en los períodos 2009-2030 y 2030-2100.

Se espera que, de acuerdo a este escenario, se aplique y cumpla la Ley de Protección Ambiental de los Bosques Nativos, lo que, conjuntamente con la adopción del proceso de reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal, muy probablemente conduzca a una abolición total

<sup>132</sup> Emisiones de GEI debidas al desmonte y a la quema de las superficies desmontadas.

<sup>133</sup> En algunos estudios, como el de Gasparri y otros (2008), se estima que las emisiones del sector serían más altas, debido principalmente a la deforestación, pero la metodología empleada para su cálculo es diferente de la aplicada en este estudio. Lo mismo puede decirse con respecto al conjunto del sector.

del desmonte en el año 2050. Por otra parte, el abandono de tierras cultivadas constituye el aporte de la regeneración de formaciones leñosas o de pastizales en tierras que habían estado dedicadas a cultivos o pasturas para ganadería. En relación con lo anterior, se estima que la expansión de la agricultura va a traducirse en una disminución progresiva de la superficie de tierras excluidas de esa actividad, por lo que el sumidero que representan se reduce hasta el año 2030, para estabilizarse a partir de entonces. También se supone que el impacto de la agricultura en los suelos se mantenga constante a partir de 2030<sup>134</sup>.

En el cuadro VI.7 y el gráfico VI.12 se presenta la evolución de las emisiones de GEI, cuyo cálculo se basó en los supuestos mencionados.

**CUADRO VI.7**  
**EMISIONES DE GEI DEL SECTOR DE USCUS, ESCENARIO DE BASE**  
(En Gg de CO<sub>2</sub>e)

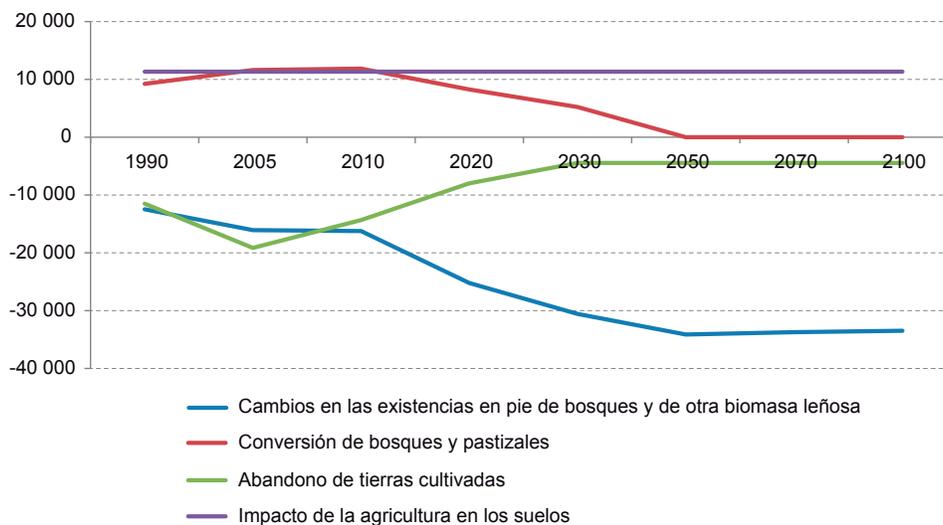
Fuente	1990	2005	2010	2020	2030	2050	2070	2100
Cambios en las existencias en pie de bosques y de otra biomasa leñosa	-12 462,40	-16 098,41	-16 259,65	-25 224,61	-30 580,68	-34 138,45	-33 713,53	-33 469,54
Conversión de bosques y pastizales	9 210,77	11 604,35	11 827,56	8 253,38	5 224,71	0,00	0,00	0,00
Abandono de tierras cultivadas	-11 514,25	-19 169,90	-14 330,84	-8 008,94	-4 475,88	-4 475,88	-4 475,88	-4 475,88
Impacto de la agricultura en los suelos	11 307,76	11 307,76	11 307,76	11 307,76	11 307,76	11 307,76	11 307,76	11 307,76
Total	-3 458,12	-12 356,21	-7 455,17	-13 672,41	-18 524,09	-27 306,57	-26 881,65	-26 637,66

**Fuente:** Elaboración propia.

A lo largo del período analizado, las capturas netas del sector, medidas en CO<sub>2</sub>e, crecen más del doble entre 2005 y 2100. Si bien al principio de la serie la expansión del uso de tierras con fines agrícolas, y la consiguiente disminución de las tierras cultivadas y abandonadas, provoca una disminución de las capturas netas de CO<sub>2</sub> (lo que explica que entre 2005 y 2010 estas se reduzcan casi un 40%, de 12.365,21 Gg de CO<sub>2</sub>e absorbidos a 7.455,17 Gg), a partir del año 2010 se prevé un aumento de las capturas de CO<sub>2</sub>; este obedecería a cambios en las existencias en pie de bosques y otra biomasa leñosa, que compensan la pérdida de absorciones de dicho gas como consecuencia de la utilización más intensiva del territorio. Efectivamente, en este escenario se estima que, hacia el año 2030 se estabilizaría el abandono de tierras cultivadas y ya en 2050 se habría frenado el proceso de conversión de bosques y pastizales, asociado a las prácticas de deforestación, como consecuencia del pleno cumplimiento de la Ley de Protección Ambiental de los Bosques Nativos.

<sup>134</sup> Esta fuente es producto de tres procesos que determinan lo siguiente: i) el cambio del contenido de carbono almacenado en el suelo y en el mantillo de los suelos minerales como consecuencia de la variación de las prácticas de uso de la tierra, ii) las emisiones de CO<sub>2</sub> de los suelos orgánicos convertidos a la agricultura o a la silvicultura y iii) las emisiones de CO<sub>2</sub> resultantes del encalado de suelos salinos o salino-sódicos. El primero de estos procesos es el que reviste más importancia en la Argentina y se supone que no varíe en cuanto a su extensión geográfica.

**GRÁFICO VI.12**  
**EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI DEL SECTOR DE USCUS, ESCENARIO DE BASE, 1990-2100**  
*(En Gg de CO<sub>2</sub>e)*



**Fuente:** Elaboración propia.

#### iv) Residuos

Las principales fuentes de emisiones de GEI de este sector son fundamentalmente tres: i) las emisiones de CH<sub>4</sub> provenientes de los residuos sólidos urbanos, principalmente de los rellenos sanitarios; ii) las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O de las aguas residuales domésticas y iii) las emisiones de CH<sub>4</sub> de las aguas residuales industriales. Las primeras son las representan una mayor proporción del total de emisiones del sector.

Para estimar la evolución de las emisiones en el período 2009-2030, se establecieron distintos criterios según el componente. En el caso de las emisiones de CH<sub>4</sub> de los residuos sólidos urbanos, se proyectó el volumen de los depositados en rellenos sanitarios, a partir de la relación entre esta variable y el PIB per cápita, mientras que la estimación de los residuos depositados a cielo abierto se realizó sobre la base de la evolución prevista de la población; el mismo criterio se aplicó para la proyección de las emisiones correspondientes a las aguas residuales domésticas. En el caso de las emisiones de las aguas residuales industriales también se usó el PIB per cápita para determinar su evolución en el período 2009-2030.

En cuanto al período 2030-2100, las emisiones de todas las categorías del sector se estimaron a partir de la evolución prevista en la población. En el cuadro VI.8 y el gráfico VI.13 se presenta la evolución de las emisiones de GEI correspondientes al sector de residuos, de acuerdo al escenario de base.

**CUADRO VI.8**  
**EMISIONES DE GEI DEL SECTOR DE RESIDUOS, ESCENARIO DE BASE, 2030-2100**  
*(En Gg de CO<sub>2</sub>e)*

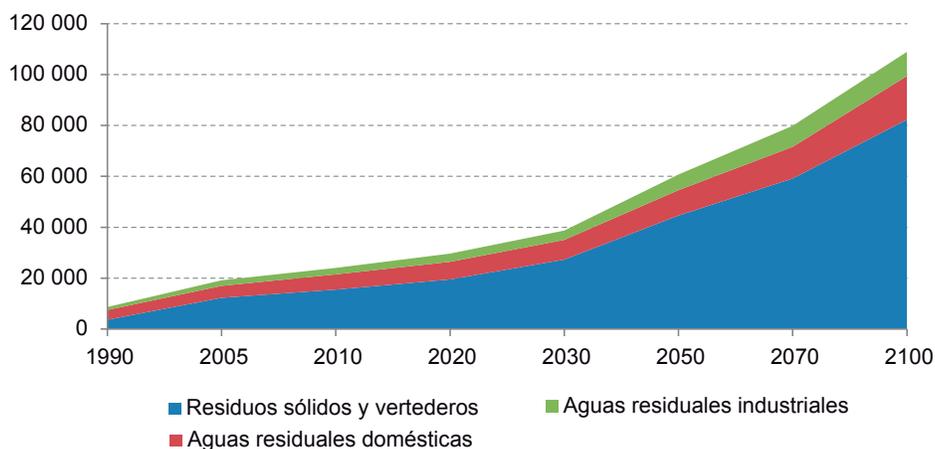
Residuos	1990	2005	2010	2020	2030	2050	2070	2100
Residuos sólidos y vertederos	3 680,22	12 304,09	15 530,11	19 530,77	27 312,91	44 620,17	59 181,36	82 266,45
Aguas residuales domésticas	3 847,60	4 692,88	5 976,95	6 911,19	7 747,73	9 973,00	12 437,00	17 154,40
Aguas residuales industriales	1 161,69	2 198,45	2 547,79	3 228,60	3 665,79	6 142,50	8 242,50	9 502,50
Total	8 689,51	19 195,43	24 054,85	29 670,56	38 726,43	60 735,67	79 860,86	108 923,35

**Fuente:** Elaboración propia.

El total de emisiones del sector se sextuplica, por lo que estas pasan de 19.195,43 Gg de CO<sub>2</sub>e en 2005 a 108.923,35 Gg de CO<sub>2</sub>e en 2100. Este comportamiento se debe principalmente a la evolución de las emisiones producidas por la disposición final de residuos sólidos en rellenos sanitarios y vertederos, que prácticamente se multiplica por siete en dicho período, crece a más del doble entre 2005 y 2030 y se triplica entre 2030 y 2100. Por lo tanto, la participación de esta categoría en las emisiones del sector, que representaba un 64% del total en el año 2005, aumenta al 71% en el año 2030 y al 76% hacia el término del período. Las emisiones de las aguas residuales industriales se incrementan más que las domésticas (más de cuatro veces en el primer caso, en comparación con poco más de tres veces y media en el segundo) entre 2005 y 2100, debido fundamentalmente a la evolución de ambas categorías a partir del año 2030. Mientras que entre 2005 y 2030 las dos registran una expansión de alrededor del 47%<sup>135</sup>, en el período 2030-2100 las emisiones de las aguas residuales domésticas suben un 121% y las industriales un 159%. No obstante, la participación de estas dos categorías en el total de emisiones del sector desciende paulatinamente: las aguas residuales domésticas, que representaban el 24% en el año 2005, se reducen al 16% en 2100 y en el caso de las aguas residuales industriales la participación pasa del 11% en 2005 al 9% en 2100.

<sup>135</sup> Debe tenerse presente que la principal variable explicativa de la evolución a corto y mediano plazo es el ingreso per cápita; en cambio, a largo plazo la evolución de las aguas residuales domésticas concuerda con el de la población y el de las aguas residuales industriales con el del valor bruto de la producción de la economía en su conjunto y del sector industrial en particular.

**GRÁFICO VI.13**  
**EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI DEL SECTOR DE RESIDUOS,**  
**ESCENARIO DE BASE, 1990-2100**  
*(En Gg de CO<sub>2</sub>e)*



**Fuente:** Elaboración propia.

#### v) *Procesos industriales*

Las principales fuentes de emisiones de GEI de este sector están relacionadas con las emisiones de CO<sub>2</sub>, provenientes sobre todo de la producción de minerales y actividades conexas (en particular de cemento y cal, y del uso de piedra caliza y dolomita en la fabricación de vidrio y en la industria del hierro y el acero), la producción de metales (fundamentalmente de hierro, acero y aluminio) y la industria petroquímica. Las emisiones de gases como los PFC, los HFC y el SF<sub>6</sub> solo se dan en este sector. También se registran emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en la industria petroquímica, pero en muy pequeñas magnitudes.

La predicción sobre la evolución de las emisiones de este sector en el período 2009-2100 se elaboró de conformidad con los siguientes criterios:

- Para el período 2009-2030 se utilizaron indicadores socioeconómicos correspondientes a las categorías de fuentes de emisiones de GEI del sector:
  - El PIB de la construcción se utilizó para la proyección de las emisiones de los subsectores de cemento, cal y uso de piedra caliza y dolomita para la fabricación de vidrio.
  - En los subsectores de producción de hierro y acero, producción de aluminio, química y petroquímica (con la excepción de la presencia de urea en suelos agrícolas) y uso de piedra caliza y dolomita para la fabricación de hierro y acero, se utilizó información específica de los diversos subsectores.
  - Las proyecciones de las emisiones derivadas del uso de HFC y SF<sub>6</sub> en equipos eléctricos se basaron en las estimaciones del PIB per cápita.
- En lo que concierne al período 2030-2100, las estimaciones de las emisiones de GEI de los diversos componentes del sector se basaron en el supuesto de que mostrarán la misma trayectoria que el nivel de actividad de los subsectores pertinentes. Las estimaciones se basaron en las tasas de incremento previsto del PIB y el valor bruto de la producción del período 2030-2100 (2,5% de variación anual en promedio).

El resultado de la aplicación de estos criterios indica que las emisiones de GEI de este sector son las que presentan las mayores tasas de crecimiento en todo el período 2005-2100. En el cuadro VI.9 y el gráfico VI.14 se muestra la evolución de las emisiones de GEI, según el escenario de base, del sector de procesos industriales. Puede observarse que se produce un marcado aumento de las emisiones entre 2005 y 2100, de más de doce veces, y que estas pasan de 8.251,38 Gg de CO<sub>2</sub>e en 1990 y 13.904,78 Gg de CO<sub>2</sub>e en 2005 a 173.070,72 Gg de CO<sub>2</sub>e en 2100, lo que está principalmente asociado al crecimiento de la actividad económica de las industrias involucradas. Dentro de este sector, la producción de minerales (estrechamente vinculada a la construcción, pero también con diversos subsectores industriales) es el que presenta el mayor incremento en el período analizado (más de 1.790%): de 4.558,27 Gg de CO<sub>2</sub>e en 2005 a 81.613,31 Gg de CO<sub>2</sub>e en 2100. Las emisiones de la industria química y el uso de SF<sub>6</sub> en la producción de aluminio y magnesio también se amplían notablemente, aunque a una tasa menor que la media del sector y, además, a partir de un nivel de emisiones relativamente bajo. Las emisiones de la producción de metales, en cambio, crecen a una tasa que equivale casi a la mitad de la correspondiente a los productos minerales, pese a lo cual aumenta algo más de nueve veces, de 6.629,50 Gg de CO<sub>2</sub>e en 2005 a 60.137,57 Gg de CO<sub>2</sub>e en 2100).

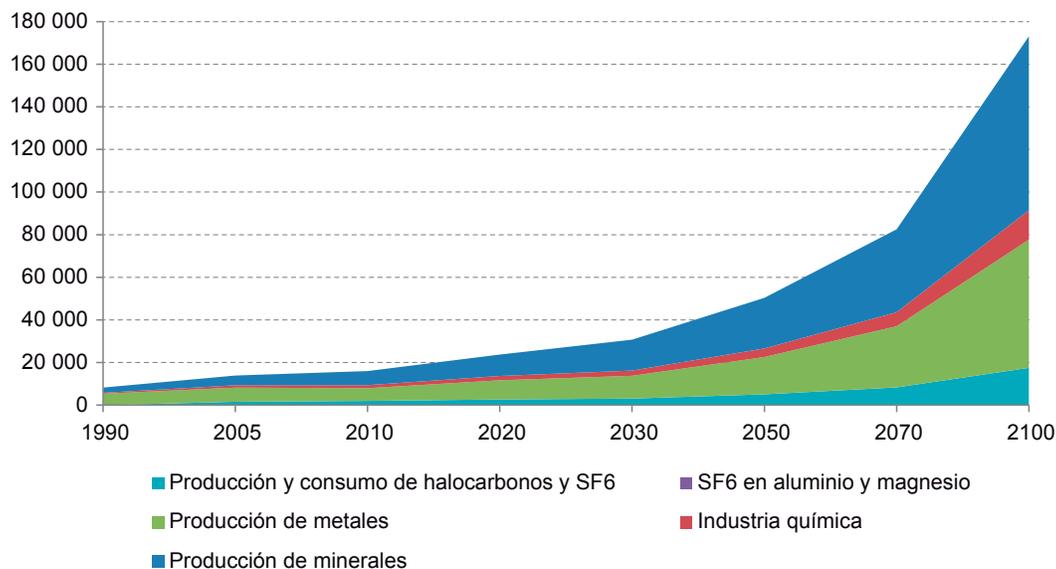
**CUADRO VI.9**  
**EMISIONES DE GEI DEL SECTOR DE PROCESOS INDUSTRIALES,**  
**ESCENARIO DE BASE**  
*(En Gg de CO<sub>2</sub>e)*

	1990	2005	2010	2020	2030	2050	2070	2100
Producción de minerales	2 440,30	4 558,27	6 607,72	10 037,35	14 490,74	23 744,76	38 908,55	81 613,31
Industria química	421,62	1 105,75	1 420,65	2 026,35	2 450,81	4 015,94	6 580,58	13 803,21
Producción de metales	5 388,80	6 629,50	5 965,13	9 001,68	10 677,64	17 496,56	28 670,15	60 137,57
Uso de SF <sub>6</sub> en la producción de aluminio y magnesio	0,67	1,11	1,85	2,35	2,46	4,03	6,61	13,86
Producción y consumo de halocarbonos y SF <sub>6</sub>	0,00	1 610,15	2 009,54	2 678,69	3 107,68	5 092,29	8 344,31	17 502,76
<b>Total</b>	<b>8 251,38</b>	<b>13 904,78</b>	<b>16 004,90</b>	<b>23 746,41</b>	<b>30 729,32</b>	<b>50 353,58</b>	<b>82 510,20</b>	<b>173 070,72</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Como consecuencia de la evolución de las emisiones de las diversas categorías que integran el sector, las emisiones de la producción de metales, que representaban el mayor porcentaje del total sectorial (48% en 2005), van siendo sustituidas en importancia por las emisiones provenientes de la producción de minerales (33% del total en 2005). Hacia 2030 las emisiones correspondientes a la segunda de las categorías citadas ya serían las mayores del sector, en el que tendrían una participación del 47%, que se mantiene hasta el final del período. En el año 2030 las emisiones de la producción de metales representaría el 35% del total y, al igual que en el caso anterior, su participación se mantendría estable hasta el año horizonte. Las emisiones de las restantes categorías representan una proporción mucho menor del total, puesto que ascienden apenas al 8% en el caso de las industrias químicas y al 10% en el de producción y consumo de HFCs, PFCs y SF<sub>6</sub>.

**GRÁFICO VI.14**  
**EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI DEL SECTOR DE PROCESOS**  
**INDUSTRIALES, ESCENARIO DE BASE, 1990-2100**  
*(En Gg de CO<sub>2</sub>e)*



Fuente: Elaboración propia.

## B. Opciones y costos de los procesos de mitigación del cambio climático

A partir del escenario de base expuesto en la sección anterior y los estudios sectoriales ejecutados, se formularon diversas opciones y medidas de mitigación de emisiones de GEI en los distintos sectores, a fin de elaborar un escenario de mitigación. El objetivo final de este ejercicio era determinar los costos netos de las emisiones, expresados en dólares por toneladas de CO<sub>2</sub>e.

### 1. Escenario de mitigación

Las opciones y medidas de mitigación de GEI en los distintos sectores analizados se concibieron específicamente con el propósito de elaborar un escenario consolidado de mitigación, para compararlo con el escenario de base e identificar las emisiones que podrían evitarse como consecuencia de la aplicación de diversas estrategias, políticas, medidas y acciones. Al igual que en el caso de la elaboración del escenario consolidado de base, para la estimación de las emisiones en el marco del escenario consolidado de mitigación también se tomaron en consideración estudios, fuentes y estimaciones correspondientes a los períodos considerados

**Período 2005-2030:** se utilizó la información incluida en los informes sectoriales, ampliamente detallada en los documentos pertinentes. Los informes se basan a su vez en diversas fuentes, entre las que destacan el estudio de la Fundación Bariloche (2008) y los datos sobre la evolución de las variables explicativas de las emisiones de los diversos sectores previstas en el escenario socioeconómico elaborado para el estudio nacional.

**Período 2030-2100:** las estimaciones de las emisiones sectoriales de GEI correspondientes a este escenario se elaboraron de acuerdo con los supuestos indicados a continuación y sobre la base del cálculo de las emisiones de GEI para el escenario consolidado de base<sup>136</sup>:

- En lo referido a la demanda final de energía, se supone una reducción de la intensidad energética de un 5% en el período 2030-2050, en comparación con los niveles prevaletentes en 2030 (que ya son inferiores en casi un 25% a los consignados en el escenario de base). Para el período 2050-2070 se estima un nuevo descenso del 5% y otra reducción adicional del 5% en el período 2070-2100. Tal como se ha indicado, se estima que este comportamiento obedece al aumento de la eficiencia asociado a las mejoras tecnológicas que se incorporen a los equipos que entran en funcionamiento en cada período analizado y que implican un esfuerzo adicional por sobre las tendencias observadas para las opciones de mercado. Se supone, asimismo, que la reducción de la intensidad energética de los diversos componentes de la demanda de energía sería uniforme en todos los subsectores, debido a que no se dispone de información que permita conjeturar lo contrario.
- En lo concerniente al abastecimiento de energía, las medidas están concentradas en la oferta de electricidad, como se postula en el punto correspondiente de este informe.

o Interconexión de todos los sistemas aislados que tengan posibilidades de conectarse, de modo que con posterioridad al año 2030 los únicos agentes que integren esta categoría sean los que, por distintos motivos, no puedan hacerlo.

- Considerable incorporación de fuentes no emisoras de GEI en los sistemas interconectados (principalmente energías renovables), tomando en consideración la disponibilidad de ciertos recursos energéticos. En este sentido, se destacan los siguientes supuestos:

- Energía hidroeléctrica: se estima que esta fuente alcanzará su máximo identificado de generación (aproximadamente 175.000 GWh/año), alrededor de 2050.
- Energía geotérmica: esta fuente se ha considerado en permanente crecimiento hasta alcanzar su potencial máximo en el año 2100.
- Energía eólica: se estima una potencia instalada de 13.470 MW y una generación de energía de 33.000 GWh/año en 2060. A partir de 2061, se supone que el porcentaje del total de energía aportado por esta fuente se mantenga invariable, de modo que en el año 2100 la potencia instalada ascendería aproximadamente a 57.000 MW y la generación de energía sería de 139.732 GWh/año.
- Energía solar: se estima que en el año 2040 la potencia instalada sea de 1.200 MW y que en ese mismo año la generación ascienda a unos 3.400 GWh. A partir de 2041 y hasta el año 2100 el porcentaje del total de energía generada correspondiente a esta fuente se mantendría invariable. Según las estimaciones, en el año 2100 estaría generando alrededor de 33.222 GWh.
- Se estima que el resto de la energía eléctrica suministrada por fuentes no emisoras de GEI se produzca con energía nuclear.
- Se supone que en 2100 la generación térmica convencional (ciclos combinados, turbovapor y turbogás) conserve la misma participación en la generación de electricidad que en el año 2030; toda la expansión adicional provendría de fuentes no emisoras.

<sup>136</sup> Tal como se indicó en relación con la elaboración del escenario consolidado de base de emisiones de GEI, en este punto solo se incluyen algunos de los supuestos más relevantes.

- En el sector de procesos industriales se aplican medidas en prácticamente todas las categorías, como se indica a continuación:
  - Producción de minerales:
    - Cemento: se mantiene la tendencia observada a la mejora de la relación *clinker*-cemento, que pasaría de 0,83 en la actualidad a 0,76 en 2030; la relación seguiría mejorando hasta llegar a 0,7 en 2050 y tanto en el período 2050-2070 como en 2070-2100 se registrarían mejoras adicionales del 2,5%.
    - Relación entre cal y uso de piedra caliza en la producción de hierro, acero y vidrio: se supuso que se produciría una mejora de la eficiencia del 5%, repartida linealmente entre 2030 y 2050; una mejora adicional de otro 5% entre 2050 y 2070 y, por último, otra mejora del 5% entre 2070 y 2100, distribuida linealmente en esos 30 años.
  - Producción de hierro y acero: no se prevén aumentos adicionales de la eficiencia entre 2030-2050. En el período 2050 y 2070 se supone que se registre un aumento de la eficiencia del 2,5%, distribuido linealmente a lo largo de los 20 años, y otro aumento de la misma magnitud en el período 2070-2100, también distribuido linealmente durante esos 30 años.
  - Producción de aluminio (CO<sub>2</sub>, PFC y SF<sub>6</sub>): se estima que se registre un aumento de la eficiencia del 2,5% entre 2030 y 2050, repartido linealmente en el período de 20 años; una mejora adicional de la eficiencia de otro 2,5% entre 2050 y 2070, y una mejora del 5% entre 2070 y 2100.
  - Industria petroquímica: se supone que se registre un aumento de la eficiencia de 2,5% entre 2030 y 2050 en lo que respecta a los tres GEI principales (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O), una mejora adicional del 2,5% en el período 2050-2070 y una mejora del 5% en el período 2070-2100.
  - Producción y consumo de halocarbonos y SF<sub>6</sub>: se supone un aumento en la eficiencia del 5% entre 2030 y 2050, otra mejora del 5% entre 2050 y 2070 y, por último, una reducción de la intensidad de las emisiones de un 5% adicional entre 2070 y 2100.
- En el sector agropecuario, que incluye a la agricultura y la ganadería, se supuso que se aplicarían las siguientes medidas de mitigación con posterioridad a 2030:
  - En fermentación entérica y manejo de estiércol, se estimó una reducción del 5% de las emisiones específicas entre el escenario de base y el de mitigación.
  - En las emisiones de CH<sub>4</sub> correspondientes a los arrozales, se estimó que se registraría una reducción del 5% entre 2030 y 2050, y una disminución adicional del 10% entre 2050 y 2070 y entre 2070 y 2100.
  - Del año 2030 en adelante, las emisiones correspondientes a quema de residuos agrícolas muestran la misma evolución que en el escenario de base.
  - Las emisiones específicas de N<sub>2</sub>O correspondiente al uso de suelos agrícolas, tanto para agricultura como para ganadería, muestran una reducción de un 5% entre 2030 y 2050, de otro 5% entre 2050 y 2070 y de un 5% adicional entre 2070 y 2100.
- En el sector de uso del suelo, cambio del uso del suelo y silvicultura se aplicaron las las pautas del informe sectorial pertinente.
- En el sector de residuos se estima que se registre una recuperación secundaria y gradual de CH<sub>4</sub>. Así, se produciría una recuperación paulatina del 50% del CH<sub>4</sub> entre 2011 (año en el que se aplica ese porcentaje de recuperación del CH<sub>4</sub> al 10% de los residuos) y el año 2020 (en el que se recupera el 50% del CH<sub>4</sub> del 100% de los residuos). En el período

comprendido entre 2021 y 2030 se aplica una tasa del 50% de recuperación a la totalidad de los residuos sólidos depositados y a partir de 2031 comienza a aplicarse gradualmente una tasa de recuperación del 75% del CH<sub>4</sub> generado por residuos. En ese año se aplica una tasa de recuperación del 75% del CH<sub>4</sub> al 5% de los residuos, mientras que del 95% restante se recupera el 50%. Hacia el año 2050 se recupera el 75% del CH<sub>4</sub> de la totalidad de los residuos, situación que se prolongaría hasta el año 2100.

En el cuadro VI.10 y el gráfico VI.15 se presentan las conclusiones derivadas del escenario de mitigación consolidado sobre las emisiones de GEI de todos los sectores, elaboradas conforme a los criterios expuestos. Las emisiones netas de GEI se elevan de 305.756,84 Gg de CO<sub>2</sub>e en 2005 a 1.388.531,05 Gg de CO<sub>2</sub>e en 2100, lo que implica un aumento de más de cuatro veces y media en ese período. Este aumento es mucho menor que el previsto en el escenario de base. De hecho, en el año 2100 el total de emisiones de GEI previsto en el escenario de mitigación es un 31% menor que en el escenario de base.

El incremento del total de emisiones totales previsto en este escenario obedece principalmente a la evolución de las emisiones correspondientes al sector energético, que crecen más de seis veces entre 2005 y 2100. Entre 2005 y 2010 el aumento es de un 20,4% y el que se registraría entre 2005 y 2030 es de un 62%, mientras que entre 2030 y 2100 las emisiones de este sector aumentarían algo más de cuatro veces, lo que demuestra que gran parte del impacto de las medidas de mitigación que se adopten en el sector se haría sentir antes del año 2030. Por lo tanto, en el escenario de mitigación la participación de las emisiones del sector energético pasa de representar el 46,76% del total de emisiones de GEI en 2005, excluido el sector de USCUS, a más del 51% en 2030, para llegar a su punto máximo en el año 2100, en el que representarían el 69% del total si se excluye el sector de USCUS.

El segundo sector en términos de magnitud de emisiones de GEI en el período analizado es el agropecuario, pero su comportamiento es muy distinto del observado en el sector energético. De hecho, es el sector cuyas emisiones de GEI aumentan en menor medida de acuerdo a este escenario en el período analizado (algo menos del 65% entre 2005 y 2100). La mayor proporción de ese incremento se da en los primeros años, ya que en el período de 25 años comprendidos entre 2005 y 2030 las emisiones del sector aumentarían un 24% y en los 70 años siguientes (2030 a 2100) se produciría una expansión del 32%. Esta situación conduce a una continua disminución de la participación de las emisiones de este sector en el total, puesto que pasan de representar el 42,83% de las emisiones de GEI en el año 2005, con la excepción del sector de USCUS, al 36,31% en 2030, para luego representar apenas el 15,83% en 2100<sup>137</sup>. Sin embargo, esta participación es superior a la que presenta este sector en ese año según el escenario de base, lo que responde al mayor esfuerzo de mitigación que se desplegaría en el sector energético en comparación con los demás. En todo caso, esto no indica que no se reduzcan las emisiones del sector agropecuario que, de hecho, en 2100 son cerca de un 10% inferiores que en el escenario de base.

El sector de procesos industriales presenta las mayores tasas de aumento de las emisiones en el escenario de mitigación. Estas crecen más de 12 veces entre 2005 y 2100, se duplican entre 2005 y 2030 y aumentan cinco veces y media entre 2030 y 2100, lo que se traduce en un notable aumento de la participación de sus emisiones en el total, que se eleva del 4,37% en 2005 al 10,44% en 2100. Esta participación también es mayor a la que presentaba en el escenario de base, lo que también se observa en el sector agropecuario. En parte, esto obedece al hecho de que, según el escenario de mitigación, en el año 2100 las emisiones de GEI provenientes de procesos industriales son apenas un 2,54% inferiores a las previstas en el escenario de base, lo que representa un porcentaje de reducción muy inferior al de los demás sectores.

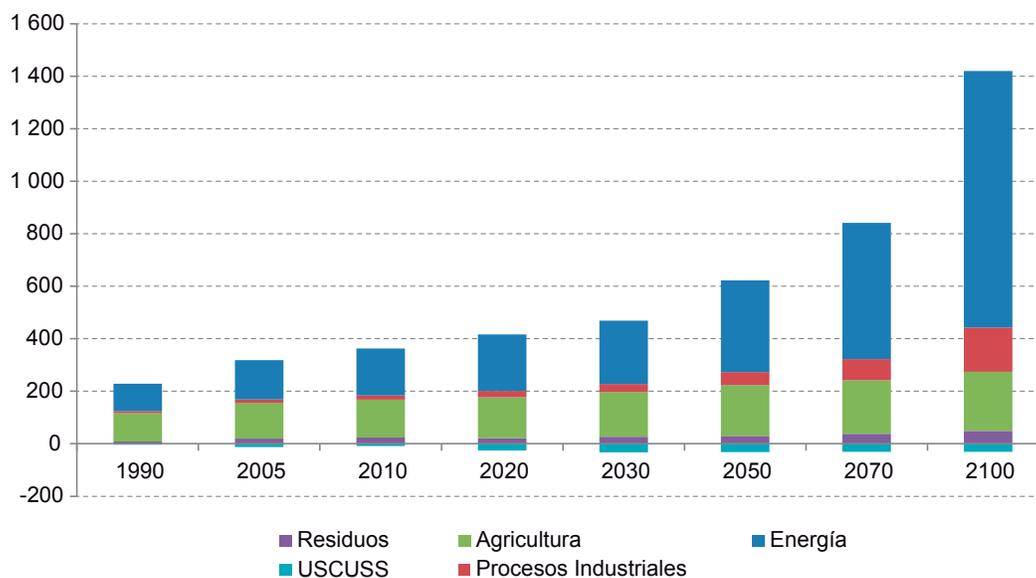
<sup>137</sup> Cabe destacar que, al inicio de la serie (en 1990), el sector agropecuario era la principal fuente de emisiones de GEI, puesto que representaba el 47,29% del total, con la excepción del sector de USCUS, mientras que el sector energético representaba el 45,31%.

**CUADRO VI.10**  
**EMISIONES SECTORIALES DE GEI, ESCENARIO DE MITIGACIÓN**  
*(En miles de Gg de CO<sub>2</sub>e)*

Sectores, incluido el de uso del suelo, cambio del uso del suelo y silvicultura	1990	2005	2010	2020	2030	2050	2070	2100
Sector de energía	103,6	148,8	179,2	214,8	240,8	350,0	518,4	977,0
Procesos industriales	8,3	13,9	15,9	23,6	30,4	49,6	80,9	168,7
Agricultura	108,1	136,3	143,8	155,6	170,1	193,6	204,6	224,7
Residuos	8,7	19,2	24,1	21,9	27,1	29,5	37,4	49,2
Uso del suelo, cambio del uso del suelo y silvicultura	-3,5	-12,4	-9,1	-25,9	-32,4	-31,7	-31,3	-31,1
Total	225,2	305,8	353,9	390,0	436,0	591,0	809,9	1 388,5

Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO VI.15**  
**EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES SECTORIALES NETAS DE GEI,**  
**ESCENARIO DE MITIGACIÓN, 1990-2100**  
*(En miles de Gg de CO<sub>2</sub>e)*



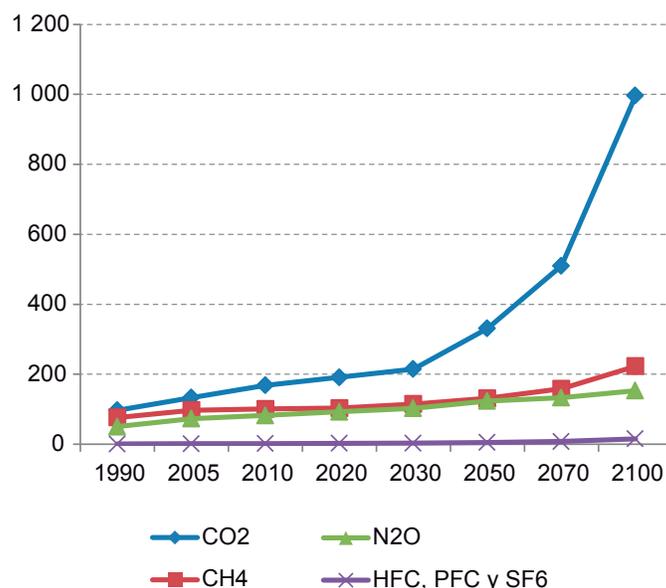
Fuente: Elaboración propia.

El sector de residuos presenta un aumento de las emisiones de GEI del 256% entre el año 2005 y 2100 y este es aun mayor en el período 2005-2030, en el que se registra un incremento del 261%, mientras que entre 2030 y 2100 la expansión es de un 81,55%. Este comportamiento concuerda en gran medida con las hipótesis relativas a los años en los que se estima que se inicien las actividades de recuperación del CH<sub>4</sub> generado por rellenos sanitarios y vertederos, proceso que a partir del año 2050 se estabiliza con un 75% de recuperación de CH<sub>4</sub> del 100% de los residuos depositados en esas áreas. Por consiguiente, la participación de las emisiones del sector en el total (con la excepción del sector de USCUS) se reduce del 6% en 2005 al 3,5% en 2100 y registra su punto máximo en 2010 (6,63%), año supuestamente anterior al inicio del proceso de recuperación del CH<sub>4</sub> generado en los rellenos sanitarios y vertederos. Esta participación es muy inferior a la que se observa en el mismo período

según el escenario de base y se debería al notable ahorro de emisiones en el sector (54,82%) observable entre el escenario de mitigación y el de base, por lo que este sector sería en el que proporcionalmente se ahorrarían más emisiones en los últimos años del período estudiado. Las emisiones de residuos que se producirían en 2100 según el escenario de mitigación serían inferiores a la mitad de las previstas en el escenario de base.

En lo concerniente al sector de uso del suelo, cambio del uso del suelo y silvicultura, las capturas de CO<sub>2</sub> aumentan dos veces y media entre 2005 y 2100. Los aumentos alcanzarían su punto máximo entre 2005 y 2030 para luego ir disminuyendo levemente hasta 2100. Las absorciones de CO<sub>2</sub> en 2100 son casi un 5% inferiores a las de 2030. No obstante, comparadas con las del escenario de base, las capturas netas de CO<sub>2</sub> en el año 2100 según el escenario de mitigación superan en casi un 17% las previstas en el escenario de base.

**GRÁFICO VI.16**  
**EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES NETAS DE GEI POR TIPO DE GAS,**  
**ESCENARIO DE MITIGACIÓN, 1990-2100**  
*(En miles de Gg de CO<sub>2</sub>e)*



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico VI.16 y el cuadro VI.11 se muestran las emisiones de GEI, por tipo de gas, previstas en el escenario de mitigación. Tal como ocurriría en el escenario de base, se observa una clara tendencia creciente de la participación del CO<sub>2</sub> en el total de emisiones de GEI. Si se consideran las emisiones netas (incluido el sector de USCUS), las emisiones de este gas crecen siete veces y media entre 2005 y 2100. En cambio, si se excluyen las capturas de CO<sub>2</sub> correspondientes a USCUS, el crecimiento es un poco menor (siete veces). La participación del CO<sub>2</sub> en el total de emisiones netas de GEI, que en 2005 era del 43,67% (46% si se excluye el sector de USCUS), aumentan al 49,29% en 2030 (52,85% si se excluye el sector de USCUS) y llegan al 71,77% en 2100 (72,39% si se excluyen las capturas de CO<sub>2</sub> del sector forestal). Estos porcentajes de participación son levemente inferiores a los presentados en el escenario de base. No obstante, la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> entre ambos escenarios son significativas (de casi 510 millones de toneladas en el año 2100), lo que implica una reducción de más de un tercio de las emisiones de este gas previstas en el escenario de base.

**CUADRO VI.11**  
**EMISIONES NETAS DE GEI POR TIPO DE GAS, ESCENARIO DE MITIGACIÓN**  
*(En miles de Gg de CO<sub>2</sub>e)*

Emisiones sectoriales, incluido el sector de USCUS	1990	2005	2010	2020	2030	2050	2070	2100
CO <sub>2</sub>	97,3	133,5	168,6	191,2	214,9	331,0	510,0	996,5
CH <sub>4</sub>	76,6	97,4	100,9	103,2	115,0	131,2	158,5	223,0
N <sub>2</sub> O	50,4	73,1	82,4	92,8	102,8	123,8	133,5	153,3
HFC, PFC y SF <sub>6</sub>	0,9	1,7	2,1	2,8	3,2	5,0	7,8	15,6
Total	225,2	305,8	353,9	390,0	436,0	591,0	809,9	1 388,5

**Fuente:** Elaboración propia.

Las emisiones de CH<sub>4</sub> crecen a algo más del doble entre 2005 y 2100. Si bien durante todo el período sigue siendo el segundo GEI en términos de importancia, su participación en el total de emisiones netas se reduce en forma sostenida, desde un 31,87% en 2005 a un 26,39% en 2030, para finalizar en el año 2100 con un 16,06%. Según el escenario de mitigación, las emisiones de CH<sub>4</sub>, incluidas las del sector de USCUS, son un 27% inferiores a las del escenario de base. En el caso del N<sub>2</sub>O se produce un cambio similar, aunque un poco menos pronunciado, puesto que su participación en el total de emisiones netas de GEI, que en 2005 era del 23,92%, pasan a representar el 23,58% en 2030 y el 11,04% en el año 2100. Según el escenario de mitigación, las emisiones de N<sub>2</sub>O en 2100 son un 13,2% inferiores a las previstas en el escenario de base. El mayor ahorro relativo de emisiones de CH<sub>4</sub> en comparación con las de N<sub>2</sub>O, obedece principalmente a las medidas que se proponen para el sector de residuos. En lo referido a los otros gases de efecto invernadero (HFC, PFC y SF<sub>6</sub>), su participación es muy poco significativa a lo largo de todo el período, pero se observa un ahorro de emisiones de más del 17% en el escenario de mitigación en comparación con el de base.

En el cuadro VI.12 y el gráfico VI.17 se presenta la evolución de las emisiones sectoriales de GEI correspondientes a las diversas categorías que componen el sector energético, según el escenario de mitigación y en todo el período analizado. Los cálculos se basaron en información contenida en los respectivos informes sectoriales.

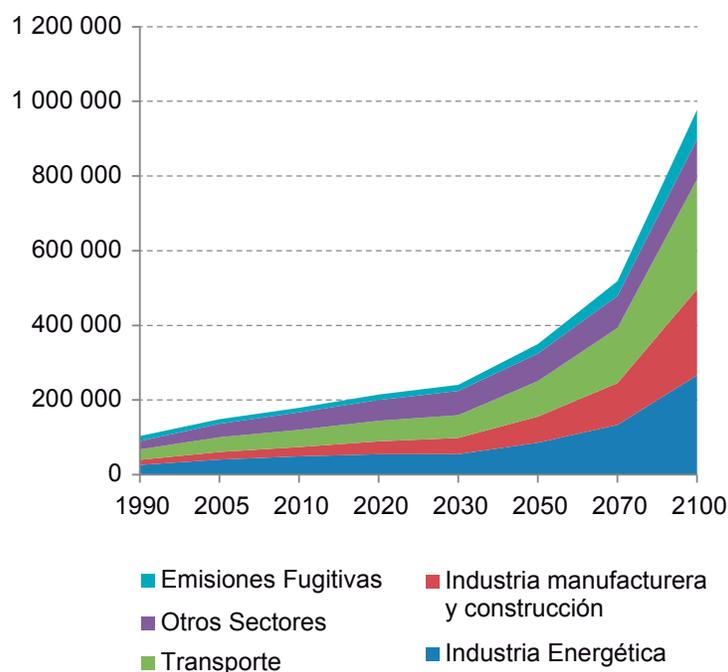
**CUADRO VI.12**  
**EMISIONES DE GEI DEL SECTOR ENERGÉTICO, ESCENARIO DE MITIGACIÓN**  
*(En Gg de CO<sub>2</sub>e)*

	1990	2005	2010	2020	2030	2050	2070	2100
Industria energética	26 311,27	40 619,85	49 272,00	54 952,02	55 104,14	85 780,95	133 533,96	266 091,69
Industria manufacturera y construcción	13 527,32	20 312,69	24 859,61	34 488,15	43 487,24	69 978,57	111 780,50	230 388,36
Transporte	27 858,83	39 484,65	46 116,58	55 070,42	60 951,22	94 892,30	147 717,47	294 355,00
Otros sectores	22 379,64	36 209,95	46 932,13	55 789,59	64 970,04	74 037,72	85 959,45	107 740,50
Emisiones fugitivas	13 532,90	12 127,71	12 045,88	14 501,02	16 242,79	25 285,24	39 361,18	78 434,59
Total	103 609,96	148 754,85	179 226,19	214 801,20	240 755,42	349 974,79	518 352,56	977 010,14

**Fuente:** Elaboración propia.

Una diferencia notable entre el escenario de base y el escenario de mitigación es la relativa a las emisiones del sector de transporte, cuya importancia aumenta, principalmente a partir de mediados de la década de 2030; desde entonces y hasta el final de la serie desplazan al sector de industrias energéticas y a otros sectores (residencial, comercial y público y agropecuario) como principal fuente de emisiones de GEI del sector. En efecto, si bien hasta 2018 las emisiones de las industrias energéticas aparecen como las mayores del sector (27%), entre 2022 y 2035 las demás emisiones son las más importantes del sector energético (26% al 27% en todo ese período), y luego van descendiendo paulatinamente, sobre todo como consecuencia de la importancia que adquieren en la demanda residencial de energía las variables demográficas, que crecen a tasas mucho menores que las variables económicas que explican la evolución de las demás categorías. A partir de 2035 comienza a incrementarse la participación de las emisiones del transporte, que en el año 2100 representan el 30% del total de emisiones de GEI del sector, lo que se compara con un 27% de las industrias energéticas y un 24% de las industrias manufactureras y la construcción, mientras que otros sectores solo representan el 11% del total y el 8% restante corresponde a emisiones fugitivas.

**GRÁFICO VI.17**  
**EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI DEL SECTOR ENERGÉTICO,**  
**ESCENARIO DE MITIGACIÓN, 1990-2100**  
*(En Gg de CO<sub>2</sub>e)*



**Fuente:** Elaboración propia.

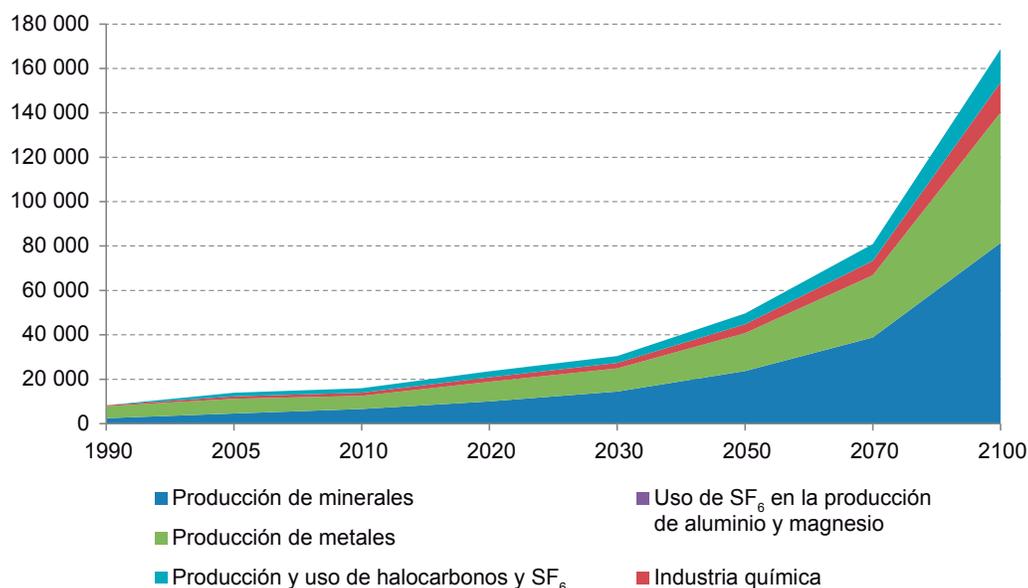
Las variaciones que se observan se relacionan con la evolución de las emisiones de las distintas categorías según el escenario de base y el de mitigación. Mientras las emisiones correspondientes a las industrias energéticas disminuyen un 57%, las de las industrias manufactureras se reducen un 22%, las de transporte poco menos del 15%, las de otros sectores un 23,5% y las emisiones fugitivas un 18,3%.

**CUADRO VI.13**  
**EMISIONES DE GEI DEL SECTOR DE PROCESOS INDUSTRIALES,**  
**ESCENARIO DE MITIGACIÓN**  
*(En Gg de CO<sub>2</sub>e)*

	1990	2005	2010	2020	2030	2050	2070	2100
Producción de minerales	2 440,30	4 558,27	6 590,97	10 011,91	14 453,94	23 684,47	38 809,76	81 406,09
Industria química	421,62	1 105,75	1 420,65	2 026,35	2 450,81	3 997,15	6 519,79	13 552,95
Producción de metales	5 388,80	6 629,50	5 925,75	8 856,51	10 433,54	17 091,64	27 998,76	58 697,04
Uso de SF <sub>6</sub> en la producción de aluminio y magnesio	0,67	1,11	1,85	2,35	2,46	3,93	6,28	12,52
Producción y consumo de halocarbonos y SF <sub>6</sub>	0,00	1 610,15	2 009,54	2 678,69	3 107,68	4 837,68	7 530,74	15 006,43
<b>Total</b>	<b>8 251,38</b>	<b>13 904,78</b>	<b>15 948,77</b>	<b>23 575,80</b>	<b>30 448,43</b>	<b>49 614,87</b>	<b>80 865,33</b>	<b>168 675,03</b>

Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO VI.18**  
**EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI DEL SECTOR DE PROCESOS**  
**INDUSTRIALES, ESCENARIO DE MITIGACIÓN, 1990-2100**  
*(En Gg de CO<sub>2</sub>e)*



Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro VI.13 y el gráfico VI.18 se muestra la evolución de las emisiones de las distintas categorías del sector de procesos industriales según el escenario de mitigación. A lo largo de todo el período analizado, hay dos categorías (producción de minerales y producción de metales) que suman alrededor del 80% de las emisiones del sector. En el año 2005, la producción de minerales representaba el 33%, mientras que la de metales equivalía a casi la mitad del total (48%). No obstante, en el año 2010 los porcentajes correspondientes a ambas categorías son similares y, a partir de entonces, la producción de minerales se convierte claramente en la categoría más emisora del sector. En 2030 esta generaría el 47% de las emisiones, lo que se compara con el 34% de la producción de metales, y en el año 2100 los porcentajes de participación serían del 48% y el 35% respectivamente. La industria química mantiene

un porcentaje de alrededor del 8% del total de las emisiones del sector a lo largo de todo el período, en tanto que la participación de la producción y consumo de HFC, PFC y SF<sub>6</sub> van aumentando lentamente hasta llegar a representar el 9% del total en el año 2100.

Las emisiones de GEI provenientes de la producción de minerales aumentan casi 18 veces entre 2005 y 2100, mientras que las generadas por la producción de metales se amplían casi 9 veces. En la comparación entre el escenario de base y el de mitigación se observa una disminución de las emisiones de GEI en este último en las categoría de producción de minerales (algo menos de un 0,03%), producción de metales (2,4%), y producción y consumo de HFCs, PFCs y SF<sub>6</sub> (14%).

En el cuadro VI.14 y el gráfico VI.19 se presentan las emisiones del sector agropecuario según el escenario de mitigación.

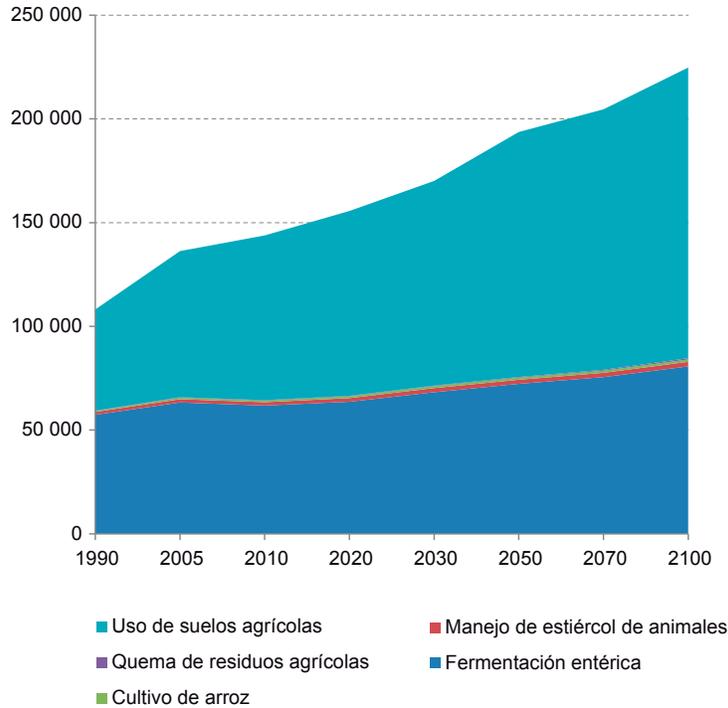
En este sector, las dos principales categorías, es decir las de fermentación entérica (CH<sub>4</sub>) y de uso de suelos agrícolas (N<sub>2</sub>O), concentran el 98% de las emisiones a lo largo de todo el período analizado. Sin embargo, mientras que las emisiones procedentes de la fermentación entérica se mantienen estables a lo largo del período 2005-2020 y presentan un leve crecimiento desde 2010 hasta el año 2100 (27,5%), las emisiones producidas por el uso de suelos agrícolas se duplican entre 2005 y 2100, lo que obedece a la disímil evolución de las principales variables. Por lo tanto, la participación de las emisiones de la fermentación entérica en el total del sector sube pasa del 46% en el año 2005 al 36% en el año 2100, en contraposición con lo que sucede con la participación de las emisiones provenientes del uso de suelos agrícolas, que aumenta del 52% en 2005 al 62% en 2100. Estos porcentajes de participación no distan mucho de los consignados en el escenario de base, pero las emisiones correspondientes a fermentación entérica previstas en el escenario de mitigación para el año 2100 son un 5% menores que en el escenario de base y las correspondientes al uso de suelos agrícolas son un 12,5% inferiores. Las otras categorías del sector no revisten importancia para el análisis, puesto que representan un 2% o menos del total de emisiones del sector.

**CUADRO VI.14**  
**EMISIONES DE GEI DEL SECTOR AGROPECUARIO, ESCENARIO DE MITIGACIÓN**  
(En Gg de CO<sub>2</sub>e)

	1990	2005	2010	2020	2030	2050	2070	2100
Fermentación entérica	57 375,89	63 299,88	61 826,31	63 657,72	68 252,73	72 286,46	75 541,33	80 700,48
Manejo de estiércol de animales	1 366,24	1 588,91	1 607,08	1 762,87	1 999,51	1 985,07	2 074,45	2 216,12
Cultivo de arroz	411,60	719,67	756,00	840,00	945,00	997,50	1 039,50	1 134,00
Quema de residuos agrícolas	207,82	236,13	241,38	247,89	254,47	327,99	422,75	618,61
Uso de suelos agrícolas	48 775,40	70 413,40	79 381,70	89 081,60	98 620,30	118 046,64	125 507,17	140 044,76
Total	108 136,94	136 257,99	143 812,47	155 590,08	170 072,01	193 643,65	204 585,19	224 713,97

**Fuente:** Elaboración propia.

**GRÁFICO VI.19**  
**EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI DEL SECTOR AGROPECUARIO,**  
**ESCENARIO DE MITIGACIÓN, 1990-2100**  
*(En Gg de CO<sub>2</sub>e)*



**Fuente:** Elaboración propia.

En el cuadro VI.15 y el gráfico VI.20 se presenta la evolución de las emisiones de las diversas categorías que integran el sector de uso del suelo, cambio del uso del suelo y silvicultura.

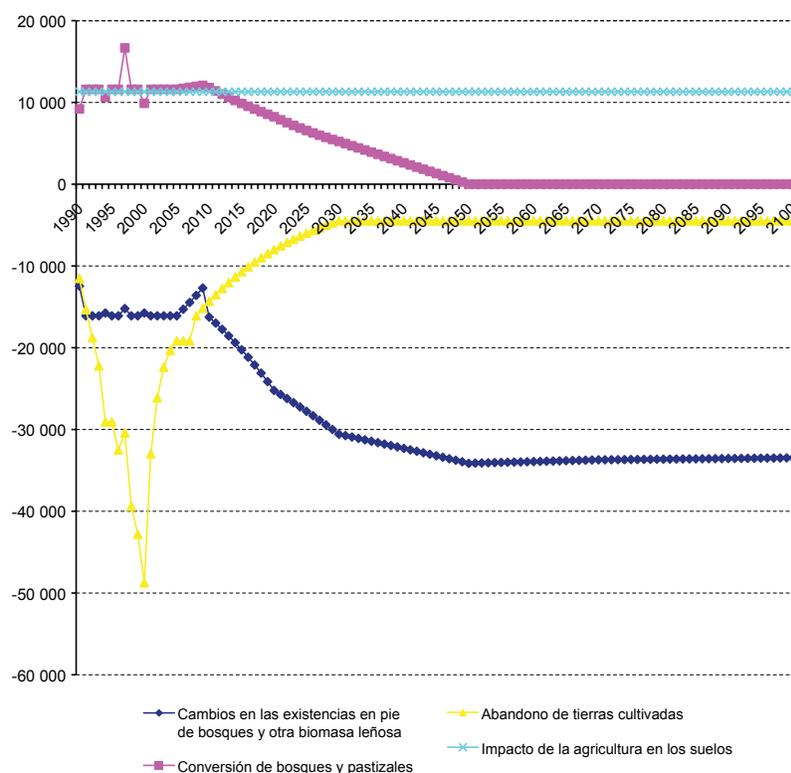
**CUADRO VI.15**  
**EMISIONES DE GEI DEL SECTOR DE USUOS, ESCENARIO DE MITIGACIÓN**  
*(En Gg de CO<sub>2</sub>e)*

	1990	2005	2010	2020	2030	2050	2070	2100
Cambios en las existencias en pie de bosques y otra biomasa leñosa	-12 462,40	-16 098,41	-17 640,52	-34 691,48	-39 485,35	-38 567,74	-38 142,83	-37 898,84
Conversión de bosques y pastizales	9 210,77	11 604,35	11 564,66	5 507,34	245,43	0,00	0,00	0,00
Abandono de tierras cultivadas	-11 514,25	-19 169,90	-14 330,84	-8 008,94	-4 475,88	-4 475,88	-4 475,88	-4 475,88
Impacto de la agricultura en los suelos	11 307,76	11 307,76	11 307,76	11 307,76	11 307,76	11 307,76	11 307,76	11 307,76
<b>Total</b>	<b>-3 458,12</b>	<b>-12 356,21</b>	<b>-9 098,94</b>	<b>-25 885,32</b>	<b>-32 408,04</b>	<b>-31 735,86</b>	<b>-31 310,95</b>	<b>-31 066,96</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Las capturas de CO<sub>2</sub> por parte de la biomasa leñosa aumentan más de un 235% entre 2005 y 2100 y llegan a su punto máximo en 2030. A partir de ese año, también se supone que se dé cumplimiento pleno a la Ley de Protección Ambiental de los Bosques Nativos, por lo que desaparecerían las emisiones correspondientes a la conversión de estos y de los pastizales. A pesar de estas medidas, en 2100 las absorciones netas de CO<sub>2</sub> correspondientes a esta categoría superarían en apenas un 13% las previstas en el escenario de base. Como hacia el final del período no hay mayores diferencias entre un escenario y otro en las demás categorías, el aumento de las capturas netas de CO<sub>2</sub> en todo el sector es de casi un 17%.

**GRÁFICO VI.20**  
**EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI DEL SECTOR DE USCUS, ESCENARIO DE MITIGACIÓN, 1990-2100**  
*(En Gg de CO<sub>2</sub>e)*



**Fuente:** Elaboración propia.

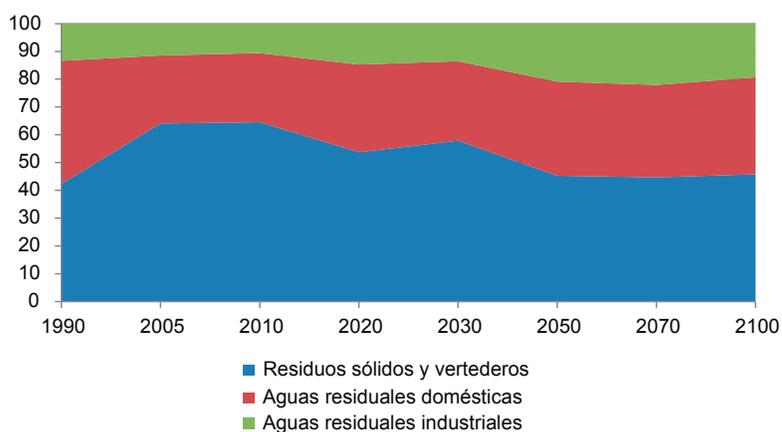
En el cuadro VI.16 y el gráfico VI.21 se presenta la evolución de las emisiones de GEI del sector de residuos en el período analizado, según el escenario de mitigación. Las emisiones de GEI del sector en su conjunto ascienden en el año 2100 a 49.198,88 Gg de CO<sub>2</sub>e, lo que supone más de un 256% de aumento respecto de las emisiones totales registradas en el sector en el año 2005 (19.195,43 Gg de CO<sub>2</sub>e). Sin embargo, las emisiones correspondientes al año 2100 representan casi un 55% de reducción entre el escenario de base y el de mitigación. El ahorro de emisiones entre ambos escenarios (59.724,47 Gg de CO<sub>2</sub>e) es un 21,3% mayor que las emisiones previstas en el escenario de mitigación del sector, lo que da una idea del impacto de las medidas de recuperación del CH<sub>4</sub> proveniente de los residuos depositados en rellenos sanitarios y vertederos. Esta es la principal medida de mitigación que, según se estima, se aplicará en el sector, de modo que las emisiones de las demás categorías no varían significativamente entre un escenario y otro.

**CUADRO VI.16**  
**EMISIONES DE GEI DEL SECTOR DE RESIDUOS, ESCENARIO DE MITIGACIÓN**  
*(En Gg de CO<sub>2</sub>e)*

	1990	2005	2010	2020	2030	2050	2070	2100
Residuos sólidos y vertederos	3 680,22	12 304,09	15 530,11	11 789,65	15 701,07	13 346,50	16 711,80	22 541,98
Aguas residuales domésticas	3 847,60	4 692,88	5 976,95	6 911,19	7 747,73	9 973,00	12 437,00	17 154,40
Aguas residuales industriales	1 161,69	2 198,45	2 547,79	3 228,60	3 665,79	6 142,50	8 242,50	9 502,50
Total	8 689,51	19 195,43	24 054,85	21 929,45	27 114,59	29 462,00	37 391,30	49 198,88

Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO VI.21**  
**EVOLUCIÓN DE LA PARTICIPACIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI DEL SECTOR**  
**DE RESIDUOS, ESCENARIO DE MITIGACIÓN, 1990-2100**  
*(En porcentajes)*

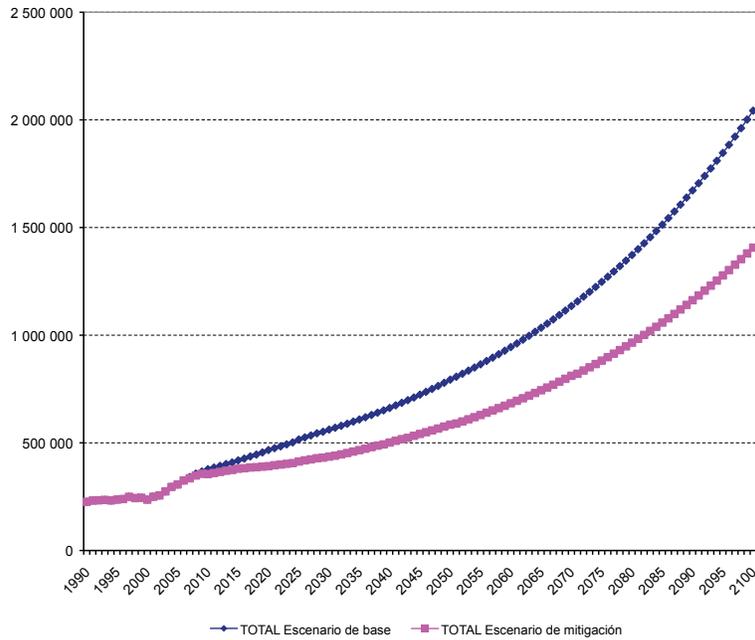


Fuente: Elaboración propia.

## 2. Cálculo del ahorro de emisiones

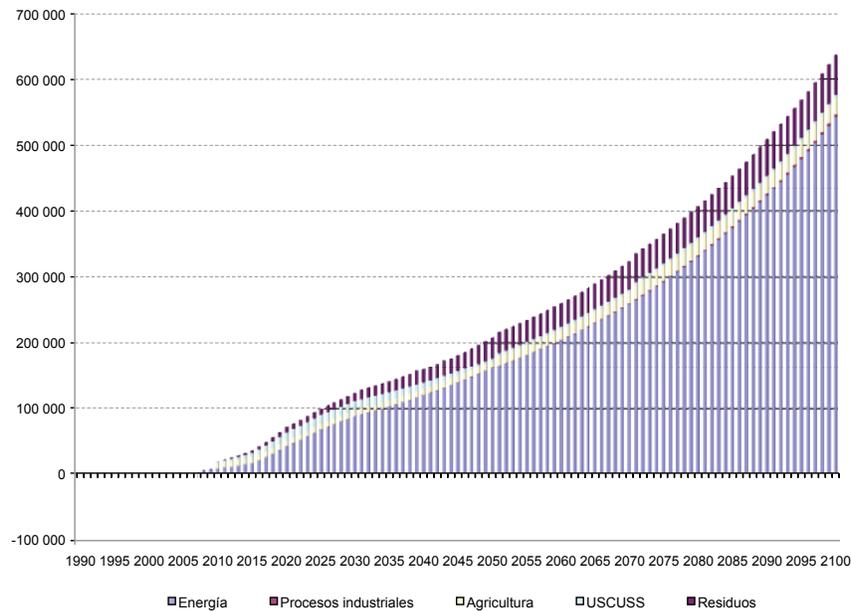
Tal como se observa en el gráfico VI.22, según el escenario de mitigación las emisiones de GEI en el año 2100 ascienden a 1.388.502,66 Gg de CO<sub>2</sub>e, es decir, son un 31,5% inferiores a las estimadas en el escenario de base (2.025.959,44 Gg de CO<sub>2</sub>e).

**GRÁFICO VI.22**  
**AHORRO DE EMISIONES NETAS DE GEI: COMPARACIÓN DEL ESCENARIO DE BASE**  
**Y EL ESCENARIO DE MITIGACIÓN, 1990-2100**  
*(En Gg de CO<sub>2</sub>e)*



Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO VI.23**  
**EMISIONES NETAS EVITADAS EN TODOS LOS SECTORES: COMPARACIÓN DEL**  
**ESCENARIO DE BASE Y EL ESCENARIO DE MITIGACIÓN, 1990-2100**  
*(En Gg de CO<sub>2</sub>e)*



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico VI.23 y los cuadros VI.17 y VI.18 se presenta el detalle, por sector, del ahorro total de emisiones de GEI, medidas en términos de CO<sub>2</sub>e, que traería aparejado la aplicación de estas medidas y que asciende a 24.688 millones de toneladas en todo el período analizado. Esta cifra implica un ahorro de más del 27% del total de emisiones acumuladas previstas en el escenario de base para el período 2010-2100.

La mayor parte de las emisiones ahorradas en el período analizado se deberían a la aplicación de medidas en el sector energético. En efecto, el ahorro de emisiones de dicho sector representa un porcentaje creciente a medida que se avanza hacia el año horizonte: el 51,54% en 2020, el 72,46% en 2030, el 77,34% en 2050, el 78,72% en 2070 y el 84,87% en 2100. De los 24.687.682,80 Gg de CO<sub>2</sub>e no emitidos en el período analizado (fundamentalmente entre 2010 y 2100) al sector energético le corresponde el 80,12%; en términos de acumulación de emisiones ahorradas le sigue el sector de residuos, que representa el 11,37% del total. El sector energético representa el 10,45% de las emisiones ahorradas en el año 2020, el 9,31% en 2030, el 15,7% en 2050 (año en que se recupera el 75% del CH<sub>4</sub> emitido por el 100% de los residuos depositados en rellenos sanitarios y vertederos); el ahorro desciende luego paulatinamente, al 13,96% en 2070 y al 9,68% en 2100. El sector de uso del suelo, cambio del uso del suelo y silvicultura presenta un alto porcentaje de participación al principio del período (un 16,49% del total en 2020 y un 11,13% en 2030), que posteriormente disminuye, a medida que se van agotando las posibilidades de ahorro en virtud del pleno cumplimiento de la Ley de Protección Ambiental de los Bosques Nativos en ambos escenarios, y pasa a representar el 2,15% del total en 2050, el 1,46% en 2070 y el 0,72% en el año 2100. Los 606.066,87 Gg de CO<sub>2</sub>e ahorrados en el período estudiado representan el 2,45% del ahorro acumulado.

**CUADRO VI.17**  
**AHORRO DE EMISIONES SECTORIALES DE GEI: COMPARACIÓN DEL ESCENARIO DE BASE Y EL ESCENARIO DE MITIGACIÓN, 1990-2100**  
(En Gg de CO<sub>2</sub>e)

Emisiones sectoriales, incluido el sector de USCUS	2020	2030	2050	2070	2100
Energía	45 594,19	90 417,16	159 477,16	239 517,69	523 427,97
Procesos industriales	170,61	280,89	738,71	1 644,87	4 395,69
Agricultura	8 365,74	8 587,48	10 270,66	16 213,00	24 735,30
Uso del suelo, cambio del uso del suelo y silvicultura	8 689,51	19 195,43	24 054,85	21 929,45	27 114,59
Residuos	7 741,11	13 883,96	4 429,29	4 429,30	4 429,30
Total	12 212,92	11 611,84	31 273,67	42 469,56	59 724,47
Total	74 084,57	124 781,33	206 189,49	304 274,41	616 712,57

**Fuente:** Elaboración propia.

El sector agropecuario es el tercero en orden de importancia en función de las emisiones ahorradas en los años incluidos en el análisis, puesto que estas ascienden a 1.370.170,69 Gg de CO<sub>2</sub>e, el 5,55% del total acumulado. La participación del ahorro de emisiones de este sector es mucho mayor al comienzo del período, hecho que está relacionado con el relativo estancamiento de las emisiones producidas por el sector, como se indica en otras secciones de este informe. En efecto, las emisiones de GEI del sector agropecuario representan en el año 2020 el 11,29% del total, y constituirían el 6,88% en el año 2030, el 4,98% en el año 2050, el 5,33% en el año 2070 y, finalmente, el 5,09% en el año 2100. En cuanto al sector de procesos industriales, su contribución al ahorro de emisiones es mínima (0,50% del total) debido, en parte, a su baja participación en el total de emisiones de GEI.

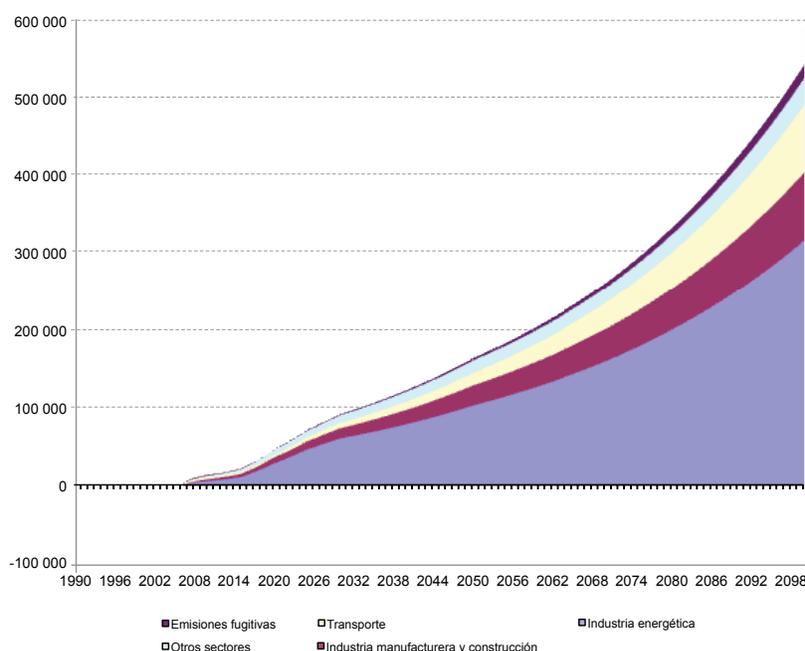
**CUADRO VI.18**  
**TOTAL ACUMULADO DE EMISIONES SECTORIALES DE GEI AHORRADAS:**  
**COMPARACIÓN DEL ESCENARIO DE BASE Y EL ESCENARIO DE MITIGACIÓN,**  
**1990-2100**

Emisiones sectoriales, incluido el sector de USCUS	En Gg de CO <sub>2</sub> e	En porcentajes sobre el total
Energía	19 780 424,08	80,12
Procesos industriales	123 229,69	0,50
Agricultura	1 370 170,69	5,55
Residuos	2 807 791,72	11,37
Uso del suelo, cambio del uso del suelo y silvicultura	606 066,87	2,45
Total	24 687 682,80	100,00

**Fuente:** Elaboración propia.

En el gráfico VI.24 se aprecia la composición de las emisiones ahorradas en el sector energético. En 2020 más del 60% de las emisiones ahorradas provienen del subsector de industrias energéticas, que a lo largo del período analizado presenta los mayores ahorros del sector. En 2030, la participación de este subsector asciende al 65,81% y, si bien se reduce en 2050 al 60,29%, principalmente debido al agotamiento de los recursos hidroeléctricos identificados, sigue siendo claramente la principal fuente de ahorro de emisiones del sector hasta el fin del período (67,83% en 2100). En términos acumulados las emisiones ahorradas del sector representan el 63,4% del total.

**GRÁFICO VI.24**  
**EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI AHORRADAS POR EL SECTOR**  
**ENERGÉTICO: COMPARACIÓN DEL ESCENARIO DE BASE Y EL ESCENARIO**  
**DE MITIGACIÓN, 1990-2100**  
*(En Gg de CO<sub>2</sub>e)*



**Fuente:** Elaboración propia.

En el total acumulado, la categoría que le sigue es la industria manufacturera y de la construcción, que representa el 17%, seguida del sector de transporte (9,55%) y otros sectores (7,6%).

### 3. Cálculo de los costos de mitigación

Para la determinación de los costos de mitigación se consideraron las medidas identificadas en varios estudios previos<sup>138</sup> que, a la vez, revisten especial importancia en lo que respecta a la reducción de emisiones. En este sentido, y con el fin de realizar un análisis más robusto y con menor grado de incertidumbre, se han considerado las opciones de mitigación cuya adopción sería viable en los próximos veinte años<sup>139</sup> y pasarían a estar plenamente vigentes entre 2030 y 2050. Esto se debe a la mayor certeza sobre las tecnologías disponibles y el grado de desarrollo del conocimiento técnico, así como a la evolución esperable del sistema socioeconómico. Con posterioridad al año 2050, se asume que las medidas identificadas mantienen su eficacia, que varía de un sector a otro, mientras que el realce de la eficiencia en lo que respecta a la intensidad de las emisiones se analiza en forma agregada, teniendo en cuenta la mayor incertidumbre con respecto a los supuestos que tomarían en cuenta.

En este cálculo no se han considerado los beneficios resultantes de la posible venta de bonos de carbono<sup>140</sup>, pero se supone que las medidas y sus costos asociados son adicionales, por tratarse de medidas orientadas a la consecución de un beneficio global, concretamente a la limitación de las emisiones de GEI. Tampoco se miden ni computan los posibles beneficios secundarios nacionales o locales<sup>141</sup>, por el hecho de ser costos incrementales brutos de mitigación<sup>142</sup>. Por último, los costos calculados son costos directos mínimos, correspondientes a la implementación de tecnologías, y se basan en criterios dependientes de las características de los diversos sectores<sup>143</sup>.

Las medidas que se tomaron en consideración en relación con los sectores analizados son las siguientes:

---

<sup>138</sup> Véanse Fundación Bariloche (2008) y los informes sectoriales sobre escenarios de emisiones y medidas de mitigación que forman parte del estudio nacional. Algunas de las medidas mencionadas también fueron identificadas en los informes correspondientes a los diversos componentes de la segunda comunicación nacional (Gobierno de la República Argentina, 2007).

<sup>139</sup> Este criterio coincide con los resultados del Informe Stern (2007), según el cual las medidas de mitigación que se adopten en las próximas dos décadas son de extrema relevancia.

<sup>140</sup> Los criterios utilizados para el cálculo se basan en las hipótesis de que las medidas que dan origen a estos bonos son capitalizadas fundamentalmente por las partes que las implementan (no incluidas en el Anexo I de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático), bajo la forma de emisiones evitadas o reducidas, y de que la principal motivación de estas actividades no es necesariamente el interés de facilitar el cumplimiento por parte de los países incluidos en dicho anexo I.

<sup>141</sup> El cálculo de los posibles beneficios secundarios de la puesta en práctica de las medidas de mitigación identificadas en este estudio habría obligado a realizar un estudio específico sobre la materia, dado que, para que el análisis sea coherente, si se incluyen dichos beneficios también habría que incluir los costos indirectos de la aplicación de las medidas.

<sup>142</sup> Los costos incrementales son los derivados de la implementación de acciones que suponen un beneficio global (limitación o reducción de las emisiones de GEI) superior a los beneficios que puedan traer aparejados a nivel local. Son “incrementales” en el sentido de que se suman a los que el país habría cubierto para aplicar ciertos criterios de desarrollo sustentable.

<sup>143</sup> Es muy importante aclarar este criterio, en vista de que solo se toman en cuenta los costos de aplicación de las tecnologías y los procesos identificados y los beneficios de las emisiones de GEI evitadas o reducidas. En los cálculos no se incluyen aspectos muy importantes, como los efectos positivos o negativos en el empleo, los efectos en la balanza de pagos del país y otros costos y beneficios indirectos, que podrían llegar a ser significativos.

- Sector energético<sup>144</sup>
  - Reducción de emisiones en la industria energética, mediante la incorporación de fuentes de generación eléctrica no emisoras o que produzcan bajas emisiones.
  - Eficiencia energética<sup>145</sup> en los sectores residencial, comercial y público, mediante la implementación de un programa de etiquetado de artefactos (<http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=2519>)<sup>146</sup> y eficiencia pasiva<sup>147</sup>, y en el sector industrial<sup>148</sup>, en virtud de mejoras tecnológicas de artefactos eléctricos y calóricos, mediante financiamiento orientado y regulación.
  - Sustitución de medios de transporte, tanto de personas como de carga (uso de ferrocarriles y trenes urbanos subterráneos) y mejora de la eficiencia del parque automotor (automóviles y camiones), mediante inversiones directas, e implementación del “Plan canje” (<http://nuevoplancanje.com.ar/>) y el “Plan ferroviario” (<http://www.elintransigente.com/notas/2010/6/28/regionales-48307.asp>).
  - Opciones de mitigación en el ámbito del abastecimiento (generación de electricidad): reemplazo de generación térmica por generación mediante fuentes no emisoras de GEI (energía hidroeléctrica y nuclear y fuentes renovables)<sup>149</sup>.
- Sector de residuos
  - Recuperación del CH<sub>4</sub> proveniente de los rellenos sanitarios: se analizaron las hipótesis de recuperación del 50% del CH<sub>4</sub> y el 75% del CH<sub>4</sub> generado. Para el cálculo de los costos asociados, se tomó como referencia la situación de un relleno sanitario<sup>150</sup> en el año 2030 y se aplicó la tasa de recuperación del 50%. Si bien podría aprovecharse la energía resultante de la incineración y utilizarse para la generación eléctrica, esta opción no fue considerada.
- Sector forestal
  - Captura de CO<sub>2</sub> mediante plantaciones para destinos energéticos, para uso de la madera, para producción de fibra o bien para otros fines no necesariamente definidos a priori. Se desarrolló un plan de plantaciones basado en la forestación de 5.000 ha anuales de monte mixto, en todos los años del período 2010-2100.
  - Reducción paulatina del desmonte de los montes nativos, mediante la implementación de medidas en virtud de las cuales se evite y prohíba el desmonte hasta la eliminación total de la práctica en 2050. Para que esta política resulte eficaz, es muy probable que se deba recurrir a las medidas previstas en el programa de las Naciones Unidas de reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal.

<sup>144</sup> Véase Fundación Bariloche (2008).

<sup>145</sup> Se trata de ahorros en iluminación, acondicionamiento del aire y conservación de alimentos (véase Fundación Bariloche (2008).

<sup>146</sup> Esta mejora obedece a la incorporación gradual de artefactos más eficientes, unida a la aplicación o profundización de un programa de etiquetado y un programa de difusión asociado, así como al posible establecimiento de estándares mínimos de rendimiento (véase Fundación Bariloche, 2008).

<sup>147</sup> Mejora correspondiente al ahorro de energía en climatización a partir de la implementación de un programa de mejoramiento de las condiciones térmicas de la estructura edilicia. Véase Fundación Bariloche (2008).

<sup>148</sup> Las medidas pertinentes se concentran en los sistemas de generación de vapor, aislamiento de ductos, y mantenimiento general y de válvulas. En lo que respecta al empleo de electricidad, se trata principalmente de un uso racional de la energía, sobre todo de los motores eléctricos (véase Fundación Bariloche, 2008).

<sup>149</sup> Véase Fundación Bariloche (2008).

<sup>150</sup> Relleno sanitario Norte III del Gran Buenos Aires.

- Sector ganadero
  - La mejora de la alimentación (bovinos del rodeo de cría) ofrece dos alternativas: la utilización en otoño e invierno de verdeos de verano (maíz o sorgo), debido a la falta de materia seca en los pastizales naturales en esa época del año, y la mejora de los pastizales naturales, para aumentar la calidad y cantidad de materia seca disponible. De las opciones sugeridas se toman como referencia la opción mínima y la opción máxima. La primera consistiría en realizar dos cortes de limpieza por año, mientras que la opción máxima supondría un corte de limpieza, seguido por la intersemebra de *lotus tenuis* con fertilización, utilizando maquinarias para siembra directa.

A partir de las opciones identificadas, se calcularon los costos de mitigación correspondientes a los años de corte, estimados para dos categorías: i) costos incrementales (también llamados “costos netos de mitigación” en este contexto)<sup>151</sup>, consistentes en la diferencia entre los costos de implementación de medidas que no suponen emisiones y los costos de la alternativa emisora o práctica frecuente y ii) costos totales o “costos brutos de mitigación” de la opción no emisora, para cuyo cálculo no se deducen de los costos de la alternativa no emisora los asociados a la alternativa emisora. Los primeros reflejan el “esfuerzo adicional” por no generar emisiones, mientras que los segundos corresponden al “esfuerzo total” que debería realizar el sistema socioeconómico con tal objeto.

El único caso en el que se observa una diferencia entre las dos categorías, medidas en dólares/tonelada de CO<sub>2</sub>e, es el de la industria energética, debido a que en los demás sectores la opción o alternativa emisora es “no hacer nada” (“no intervención”), que no supone inversiones ni costos adicionales directos. En cambio, en la industria energética se reemplaza una opción “más emisora” por una “menos emisora”.

Para las estimaciones de los costos de mitigación por tonelada de CO<sub>2</sub>e se utilizaron dos tasas de descuento: 4% y 12%. En los cálculos se consideraron todas las emisiones que se evitarían en el período 2010-2100 en los sectores considerados, y se emplearon valores reales de las mejores alternativas técnicas (véase el cuadro VI.23).

En el caso del programa de etiquetado, cabe destacar que solo se incluyen los costos de las medidas necesarias para implementar y monitorear el sistema<sup>152</sup>. Se asume que las entidades que opten por equipos más eficientes no tendrán que hacer frente a costos adicionales o que los recuperarán durante la vida útil de estos.

Finalmente, a diferencia de lo realizado en relación con el resto de los sectores, los costos del sector forestal se estimaron a partir del costo de oportunidad de la tierra (renta del recurso natural) y no se tomaron en cuenta otros costos de oportunidad asociados al uso de esta (renta del capital y el trabajo).

Las aclaraciones anteriores justifican la consideración de los valores monetarios indicados como costos mínimos de mitigación, aunque no sean necesariamente representativos del costo total de las medidas. Estos criterios sirvieron de guía a la elaboración de los cuadros VI.19 a VI.22 y los gráficos VI.25 a VI.28, en los que se resumen los principales resultados en términos de costo brutos y netos de mitigación y en términos unitarios (por tonelada evitada o reducida de CO<sub>2</sub>e), de acuerdo a las tasas de descuento del 4% y del 12%.

Como se puede observar, en el caso de los costos brutos de mitigación (cuadros VI.19 y VI.20), las opciones que presentan menores costos de acuerdo a las dos tasas son las vinculadas con

<sup>151</sup> Dado que el empleo de esta expresión puede llevar a confusión, cabe aclarar que los costos incrementales netos son los costos de los que se han descontado los beneficios locales, tanto directos como indirectos, de las medidas adoptadas. En este contexto se emplea la expresión “costo neto de mitigación” en el sentido de “costo incremental bruto de mitigación”.

<sup>152</sup> Véase [en línea] <http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=2519>.

los siguientes factores: tratamiento de residuos, etiquetado, sector forestal, eficiencia energética en la industria y transporte de personas; estos se presentan ordenados de menor a mayor costo por tonelada evitada. Las medidas previstas para el sector ganadero se perfilan como las más adecuadas cuando se calculan a tasas más altas y lo mismo ocurre con las grandes centrales hidroeléctricas a tasas menores. En ambos casos, la opción solar térmica aparece como la más onerosa de las alternativas, pero si se toma en cuenta la cantidad de emisiones ahorradas se advierte claramente la importancia de cuatro opciones relevantes: grandes centrales hidroeléctricas, centrales nucleares, tratamiento de residuos y adopción de medidas en el sector forestal. En conjunto, estas representan más del 75% de las emisiones ahorradas.

Si se toman en consideración los costos netos totales de mitigación, calculados a las dos tasas de descuento, las opciones de generación hidroeléctrica, nuclear y geotérmica tienen costos negativos, mientras que la opción solar térmica es la que presenta costos más elevados. Al igual que en el caso anterior, las medidas que podrían adoptarse en el sector ganadero ocupan una posición menos favorable a tasas de descuento más bajas.

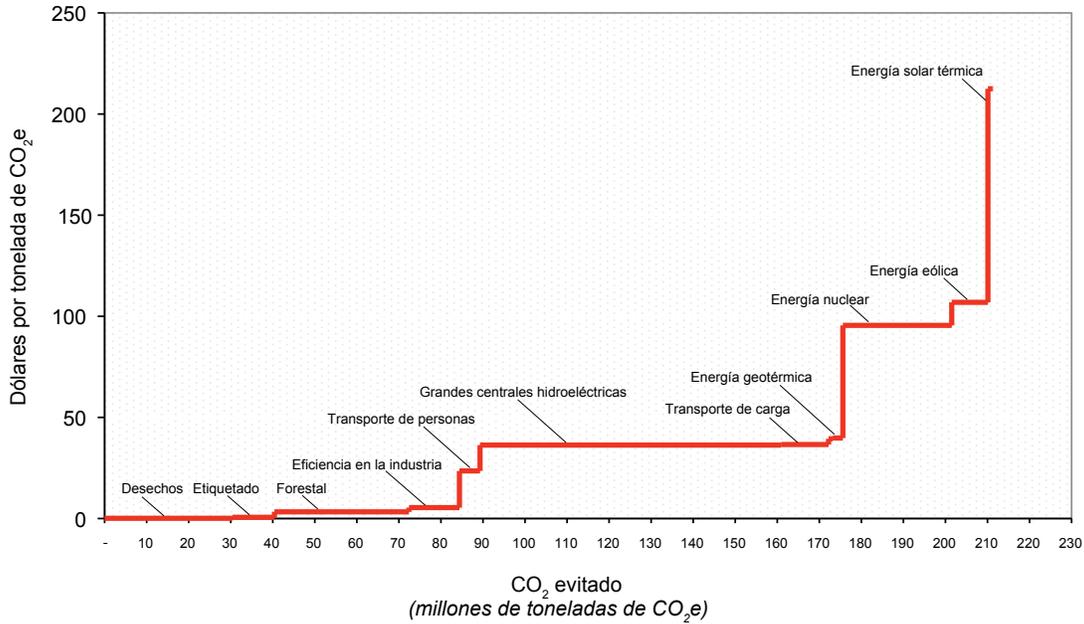
Los costos unitarios se aplicaron posteriormente a las emisiones ahorradas en cada categoría, a fin de calcular los costos brutos totales de mitigación acumulados en los diversos años de corte.

**CUADRO VI.19**  
**COSTOS BRUTOS TOTALES DE LAS OPCIONES DE MITIGACIÓN IDENTIFICADAS A**  
**UNA TASA DESCUENTO DEL 4%**  
*(En dólares de 2005 por tonelada de CO<sub>2</sub>e)*

Opción de Mitigación	Millones de toneladas de CO <sub>2</sub> e potencial de la opción	Millones de Tons CO <sub>2</sub> mitigación acumulada	Costo del CO <sub>2</sub> e evitado
Escenario de Referencia	-	-	
Desechos	30,40	30	0,12
Etiquetado	10,00	40	0,60
Forestal	32,00	72	3,30
Eficiencia en la industria	12,00	84	5,40
Transporte de personas	4,90	89	23,54
Grandes centrales hidroeléctricas	71,60	161	36,30
Transporte de carga	11,30	172	36,59
Energía geotérmica	1,00	173	39,40
Ganadería	2,40	176	39,80
Energía nuclear	25,90	202	95,50
Energía eólica	8,60	210	106,90
Energía solar térmica	1,00	211	212,50

**Fuente:** Elaboración propia.

**GRÁFICO VI.25**  
**CURVA DE COSTOS BRUTOS TOTALES DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN**  
**A UNA TASA DE DESCUENTO DEL 4%, 2030**  
*(En dólares de 2005 por tonelada de CO<sub>2</sub>e)*



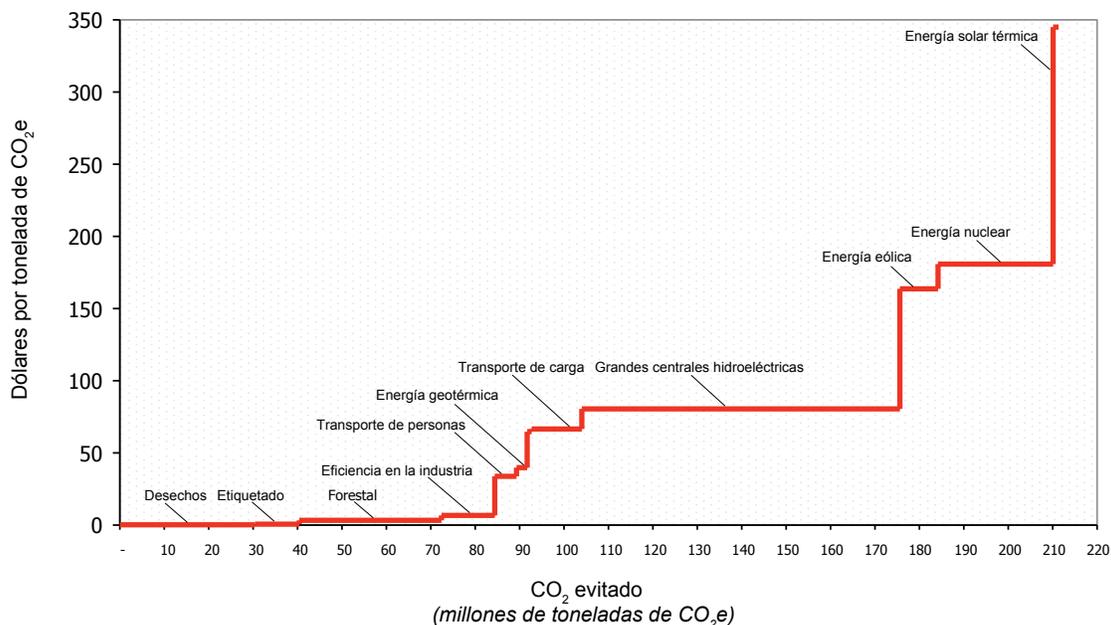
Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO VI.20**  
**COSTOS BRUTOS TOTALES DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN IDENTIFICADAS A**  
**UNA TASA DE DESCUENTO DEL 12%**  
*(En dólares de 2005 por tonelada de CO<sub>2</sub>e)*

Opción de Mitigación	Millones de toneladas de CO <sub>2</sub> e potencial de la opción	Millones de Tons CO <sub>2</sub> mitigación acumulada	Costo del CO <sub>2</sub> e evitado
Escenario de Referencia	-	-	
Desechos	30,40	30	0,20
Etiquetado	10,00	40	0,63
Forestal	32,00	72	3,30
Eficiencia en la industria	12,00	84	6,70
Transporte de personas	4,90	89	33,78
Grandes centrales hidroeléctricas	2,40	92	39,80
Transporte de carga	1,00	93	64,70
Energía geotérmica	11,30	104	66,57
Ganadería	71,60	176	80,50
Energía nuclear	8,60	184	163,67
Energía eólica	25,90	210	180,80
Energía solar térmica	1,00	211	345,00

Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO VI.26**  
**CURVA DE COSTOS BRUTOS TOTALES DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN A UNA**  
**TASA DE DESCUENTO DEL 12%, 2030**  
*(En dólares de 2005 por tonelada de CO<sub>2</sub>e)*



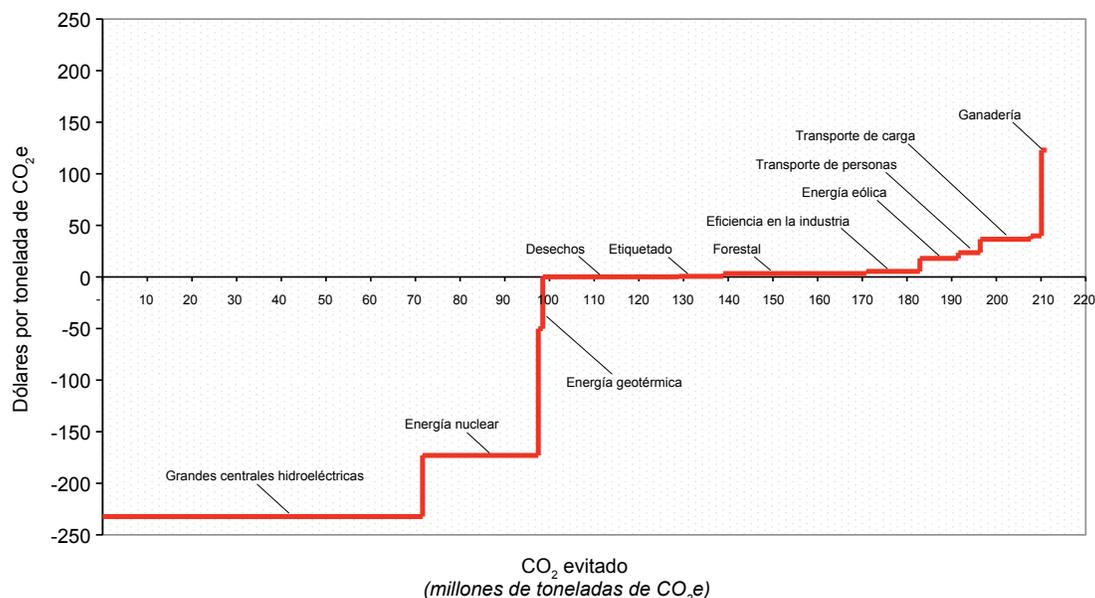
Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO VI.21**  
**COSTOS NETOS TOTALES DE LAS OPCIONES DE MITIGACIÓN IDENTIFICADAS A**  
**UNA TASA DE DESCUENTO DEL 4%**  
*(En dólares de 2005 por tonelada de CO<sub>2</sub>e)*

Opción de Mitigación	Millones de toneladas de CO <sub>2</sub> e potencial de la opción	Millones de Tons CO <sub>2</sub> mitigación acumulada	Costo del CO <sub>2</sub> e evitado
Escenario de Referencia	-	-	-
Desechos	71,60	72	-232,30
Etiquetado	25,90	98	-173,00
Forestal	1,00	99	-50,20
Eficiencia en la industria	30,40	129	0,12
Transporte de personas	10,00	139	0,60
Grandes centrales hidroeléctricas	32,00	171	3,30
Transporte de carga	12,00	183	5,40
Energía geotérmica	8,60	192	18,00
Ganadería	4,90	196	23,54
Energía nuclear	11,30	208	36,59
Energía eólica	2,40	210	39,80
Energía solar térmica	1,00	211	122,90

Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO VI.27**  
**CURVA DE COSTOS NETOS TOTALES DE LAS OPCIONES DE MITIGACIÓN**  
**IDENTIFICADAS A UNA TASA DE DESCUENTO DEL 4%, 2030**  
*(En dólares de 2005 por tonelada de CO<sub>2</sub>e)*



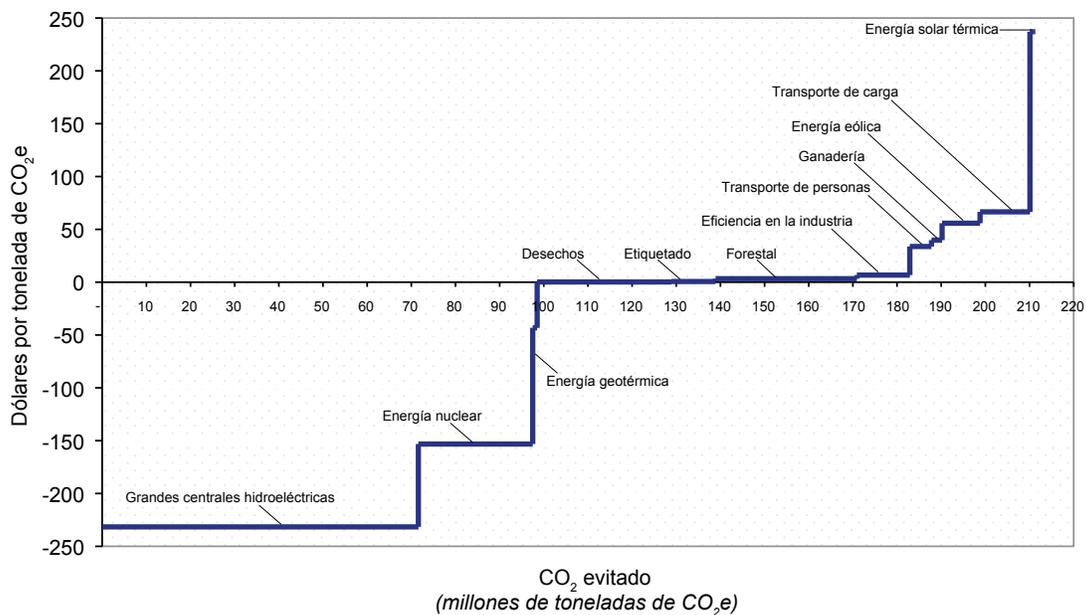
Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO VI.22**  
**COSTOS NETOS TOTALES DE LAS OPCIONES DE MITIGACIÓN IDENTIFICADAS A**  
**UNA TASA DE DESCUENTO DEL 12%**  
*(En dólares de 2005 por tonelada de CO<sub>2</sub>e)*

Opción de Mitigación	Millones de toneladas de CO <sub>2</sub> e potencial de la opción	Millones de Tons CO <sub>2</sub> mitigación acumulada	Costo del CO <sub>2</sub> e evitado
Escenario de Referencia	-	-	-
Desechos	71,60	72	-231,60
Etiketado	25,90	98	-153,20
Forestal	1,00	99	-43,20
Eficiencia en la industria	30,40	129	0,20
Transporte de personas	10,00	139	0,63
Grandes centrales hidroeléctricas	32,00	171	3,30
Transporte de carga	12,00	183	6,70
Energía geotérmica	4,90	188	33,78
Ganadería	2,40	190	39,80
Energía nuclear	8,60	199	55,80
Energía eólica	11,30	210	66,57
Energía solar térmica	1,00	211	237,10

Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO VI.28**  
**CURVA DE COSTOS NETOS TOTALES DE LAS OPCIONES DE MITIGACIÓN**  
**IDENTIFICADAS A UNA TASA DE DESCUENTO DEL 12%, 2030**  
*(En dólares de 2005 por tonelada de CO<sub>2</sub>e)*



Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO VI.23**  
**SÍNTESIS DE LAS LAS OPCIONES DE MITIGACIÓN Y SUS COSTOS**

Sector	Medida	Emisiones evitadas por año (10 <sup>6</sup> t CO <sub>2</sub> e)	Emisiones evitadas acumuladas 2010-2100 (10 <sup>6</sup> t CO <sub>2</sub> e)	Costo de mitigación neto r = 4% (dólares/t CO <sub>2</sub> e)	Costo de mitigación total r = 4% (dólares/t CO <sub>2</sub> e)	Costo de mitigación neto = 12% (dólares/t CO <sub>2</sub> e)	Costo de mitigación total r = 12% (dólares/t CO <sub>2</sub> e)
Industria energética	Desarrollo de grandes centrales hidroeléctricas	71,6		-232,30	36,30	-231,60	80,50
	Introducción de fuentes geotérmicas	1,0		-50,20	39,40	-43,20	64,70
	Desarrollo nuclear	25,9	11 730,1	-173,00	95,50	-153,20	180,80
	Introducción de fuentes eólicas	8,6		17,30	106,90	55,80	163,67
	Introducción de fuentes de energía solar térmica	1,0		122,9	212,5	237,1	345,0
Transporte	Carga	11,3		36,59	36,59	66,57	66,57
	Personas	4,9	2 537,6	23,54	23,54	33,78	33,78
Otros sectores	Eficiencia: etiquetado y estándares mínimos	10,0	1 527,2	0,60	0,60	0,63	0,63
	Eficiencia industrial	12,0	3 095,7	5,4	5,4	6,7	6,7
Ganadero	Mejoramiento de la alimentación del ganado	2,4	459,0	39,8	39,8	39,8	39,8
Forestal	Captura de CO <sub>2</sub> en montes dedicados y prohibición de desmonte en montes nativos	32,0	604,4	3,3	3,3	3,3	3,3
Residuos	Recuperación y quema de metano	30,4	2 807,6	0,12	0,12	0,2	0,2

**Fuente:** Elaboración propia.

## **VII. Síntesis de la valorización de los impactos del cambio climático y las medidas de adaptación y mitigación**

En este capítulo se presenta un compendio de las conclusiones de los informes sectoriales sobre la valorización monetaria de los costos relacionados con los impactos del cambio climático, y las medidas de adaptación y mitigación pertinentes. Para ello, se elaboraron una serie de cuadros y gráficos con el fin de facilitar su presentación, así como la comparación e interpretación de los datos sobre la magnitud de estos costos y los efectos que tendrían en la economía argentina.

Estas conclusiones no se pueden considerar representativas de la totalidad de los costos que supondrían para la Argentina los impactos y las políticas y medidas relacionadas con el cambio climático, fundamentalmente a causa de dos motivos: i) en este estudio no se incluyen todos los sectores, sistemas y regiones susceptibles de sufrir los efectos de los cambios en el clima (impactos de los eventos extremos, efectos del aumento del nivel del mar en algunas regiones) y ii) algunas de las valorizaciones monetarias efectuadas tienen carácter preliminar, debido a factores tales como la falta de información, la incertidumbre con respecto a la magnitud o el valor atribuido a cada impacto y medida, problemas metodológicos e incongruencias en la información de base, entre otros. Por lo tanto, se concluye que lo más probable es que se esté subestimando el verdadero peso de estos impactos en la economía argentina, en algunos casos en una magnitud importante.

### **A. Resumen del costo de los impactos previstos del cambio climático identificados, cuantificados y valorizados**

En los cuadros VII.1 y VII.2 se presentan los valores acumulados, en cada año de corte, de los costos monetarios de los impactos previstos del cambio climático en la Argentina, referidos a los impactos que fueron identificados, analizados, cuantificados y valorizados en el presente estudio. En todos los casos se utilizan los costos netos (costos de los impactos en la mayor parte de los sectores menos los mayores ingresos derivados de los efectos favorables del cambio climático en el sector agrícola), a fin de indicar el efecto neto de los impactos cuyo valor monetario se calculó.

En el cuadro VII.1 se presenta los valores calculados de los impactos según el escenario A2, a las distintas tasas de descuento utilizadas en este estudio, conforme a la hipótesis de que el sector agrícola no sufre modificaciones, tanto en lo concerniente a la cantidad de hectáreas cultivadas como a la proporción que representan los distintos cultivos (ambas variables permanecen fijas).

A las tasas más bajas (0%; 0,5% y 2%) los impactos en los Esteros del Iberá son el principal componente del total de los costos netos acumulados hasta el año 2100, puesto que representan el 93,24% del valor total de los impactos acumulados sin descontar (tasa de descuento del 0%), el 91,4% del total a una tasa del 0,5% y el 81% del total a una tasa del 2%. Si los valores respectivos se descuentan a una tasa del 4%, los principales efectos corresponden al impacto en términos de magnitud de las inundaciones de los principales ríos del litoral (64,75% del total); en segundo lugar figuran los impactos en los Esteros del Iberá (alrededor del 52%) y los impactos en la salud (algo más del 40%). En términos porcentuales, estos costos suman más de 100%, porque se ven compensados, en parte, por los efectos positivos registrados en el sector agrícola como consecuencia del cambio climático, aun en el caso en el que las hectáreas plantadas y la proporción de los diversos cultivos se mantengan estables. En efecto, el valor acumulado al año 2100 correspondiente a los mayores ingresos que percibiría el agro equivalen al 42,6% de los costos netos totales descontados a una tasa del 0%; al 48,16% a una tasa del 0,5%; al 69,35% a una tasa del 2% y al 97,42% del costo neto total si se utiliza una tasa de descuento del 4%.

También puede observarse que la magnitud de los costos netos totales acumulados hasta los años 2050 y 2070 es menor, a todas las tasas de descuento, que los resultantes de los cálculos para los años 2020 y 2030. Esto también obedece fundamentalmente al comportamiento del sector agrícola, que registra un marcado aumento de la productividad en dichos períodos, en los que aun no comienzan a manifestarse los impactos en el sistema de los Esteros del Iberá. Esta situación demuestra también que los valores finales están muy influidos por la oportunidad en que se producen los impactos y por las tasas de descuento utilizadas.

En todos los años de corte, con la excepción de 2100, los impactos acumulados en lo que respecta a la salud y las inundaciones de los principales ríos del litoral prácticamente igualan los mayores ingresos derivados de las actividades agrícolas, por lo que se compensan mutuamente.

**CUADRO VII.1**  
**COSTOS ACUMULADOS DE LOS IMPACTOS PREVISTOS**  
**DEL CAMBIO CLIMÁTICO, ESCENARIO A2<sup>a</sup>**  
*(En dólares de 2005)*

	Tasa de descuento del 0%				
	2020	2030	2050	2070	2100
Bosques del noroeste	2 507 525 810	4 787 094 727	9 346 232 563	9 346 232 563	9 346 232 563
Costa del Río de la Plata	294 861 617	631 173 883	1 477 144 365	2 563 368 042	4 646 442 173
Región del Comahue	136 615 581	460 898 819	1 431 475 727	2 747 468 558	5 294 522 495
Salud	593 584 839	5 355 647 095	15 331 112 579	25 685 990 436	42 500 520 459
Esteros del Iberá	0	0	0	0	245 352 326 114
Agricultura	-894 470 508	-10 738 093 411	-36 372 083 737	-67 295 893 277	-112 127 849 845
Inundación de ríos del litoral	10 309 624 000	19 204 000 000	24 925 066 000	36 973 904 000	47 964 914 000
Recursos hídricos de la región de Cuyo	6 675 908	157 440 850	1 390 803 811	4 855 055 209	15 810 752 970
Recursos hídricos del litoral	49 173 288	170 381 871	787 104 309	1 907 087 244	4 361 344 130
Total	13 003 590 535	20 028 543 835	18 316 855 618	16 783 212 774	263 149 205 059

(continúa)

**Cuadro VII.1 (conclusión)**

	Tasa de descuento del 0,5%				
	2020	2030	2050	2070	2100
Bosques del noroeste	2 446 071 335	4 556 269 943	8 473 665 524	8 473 665 524	8 473 665 524
Costa del Río de la Plata	287 325 029	598 372 565	1 323 760 374	2 166 732 225	3 593 136 133
Región del Comahue	131 962 193	431 603 674	1 262 984 750	2 284 265 817	4 028 228 505
Salud	567 908 040	4 974 927 276	13 544 126 667	21 593 790 389	33 126 989 307
Esteros del Iberá	0	0	0	0	164 703 672 121
Agricultura	-850 952 676	-9 956 762 825	-31 917 336 407	-55 971 285 240	-86 779 921 315
Inundación de ríos del litoral	9 808 039 562	17 858 009 336	22 544 356 821	31 477 030 311	38 493 070 126
Recursos hídricos de la región de Cuyo	6 351 111	145 164 233	1 192 280 043	3 869 856 830	11 324 689 718
Recursos hídricos del litoral	47 572 047	159 501 877	685 288 951	1 553 449 411	3 231 608 589
Total	12 444 276 642	18 767 086 079	17 109 126 724	15 447 505 269	180 195 138 708

	Tasa de descuento del 2%				
	2020	2030	2050	2070	2100
Bosques del noroeste	2 275 599 050	3 955 378 813	6 463 826 913	6 463 826 913	6 463 826 913
Costa del Río de la Plata	266 445 288	513 394 289	975 038 821	1 373 942 752	1 842 205 694
Región del Comahue	119 160 512	356 389 455	883 861 564	1 367 129 558	1 939 467 312
Salud	498 468 921	4 003 691 655	9 486 829 813	13 315 319 218	17 120 304 796
Esteros del Iberá	0	0	0	0	50 686 723 446
Agricultura	-733 777 361	-7 967 064 465	-21 906 196 550	-33 366 805 039	-43 587 855 007
Inundación de ríos del litoral	8 457 482 521	14 443 142 595	17 034 158 551	20 706 430 705	22 555 793 619
Recursos hídricos de la región de Cuyo	5 476 569	114 211 162	760 983 836	2 012 772 799	4 414 287 490
Recursos hídricos del litoral	43 163 017	131 617 282	460 470 181	869 859 896	1 418 381 636
Total	10 932 018 517	15 550 760 785	14 158 973 127	12 742 476 802	62 853 135 898

	Tasa de descuento del 4%				
	2020	2030	2050	2070	2100
Bosques del noroeste	2 076 891 483	3 325 965 444	4 739 856 106	4 739 856 106	4 739 856 106
Costa del Río de la Plata	242 161 756	425 157 281	683 296 706	834 566 288	946 032 711
Región del Comahue	104 458 522	279 603 006	573 347 757	756 596 342	892 771 883
Salud	421 103 411	3 024 758 390	6 112 407 433	7 573 777 850	8 485 301 670
Esteros del Iberá	0	0	0	0	10 947 177 000
Agricultura	-604 272 225	-5 968 150 382	-13 736 102 702	-18 120 774 341	-20 586 740 133
Inundación de ríos del litoral	6 964 812 568	11 024 089 669	12 215 725 041	13 361 092 413	13 683 226 785
Recursos hídricos de la región de Cuyo	4 510 004	83 663 243	431 224 027	898 416 229	1 456 201 729
Recursos hídricos del litoral	38 091 271	103 238 747	282 891 054	437 419 279	567 243 095
Total	9 247 756 790	12 298 325 398	11 302 645 422	10 480 950 165	21 131 070 846

**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>a</sup>Cálculos realizados conforme a la hipótesis de que la cantidad de hectáreas cultivadas y la proporción que representan los diversos cultivos se mantienen estables.

En el cuadro VII.2 se muestra el costo de los impactos previstos según el escenario B2, calculados de acuerdo a las distintas tasas de descuento utilizadas en este estudio y conforme a la hipótesis de que el sector agrícola no sufre modificaciones, en el sentido de que las hectáreas cultivadas y la proporción que representan los distintos cultivos se mantienen estables.

Al igual que en el caso del escenario A2, si tanto la superficie en hectáreas como las proporciones de los cultivos se mantienen fijas, los impactos en los Esteros del Iberá son el principal componente del total de los costos netos acumulados hasta el año 2100 a las tasas más bajas (0%, 0,5% y 2%). Los valores pertinentes son superiores al valor total agregado de los costos acumulados, por lo que compensan el costo de los efectos del cambio climático en el sector agrícola, y ascienden al 105,63% del valor acumulado y no descontado (tasa de descuento del 0%) y al 103,43% del total a una tasa de descuento del 0,5%; en cambio, si se emplea la tasa de descuento del 2%, representan alrededor del 91% del total. En este contexto, si los valores respectivos se descuentan a una tasa del 4%, al igual que en el caso anterior el principal efecto corresponde a los impactos de las inundaciones de los principales ríos del litoral (63,54% del total), seguidos por los impactos en los Esteros del Iberá (56,29%) y en la salud (41%). En este escenario, el valor acumulado hasta el 2100 de los mayores ingresos del agro equivalen al 54,36% de los costos netos totales descontados a una tasa del 0%; al 60% de estos si se descuentan a una tasa del 0,5%; al 78,34% a una tasa del 2% y a más del 97% del costo neto total si se aplica una tasa de descuento del 4%.

También se observa que los costos netos totales acumulados hasta el año 2070 son menores que los valores calculados para los años 2020, 2030 y 2050 a todas las tasas de descuento. Esto se debe no solo al comportamiento del sector agrícola, sino también al hecho de que en el escenario B2 muchos impactos tienen una incidencia menor que en el A2. El ejemplo más significativo es el de los ríos de la región de Cuyo, que según el escenario A2 registran impactos considerablemente más intensos que los observados en el B2 y algo similar sucede, aunque en menor magnitud, con los impactos en los ríos de la región del Comahue.

En líneas generales, los impactos previstos en el escenario A2 son mayores que en el escenario B2, pero también son superiores los efectos positivos, específicamente el incremento de los ingresos del sector agrícola, con excepción de los años más alejados del presente. En efecto, los valores acumulados de los impactos en el sector agrícola hasta el año 2100 son alrededor de un 10% más altos cuando se calculan a las tasas más bajas, mientras que a una tasa de descuento del 4%, los ingresos que percibiría el sector agrícola según el escenario A2 son mayores que los previstos en el escenario B2.

**CUADRO VII.2**  
**COSTOS ACUMULADOS DE LOS IMPACTOS PREVISTOS**  
**DEL CAMBIO CLIMÁTICO, ESCENARIO B2<sup>a</sup>**  
*(En dólares de 2005)*

	Tasa de descuento del 0%				
	2020	2030	2050	2070	2100
Bosques del noroeste	2 507 525 810	4 787 094 727	9 346 232 563	9 346 232 563	9 346 232 563
Costa del Río de la Plata	294 861 617	631 173 883	1 477 144 365	2 563 368 042	4 646 442 173
Región del Comahue	68 305 645	251 592 771	831 021 361	1 674 219 729	3 472 264 158
Salud	449 136 170	4 754 385 208	14 410 789 722	24 911 726 322	42 210 977 087
Esteros del Iberá	0	0	0	0	245 352 326 114
Agricultura	-690 837 889	-8 517 337 801	-30 543 582 125	-61 482 565 722	-126 259 971 157
Inundación de ríos del litoral	8 746 164 000	17 302 716 000	25 205 424 000	32 286 480 000	44 261 212 000
Recursos hídricos de la región de Cuyo	2 054 125	48 672 033	401 584 585	1 383 831 431	4 877 694 736
Recursos hídricos del litoral	49 173 288	170 381 871	787 104 309	1 907 087 244	4 361 344 130
<b>Total</b>	<b>11 426 382 765</b>	<b>19 428 678 692</b>	<b>21 915 718 780</b>	<b>12 590 379 609</b>	<b>232 268 521 805</b>

	Tasa de descuento del 0,5%				
	2020	2030	2050	2070	2100
Bosques del noroeste	2 446 071 335	4 556 269 943	8 473 665 524	8 473 665 524	8 473 665 524
Costa del Río de la Plata	287 325 029	598 372 565	1 323 760 374	2 166 732 225	3 593 136 133
Región del Comahue	65 972 855	235 229 667	731 540 471	1 385 323 253	2 615 130 814
Salud	429 581 413	4 409 789 722	12 709 989 501	20 862 999 028	32 744 364 084
Esteros del Iberá	0	0	0	0	164 703 672 121
Agricultura	-657 227 203	-7 895 576 291	-26 751 473 934	-50 760 803 338	-95 028 238 168
Inundación de ríos del litoral	8 320 645 110	16 064 862 914	22 538 278 141	27 787 976 180	35 431 968 541
Recursos hídricos de la región de Cuyo	1 954 188	44 875 272	344 778 632	1 103 599 652	3 476 468 272
Recursos hídricos del litoral	47 572 047	159 501 877	685 288 951	1 553 449 411	3 231 608 589
<b>Total</b>	<b>10 941 894 774</b>	<b>18 173 325 668</b>	<b>20 055 827 660</b>	<b>12 572 941 936</b>	<b>159 241 775 912</b>

	Tasa de descuento del 2%				
	2020	2030	2050	2070	2100
Bosques del noroeste	2 275 599 050	3 955 378 813	6 463 826 913	6 463 826 913	6 463 826 913
Costa del Río de la Plata	266 445 288	513 394 289	975 038 821	1 373 942 752	1 842 205 694
Región del Comahue	59 556 050	193 315 353	508 166 488	816 709 373	1 219 026 661
Salud	376 733 731	3 532 909 132	8 853 569 846	12 716 851 552	16 652 037 050
Esteros del Iberá	0	0	0	0	50 686 723 446
Agricultura	-566 727 688	-6 312 970 800	-18 254 864 180	-29 614 826 375	-44 060 148 445
Inundación de ríos del litoral	7 174 900 768	12 933 214 974	16 512 275 681	18 670 455 978	20 685 341 350
Recursos hídricos de la región de Cuyo	1 685 098	35 303 037	221 077 936	575 308 263	1 335 305 944
Recursos hídricos del litoral	43 163 017	131 617 282	460 470 181	869 859 896	1 418 381 636
<b>Total</b>	<b>9 631 355 314</b>	<b>14 982 162 079</b>	<b>15 739 561 686</b>	<b>11 872 128 352</b>	<b>56 242 700 248</b>

(continúa)

**Cuadro VII.2 (conclusión)**

	Tasa de descuento del 4%				
	2020	2030	2050	2070	2100
Bosques del noroeste	2 076 891 483	3 325 965 444	4 739 856 106	4 739 856 106	4 739 856 106
Costa del Río de la Plata	242 161 756	425 157 281	683 296 706	834 566 288	946 032 711
Región del Comahue	52 188 367	150 704 816	326 018 399	442 603 211	537 929 798
Salud	317 924 170	2 653 025 407	5 656 219 625	7 123 789 356	8 071 200 851
Esteros del Iberá	0	0	0	0	10 947 177 000
Agricultura	-466 705 324	-4 724 355 468	-11 359 645 600	-15 666 750 235	-19 078 969 145
Inundación de ríos del litoral	5 908 595 013	9 813 693 650	11 459 741 150	12 132 869 173	12 483 835 350
Recursos hídricos de la región de Cuyo	1 387 694	25 857 068	126 078 030	258 024 455	433 199 753
Recursos hídricos del litoral	38 091 271	103 238 747	282 891 054	437 419 279	567 243 095
Total	8 170 534 430	11 773 286 943	11 914 455 469	10 302 377 632	19 647 505 520

**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>a</sup>Cálculos realizados conforme a la hipótesis de que la cantidad de hectáreas cultivadas y la proporción que representan los diversos cultivos se mantienen estables.

Una conclusión interesante del análisis de los cuadros VII.1 y VII.2 es que, si bien de acuerdo con los resultados de los estudios sectoriales desarrollados los mayores impactos negativos en la mayoría de los sectores, regiones y sistemas estudiados corresponden al escenario A2 (lo que resulta lógico en tanto, hipotéticamente, es el más desfavorable desde el punto de vista del cambio climático), estos mayores costos se ven compensados en parte y hacia el mediados del período bajo análisis (alrededor del año 2050) por el mayor rendimiento agrícola. Esto indica que a mediados del período estudiado el escenario B2 aparece como menos favorable en lo que respecta a las ganancias netas del sector agrícola y las pérdidas de los demás sectores identificados en el estudio, específicamente en términos de los impactos económicos netos calculados en dólares constantes del año 2005.

Otra conclusión destacada es la que indica que en ambos escenarios y sobre la base de las distintas tasas de descuento utilizadas, los costos aumentan significativamente con posterioridad al año 2050, lo que significaría que la mayor parte de los impactos más importantes se darían a más largo plazo.

Tomando en consideración las regiones, los sectores y los sistemas incluidos en la presente etapa del estudio nacional, las medidas de adaptación y los impactos del cambio climático identificados, se procedió a analizar los resultados agregados correspondientes a cada sector estudiado.

A fin de facilitar la comparación de los valores calculados de acuerdo a los dos escenarios climáticos y a las diferentes tasas de descuento utilizadas, todos los resultados se sintetizan en el cuadro VII.3.

El elemento que más se destaca en el análisis del cuadro VII.3 es el notable efecto de las tasas de descuento; de hecho, estas influyen más en los resultados monetarios que las hipótesis que sirven de base a la construcción de los escenarios climáticos, las diferencias cuantitativas de los impactos físicos y las diferencias entre los distintos resultados. Efectivamente, si se ordenan de mayor a menor los datos calculados, se observa que los valores monetarios pueden agruparse de a pares entre valores derivados del escenario A2 y el escenario B2, según las diferentes tasas de descuento que se utilicen. Independientemente de la tasa de descuento que se aplique, los resultados del escenario A2 son más extremos que los correspondientes al escenario B2, ya se trate de los mayores costos netos positivos atribuibles a los efectos dañinos del cambio climático o del incremento de los costos netos negativos como consecuencia de un mayor aumento de la productividad en el sector agrícola. Estos resultados no son sorprendentes si se toma en consideración que los mayores impactos se producen ya bien entrada la segunda mitad del siglo XXI y que las tasas de descuento más altas acentúan los impactos que se producen en los períodos más alejados del presente.

**CUADRO VII.3**  
**RESUMEN DE LOS COSTOS DE LOS IMPACTOS PREVISTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO, ESCENARIOS A2 Y B2**  
*(En dólares de 2005)*

	2020	2030	2050	2070	2100
A2 0%	13 003 590 535	20 028 545 835	18 316 855 618	16 783 212 774	263 149 205 059
B2 0%	11 426 382 765	19 428 678 692	21 915 718 780	12 590 379 609	232 268 521 805
A2 0,5%	12 444 276 642	18 767 086 079	17 109 126 724	15 447 505 269	180 195 138 708
B2 0,5%	10 941 894 774	18 173 325 668	20 055 827 660	12 572 941 936	159 241 775 912
A2 2%	10 932 018 517	15 550 760 785	14 158 973 127	12 742 476 802	62 853 135 898
B2 2%	9 631 355 314	14 982 162 079	15 739 561 686	11 872 128 352	56 242 700 248
A2 4%	9 247 756 790	12 298 325 398	11 302 645 422	10 480 950 165	21 131 070 846
B2 4%	8 170 534 430	11 773 286 943	11 914 455 469	10 302 377 632	19 647 505 520

**Fuente:** Elaboración propia.

Para dar una idea más concreta de la magnitud económica que podrían tener estos impactos, los resultados del cuadro VII.3 se expresan en el cuadro VII.4 como porcentaje del PIB de la Argentina a precios constantes y en dólares del año 2005, que es el año base de este estudio<sup>153</sup>.

Como queda en evidencia en el cuadro VII.4, los costos de los impactos previstos del cambio climático en los sectores y sistemas incluidos en el estudio son realmente significativos, principalmente cuanto menor sea la tasa de descuento utilizada. Cuando los cálculos se basan en valores no descontados, los costos superan en un 27% a un 44% el valor del PIB del año base, dependiendo del escenario. Si estos costos se descuentan a una tasa muy baja (0,5%), los valores acumulados son muy similares en términos de magnitud al PIB del año base. Cuanto mayor sea la tasa de descuento aplicado, el valor de lo ocurrido es menor en el tiempo, es decir, el valor será mayor de que sucede más cerca en el tiempo.

**CUADRO VII.4**  
**RESUMEN DE LOS COSTOS ECONÓMICOS DE LOS IMPACTOS PREVISTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN RELACIÓN CON EL PIB, ESCENARIOS A2 Y B2**  
*(En porcentajes del PIB del año 2005)*

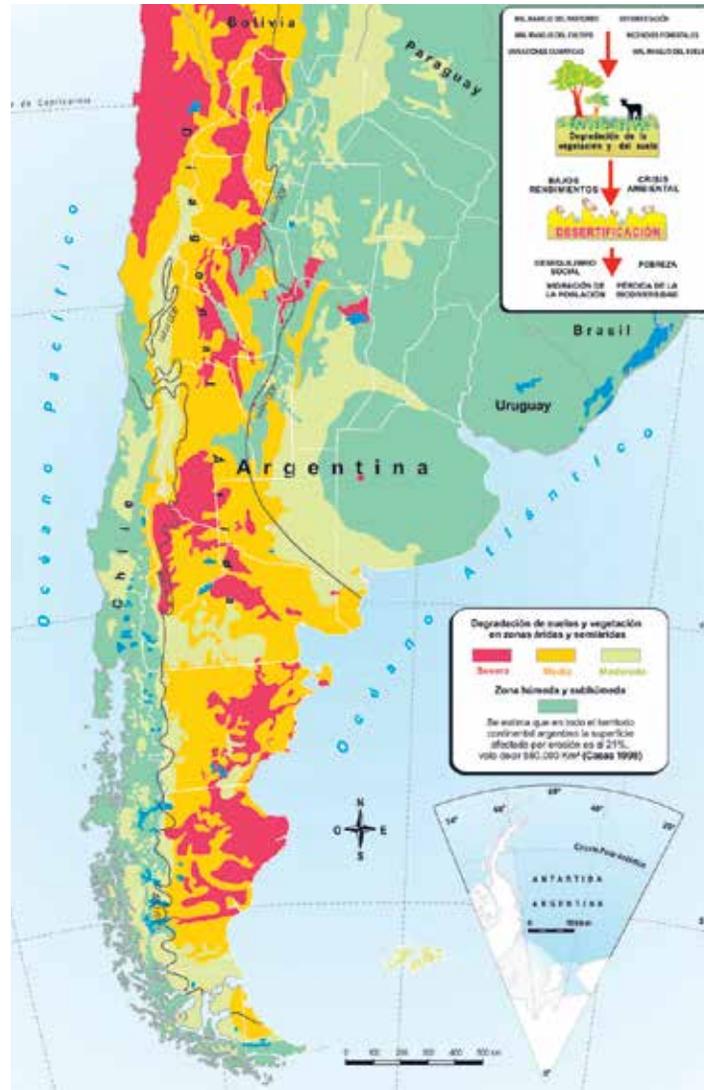
	2020	2030	2050	2070	2100
A2 0%	7,13	10,99	10,05	9,21	144,35
B2 0%	6,27	10,66	12,02	6,91	127,41
A2 0,5%	6,83	10,29	9,39	8,47	98,85
B2 0,5%	6,00	9,97	11,00	6,90	87,35
A2 2%	6,00	8,53	7,77	6,99	34,48
B2 2%	5,28	8,22	8,63	6,51	30,85
A2 4%	5,07	6,75	6,20	5,75	11,59
B2 4%	4,48	6,46	6,54	5,65	10,78

**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>153</sup> El PIB estimado de la Argentina en el año base (2005) ascendía a 183,2 mil millones de dólares del 2005. PNUD (2007), Informe de Desarrollo Humano.

Un factor muy importante que debe tenerse en cuenta y que condiciona la aplicación de los resultados es la exclusión de los sistemas, sectores y regiones que no pudieron incluirse en esta primera etapa del estudio que, por no ser exhaustivo, representa una primera aproximación al tema. En efecto y como ya se ha indicado, solo se pudieron estudiar los impactos previstos en algunos sistemas, regiones y sectores, lo que, al margen de su relevancia, deja importantes elementos fuera del análisis.

### MAPA VII.1 DESERTIFICACIÓN EN 2000



**Fuente:** Casas 1998, SAGyP CFA 1995, PAN s.a.,INTA-GTZ 1995, UNEP 1992, Mensching 1989, Roig 1989, Wilhelmy & Rohmeder 1963, Prego 1961 y Aparicio & Difrieri 1959<sup>154</sup>

<sup>154</sup> Véase [en línea] [http://www.google.com.ar/imgres?imgurl=http://www.suelos.org.ar/adjuntos/desertificacionjpg&imgrefurl=http://www.suelos.org.ar/laminas.htm&h=1586&w=1000&sz=474&tbnid=Q\\_j8bzGkyP5HzM:&tbnh=150&tbnw=95&prev=/images%3Fq%3Ddesertificacion%2Ben%2BArgentina&hl=es&usq=\\_\\_3yuIX64pjeYhbiSY\\_FG8bz7sWss=&ei=0BnHS-rHGcSEuAfhwajZDA&sa=X&oi=image\\_result&resnum=4&ct=image&ved=0CBQQ9QEwAw](http://www.google.com.ar/imgres?imgurl=http://www.suelos.org.ar/adjuntos/desertificacionjpg&imgrefurl=http://www.suelos.org.ar/laminas.htm&h=1586&w=1000&sz=474&tbnid=Q_j8bzGkyP5HzM:&tbnh=150&tbnw=95&prev=/images%3Fq%3Ddesertificacion%2Ben%2BArgentina&hl=es&usq=__3yuIX64pjeYhbiSY_FG8bz7sWss=&ei=0BnHS-rHGcSEuAfhwajZDA&sa=X&oi=image_result&resnum=4&ct=image&ved=0CBQQ9QEwAw)

**MAPA VII.2**  
**MAPA DE ECORREGIONES**



**Fuente:** Lorena V. Carreño; El impacto del cambio climático sobre la oferta de servicios ecológicos en ambientes rurales; *1 Jornadas Nacionales sobre Cambio Climático*; INTA; Salta; 2008.

Para dar una idea de las conclusiones a las que se podría llegar si existiera la posibilidad de realizar estudios más completos y exhaustivos desde el punto de vista de las regiones, los sistemas y los sectores incluidos, se presentan los resultados de un ejercicio preliminar de valoración económica de los servicios ambientales de los ecosistemas incluidos en el mapa de ecorregiones de la Argentina. Las fuentes utilizadas para este ejercicio son el estudio de Viglizzo y otros (2002), el mapa de desertificación en la Argentina (2000) y un estudio de Costanza y otros (1997) (véanse los mapas VII.1 y VII.2 y el cuadro VII.5).

**CUADRO VII.5**  
**ECORREGIONES Y VALOR ECONÓMICO**  
**DE SUS SERVICIOS AMBIENTALES**

Ecorregión	Valor económico (En dólares de 2005/ha/año)	Superficie (En hectáreas)
Esteros del Iberá	12 286,3	4 044 100
Delta e islas de la Mesopotamia	9 718,8	4 538 700
Yungas	3 825,9	4 646 800
Selva paranaense	3 255,2	2 686 000
Bosque andino patagónico	1 825,2	7 000 000
Chaco subhúmedo occidental	588,9	6 981 300
Espinal	572,0	24 698 100
Chaco húmedo y subhúmedo	569,4	11 118 000
Chaco subhúmedo central	478,4	9 706 300
Chaco seco	386,1	36 013 100
Pampa mesopotámica	378,3	3 203 800
Pampa central	375,7	12 935 000
Pampa central semiárida	348,4	1 468 200
Pampa inundable	206,7	9 316 100
Pampa sur	178,1	8 253 000
Puna	145,6	8 640 000
Monte	131,3	11 710 000
Pampa ondulada	118,3	7 439 900
Montes de sierras y bolsones	71,5	35 331 000
Altos Andes	66,3	14 300 000
Estepa patagónica	62,4	53 446 000
Total		277 475 400

**Fuente:** Elaboración propia sobre la base de Viglizzo (2002) y Costanza et al. (1997). Los datos sobre el valor económico se basan en Costanza, R. et al. (1997) y los datos sobre superficie de las ecorregiones consideradas en Viglizzo (2009).

En el contexto del estudio nacional de la Argentina, las únicas dos regiones en las que se realizaron estudios sobre biodiversidad, aunque no necesariamente exhaustivos debido a las limitaciones impuestas por la duración y el presupuesto del estudio, son el bosque chaqueño del noroeste y los Esteros del Iberá. A partir del mapa de desertificación y del mapa de las ecorregiones de la Argentina, se identificaron las regiones que no fueron incluidas en el estudio y sobre las que, por lo tanto, no se dispone de datos fidedignos para medir el verdadero impacto previsto del cambio climático, parecían ser las más susceptibles de verse afectadas por un proceso de desertificación media a severa. El cruce de los datos presentados en los dos mapas indica que las regiones más expuestas a la desertificación son la puna, el monte de sierras y bolsones y la estepa patagónica.

Posteriormente, se procedió a la valorización monetaria de la pérdida de servicios ambientales suministrados por los ecosistemas de las ecorregiones incluidas, conforme al supuesto de que un proceso de desertificación severa podría traducirse en la pérdida de todos esos servicios. La información pertinente se presenta en los cuadros VII.6 a VII.8.

**CUADRO VII.6**  
**COSTOS ECONÓMICOS DE LA PÉRDIDA DE SERVICIOS AMBIENTALES EN CASO DE**  
**DESERTIFICACIÓN TOTAL DE LA REGIÓN DE LA PUNA, ESCENARIO A2**  
*(En dólares de 2005)*

	2020	2030	2050	2070	2100
0%	13 837 824 000	26 417 664 000	51 577 344 000	76 737 024 000	114 476 544 000
0,5%	13 498 686 434	25 143 853 488	46 762 067 897	66 327 911 816	92 249 601 573
2%	12 557 932 216	21 827 825 525	35 670 739 197	44 986 623 266	53 573 675 493
4%	11 461 361 116	18 354 397 097	26 156 976 861	29 717 972 412	31 785 830 937

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO VII.7**  
**COSTOS ECONÓMICOS DE LA PÉRDIDA DE SERVICIOS AMBIENTALES EN CASO DE**  
**DESERTIFICACIÓN TOTAL DEL MONTE DE SIERRAS Y BOLSONES, ESCENARIO A2**  
*(En dólares de 2005)*

	2020	2030	2050	2070	2100
0%	27 787 831 500	53 049 496 500	103 572 826 500	154 096 156 500	229 881 151 500
0,5%	27 106 806 974	50 491 548 670	93 903 236 761	133 193 545 263	185 247 072 405
2%	25 217 671 826	43 832 609 642	71 630 661 749	90 337 953 934	107 581 673 783
4%	23 015 639 703	36 857 593 637	52 526 008 826	59 676 868 987	63 829 350 205

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO VII.8**  
**COSTOS ECONÓMICOS DE LA PÉRDIDA DE SERVICIOS AMBIENTALES EN CASO DE**  
**DESERTIFICACIÓN TOTAL DE LA ESTEPA PATAGÓNICA, ESCENARIO A2**  
*(En dólares de 2005)*

	2020	2030	2050	2070	2100
0%	36 685 334 400	70 035 638 400	136 736 246 400	203 436 854 400	303 487 766 400
0,5%	35 786 249 760	66 658 650 472	123 970 509 962	175 841 347 962	244 562 113 377
2%	33 292 224 466	57 867 557 688	94 566 385 274	119 263 644 199	142 028 703 393
4%	30 385 114 395	48 659 181 906	69 344 533 002	78 785 057 219	84 267 138 903

Fuente: Elaboración propia.

Aunque solo se suponga una pérdida parcial de los bienes y servicios ambientales proporcionados por los ecosistemas en riesgo considerados, la comparación de los cuadros VII.6 a VII.8 con el cuadro VII.3 pone de manifiesto la imperiosa necesidad de ampliar el alcance de los actuales estudios, incorporando nuevos sistemas, sectores y regiones y teniendo en cuenta los valores que supone dicho riesgo. La sumatoria de los valores monetarios de los impactos potenciales del cambio climático en las tres ecorregiones consideradas contrarresta ampliamente el mayor crecimiento previsto del ingreso del sector agrícola a todas las tasas de descuento y en todos los años de corte. Sin embargo, en los cálculos pertinentes tampoco se incluyeron los potenciales impactos en las actividades humanas que se llevan a cabo en esos ecosistemas (agricultura, silvicultura, horticultura, fruticultura y piscicultura, entre otros), ni las medidas de adaptación necesarias ni los posibles costos de estas y de las medidas de mitigación del cambio climático que adopten otros países y que puedan repercutir en la economía de la

Argentina<sup>155</sup>. Aun así, los valores acumulados hasta el año 2100 de los potenciales impactos en la región de la puna podrían representar entre un 17,4% y un 62,8% del PIB del año base (2005) calculado en dólares de ese año, dependiendo de la tasa de descuento utilizada. Por su parte, los valores acumulados de los impactos en el monte de sierras y bolsones representarían entre un 35% y un 126% del PIB de ese año y los correspondientes a la estepa patagónica fluctuarían entre un 46,2% y un 166,5%.

Lo anterior es otro motivo para reiterar el carácter preliminar del presente estudio que, como ya se ha dicho, es una primera aproximación a la problemática de la valorización monetaria de los impactos previstos del cambio climático en el territorio argentino que, de ningún modo, queda agotada con el presente informe.

## B. Resumen del valor económico de las medidas de adaptación al cambio climático identificadas y cuantificadas

En este punto se resumen los resultados de la valorización monetaria de las medidas de adaptación al cambio climático que podrían adoptarse para prevenir o mitigar los impactos previstos en diversos sistemas, sectores y regiones del país (véase el capítulo IV) y que sirvió de base a los expertos para la elaboración de los informes sectoriales.

**CUADRO VII.9**  
**COSTO DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO**  
**IDENTIFICADAS, ESCENARIO A2**  
*(En dólares de 2005)*

	Tasa de descuento del 0%				
	2020	2030	2050	2070	2100
Costa del Río de la Plata	462 888 889	462 888 889	462 888 889	462 888 889	462 888 889
Región del Comahue	3 467 677	8 522 442	23 469 328	42 764 398	71 707 003
Salud	280 433 663	721 717 064	1 777 355 092	3 007 501 700	5 356 683 184
Inundaciones de ríos del litoral	1 010 611 434	1 867 246 434	2 380 854 834	3 570 355 668	4 614 132 468
<b>Total</b>	<b>1 757 401 663</b>	<b>3 060 374 829</b>	<b>4 644 568 143</b>	<b>7 083 510 655</b>	<b>10 505 411 544</b>

	Tasa de descuento del 0,5%				
	2020	2030	2050	2070	2100
Costa del Río de la Plata	462 888 889	462 888 889	462 888 889	462 888 889	462 888 889
Región del Comahue	3 382 692	8 061 891	20 904 859	35 909 992	55 789 451
Salud	272 627 366	680 452 806	1 587 420 988	2 541 880 413	4 151 099 825
Inundaciones de ríos del litoral	961 443 107	1 736 751 668	2 157 468 267	3 039 331 113	3 705 619 251
<b>Total</b>	<b>1 700 342 054</b>	<b>2 888 155 254</b>	<b>4 228 683 003</b>	<b>6 080 010 407</b>	<b>8 375 397 416</b>

**(continúa)**

<sup>155</sup> Este aspecto de los impactos del cambio climático adquiere particular importancia ante las controversias que se están produciendo entre países y regiones como consecuencia de la determinación de las huellas de carbono de ciertos productos y procesos, y es un tema que deberá profundizarse en estudios posteriores.

**Cuadro VII.9 (conclusión)**

	Tasa de descuento del 2%				
	2020	2030	2050	2070	2100
Costa del Río de la Plata	462 888 889	462 888 889	462 888 889	462 888 889	462 888 889
Región del Comahue	3 146 944	6 871 724	15 095 534	22 239 927	28 825 375
Salud	251 057 329	574 115 184	1 154 730 068	1 606 102 783	2 134 962 188
Inundaciones de ríos del litoral	829 053 372	1 405 544 170	1 638 152 491	2 000 691 251	2 176 318 614
Total	1 546 146 534	2 449 419 967	3 270 866 982	4 091 922 850	4 802 995 066

	Tasa de descuento del 4%				
	2020	2030	2050	2070	2100
Costa del Río de la Plata	462 888 889	462 888 889	462 888 889	462 888 889	462 888 889
Región del Comahue	2 872 150	5 641 873	10 277 237	13 008 180	14 594 030
Salud	226 088 080	464 778 016	791 933 881	962 957 866	1 089 026 703
Inundaciones de ríos del litoral	682 732 873	1 073 689 905	1 180 668 908	1 293 743 334	1 324 335 280
Total	1 374 581 992	2 006 998 683	2 445 768 915	2 732 598 269	2 890 844 902

**Fuente:** Elaboración propia.

Las cifras correspondientes al escenario A2 indican que, en relación con los valores acumulados hasta el año 2100, las medidas de adaptación en el sector salud aparecen como las más altas cuando se calculan a tasas de descuento más bajas. En efecto, si se consideran los valores acumulados hasta ese año sin descontar, los costos del sector salud representan el 51% del total, mientras que a una tasa del 0,5% representan el 50% y a una tasa del 2%, el 44,5% de los costos totales de las medidas de adaptación identificadas en el estudio. Si se aplica una tasa de descuento del 4%, la participación del sector salud sigue siendo alta, pero equivale a menos de la mitad de los costos (38%). En cambio, cuando se aplican tasas de descuento más altas, las medidas de adaptación a las inundaciones de los ríos del litoral ocupan el primer lugar dado que, en términos de valores acumulados hasta el año 2100, la participación de estas representa el 43,9% del total sin descontar, el 44,2% del total calculado a una tasa de descuento del 0,5%, el 45,3% del total calculado a una tasa del 2% y el 45,8% del total a una tasa de descuento del 4%. Además, mientras más cercano al presente sea el período considerado más importantes son las medidas fundamentalmente consistentes en obras de infraestructura, entre otras las medidas de adaptación a las inundaciones de los principales ríos del litoral y las destinadas a reducir la vulnerabilidad de la costa del Río de la Plata; la participación conjunta de todas ellas ronda y supera el 80% de los valores acumulados hasta el año 2020 y el 70% de los valores acumulados hasta 2030, a todas las tasas de descuento. A partir del período que concluye en el año 2050 y hasta el año 2100, el valor de las medidas que se adoptarían en el sector salud pasa a representar el mayor porcentaje de los valores acumulados.

**CUADRO VII.10**  
**COSTO ECONÓMICO ACUMULADO DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO IDENTIFICADAS, ESCENARIO B2**  
*(En dólares de 2005)*

	Tasa de descuento del 0%				
	2020	2030	2050	2070	2100
Costa del Río de la Plata	462 888 889	462 888 889	462 888 889	462 888 889	462 888 889
Región del Comahue	1 674 051	4 581 900	13 441 326	26 268 472	45 509 189
Salud	178 319 488	459 299 736	1 412 344 257	2 629 572 838	4 786 854 499
Inundaciones de ríos del litoral	822 383 400	1 628 827 800	2 358 516 600	3 019 136 400	4 191 511 434
Total	1 465 265 828	2 555 598 325	4 247 191 072	6 137 866 599	9 486 764 011

	Tasa de descuento del 0,5%				
	2020	2030	2050	2070	2100
Costa del Río de la Plata	462 888 889	462 888 889	462 888 889	462 888 889	462 888 889
Región del Comahue	1 633 023	4 324 821	11 937 199	21 912 442	35 128 082
Salud	173 830 326	433 060 337	1 249 638 230	2 194 952 726	3 673 525 996
Inundaciones de ríos del litoral	782 372 754	1 512 255 665	2 109 972 117	2 599 737 269	3 348 115 254
Total	1 420 724 992	2 412 529 712	3 834 436 435	5 279 491 326	7 519 658 221

	Tasa de descuento del 2%				
	2020	2030	2050	2070	2100
Costa del Río de la Plata	462 888 889	462 888 889	462 888 889	462 888 889	462 888 889
Región del Comahue	1 519 214	3 661 964	8 536 441	13 285 953	17 663 884
Salud	161 387 611	365 683 668	884 185 686	1 332 470 727	1 819 182 210
Inundaciones de ríos del litoral	674 640 824	1 217 354 787	1 547 823 851	1 749 169 050	1 946 434 535
Total	1 300 436 538	2 049 589 308	2 903 434 867	3 557 814 619	4 246 169 518

	Tasa de descuento del 4%				
	2020	2030	2050	2070	2100
Costa del Río de la Plata	462 888 889	462 888 889	462 888 889	462 888 889	462 888 889
Región del Comahue	1 386 555	2 979 891	5 727 397	7 542 897	8 597 152
Salud	146 904 714	296 828 011	585 904 201	756 370 231	872 633 060
Inundaciones de ríos del litoral	555 572 758	923 623 455	1 075 609 638	1 138 408 421	1 172 769 439
Total	1 166 752 916	1 686 320 246	2 130 130 125	2 365 210 438	2 516 888 540

**Fuente:** Elaboración propia.

La situación presentada en el cuadro VII.10 (escenario B2) solo difiere de la observada en el cuadro VII.9 (escenario A2) en algunos detalles. Tal como ocurre en el escenario A2, el valor acumulado de las medidas de adaptación que se adoptarían hasta el año 2100 en el sector salud es el más alto, de acuerdo a todas las tasas de descuento pero sobre todo a las más bajas. En este caso, si se consideran los valores acumulados hasta el año 2100, los costos de adaptación del sector salud identificados en el estudio representan el 56% del total a una tasa del 0%, un 55% a una tasa del 0,5% y un 42,8% a una tasa del 2%. Si se aplica la tasa de descuento del 4%, la participación del sector salud en los costos totales acumulados sigue siendo alta, pero ya no representa más de la mitad de estos y asciende apenas a un 34,7%, lo que significa que los porcentajes son muy similares a los que se desprenden del cuadro VII.9. Asimismo, la participación de las medidas de adaptación a las inundaciones de los ríos del litoral

es la de mayor magnitud relativa cuando se aplican las tasas de descuento más altas. En el caso de los valores acumulados hasta el año 2100, la participación de las medidas de adaptación de este sector es de un 44,2% a una tasa del 0%, un 44,5% a una tasa del 0,5%, un 45,8% a una tasa del 2% y un 46,6% a una tasa del 4%. Al igual que en el caso anterior, en los períodos más cercanos al presente su magnitud es mayor en comparación con todas las medidas fundamentalmente relacionadas con obras de infraestructura, como ocurre con las que se adoptarían para hacer frente a las inundaciones de los principales ríos del litoral y a la vulnerabilidad de la costa del Río de la Plata, solo que en este caso la participación conjunta es de alrededor del 87% de los valores acumulados hasta el año 2020 y del 80% de los valores acumulados hasta 2030 a todas las tasas de descuento. Esta mayor participación obedece sobre todo a los menores daños previstos en algunos ámbitos según el escenario B2, entre otros los impactos en la región del Comahue y en el sector salud.

Si se comparan los escenarios A2 y B2, los mayores aumentos porcentuales calculados a todas las tasas de descuento y en relación con todos los años de corte, pero principalmente con los primeros (2020 y 2030), corresponden al valor acumulado de los costos de las medidas de adaptación en la región del Comahue. Las diferencias entre ambos escenarios ascienden al máximo en el período que concluye en el año 2030, lo que responde esencialmente a la influencia que ejercen en el total los costos las medidas de adaptación a las inundaciones de los principales ríos del litoral, que se concentran en ese período. No obstante, la diferencia de costos acumulados entre ambos escenarios varía entre un mínimo del 11%, acumulado hasta el año 2100 y sin descontar y un máximo del 20% acumulado hasta el año 2030, a una tasa de descuento del 0%; la media es de alrededor del 15%.

En los cuadros VII.11 y VII.12 se presentan los valores acumulados, según ambos escenarios, en cada año de corte y a todas las tasas de descuento, expresados como porcentaje del PIB del año base (2005) y en dólares de dicho año. Las medidas de adaptación identificadas y cuyo valor pudo calcularse en este estudio son solo parte del conjunto de medidas, opciones y estrategias de adaptación al cambio climático previsible. También es significativo, al menos en términos relativos, el menor peso, en términos de costos, que estas tendrían en la economía argentina, tanto en comparación con el de los impactos previstos del cambio climático como con las medidas de mitigación de las emisiones de GEI. En efecto, según ambos escenarios, el peso acumulado hasta el año 2100, en relación con el PIB del año base, fluctúa entre el 1,38% (escenario B2, con valores descontados al 4%) y el 5,76% (escenario A2, con valores no descontados).

**CUADRO VII.11**  
**COSTO ECONÓMICO ACUMULADO DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO IDENTIFICADAS, ESCENARIO A2**  
*(En porcentajes del PIB de 2005)*

Tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
0%	0,96	1,68	2,55	3,89	5,76
0,50%	0,93	1,58	2,32	3,34	4,59
2%	0,85	1,34	1,79	2,24	2,63
4%	0,75	1,10	1,34	1,50	1,59

**Fuente:** Elaboración propia.

**CUADRO VII.12**  
**COSTO ECONÓMICO ACUMULADO DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO IDENTIFICADAS, ESCENARIO B2**  
*(En porcentajes del PIB de 2005)*

Tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
0%	0,80	1,40	2,33	3,37	5,20
0,50%	0,78	1,32	2,10	2,90	4,12
2%	0,71	1,12	1,59	1,95	2,33
4%	0,64	0,93	1,17	1,30	1,38

**Fuente:** Elaboración propia.

Cabe señalar nuevamente que estos datos deben interpretarse con sumo cuidado, en vista de la imposibilidad de calcular el valor monetario de muchas de las medidas de adaptación identificadas, fundamentalmente de las relativas al ordenamiento del territorio, debido a la falta de información de base y de estudios específicos. Asimismo, cabe destacar que, en caso de incluirse la valorización económica de estas medidas, la magnitud de las erogaciones requeridas para aplicar las medidas de adaptación necesarias sería de una envergadura muy superior.

En los cuadros VII.13 y VII.14 se presenta el costo medio anual de las medidas de adaptación identificadas.

**CUADRO VII.13**  
**COSTO MEDIO ANUAL DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO IDENTIFICADAS, ESCENARIO A2**  
*(En dólares de 2005)*

Tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
0%	175 740 166	130 297 317	79 209 666	121 947 126	114 063 363
0,5%	170 034 205	118 781 320	67 026 387	92 566 370	76 512 900
2%	154 614 653	90 327 343	41 072 351	41 052 793	23 702 407
4%	137 458 199	63 241 669	21 938 512	14 341 468	5 274 888

**Fuente:** Elaboración propia.

**CUADRO VII.14**  
**COSTO MEDIO ANUAL DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO IDENTIFICADAS, ESCENARIO B2**  
*(En dólares de 2005)*

Tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
0%	146 526 583	109 033 250	84 579 637	94 533 776	111 629 914
0,50%	142 072 499	99 180 472	71 095 336	72 252 745	74 672 230
2%	130 043 654	74 915 277	42 692 278	32 718 988	22 945 163
4%	116 675 292	51 956 733	22 190 494	11 754 016	5 055 937

**Fuente:** Elaboración propia.

Desde el punto de vista de la erogación media anual necesaria para financiar las medidas de adaptación identificadas en este estudio, se observa una disminución, según ambos escenarios, a medida que aumenta la tasa de descuento utilizada, tal como era de esperar. También se aprecia que el costo medio anual de estas medidas asciende al máximo al principio de la serie y según ambos escenarios, lo que puede atribuirse principalmente al peso de las obras de infraestructura iniciales. No obstante, cuando se calculan a las tasas más bajas (0% y 0,5%), estos costos van disminuyendo hasta el año 2050 para después aumentar paulatinamente hacia el año 2070 y al final del período analizado (2100), de acuerdo a los dos escenarios.

Según el escenario A2, el costo promedio anual de las medidas de adaptación, calculadas a una tasa de descuento del 0%, sería cercano a 176 millones de dólares anuales en los primeros años (2010-2020). En el escenario B2 estos costos superan levemente los 146,5 millones por año en el mismo período. A una tasa del 0,5% el costo ascendería a 170 millones de dólares en el escenario A2 y a 142 millones en el escenario B2. A tasas mayores los costos descienden en ambos escenarios, hasta llegar a una media anual de 137,5 millones de dólares en el escenario A2 y de 116,7 millones en el escenario B2.

En los períodos inmediatamente posteriores (2020-2030 y 2030-2050) el costo medio anual calculado a todas las tasas de descuento disminuye en ambos escenarios y llega a su mínimo cuando se calcula a tasas del 0% y del 0,5%, también en ambos escenarios, hacia fines del período 2030-2050. Si se aplican tasas de descuento más altas (2% y 4%), los valores mínimos se registran hacia el final del período analizado (2070-2100): 5,3 millones en el escenario A2 y 5,1 millones dólares anuales en el escenario B2.

Los costos previstos de las medidas de adaptación son mayores en el escenario A2; de hecho, en los primeros años, los costos correspondientes al escenario A2 y calculados a una tasa de descuento del 2% son incluso superiores a los del escenario B2 no descontados. Como se ha señalado, los costos de las medidas de adaptación identificadas son considerablemente inferiores a los costos de los impactos previstos y los de mitigación. No obstante, cabe insistir en la importancia de dos cuestiones: i) algunas medidas de adaptación se relacionan con el diseño de estrategias, políticas y medidas que son muy difíciles de valorizar, aunque todas ellas tengan un costo, principalmente en el proceso de implementación, y ii) algunas medidas de adaptación autónoma o *a posteriori* pueden incluirse en algunas ocasiones entre las medidas directamente relacionadas con los impactos, por lo que puede ser difícil distinguirlas. Por ejemplo, los gastos de tratamiento médico o en vacunación pueden ser una medida de adaptación autónoma (si se hacen para prevenir). Otras medidas de adaptación (*a posteriori*), incluidas algunas ingenieriles, pueden tener el mismo sentido.

### C. Resumen del costo de las medidas de mitigación identificadas y cuantificadas

En el cuadro VII.15 se presentan los costos totales de las actividades de mitigación, en dólares constantes del año 2005, acumulados en cada año de corte, calculados a tasas de descuento del 4% y del 12% y correspondientes a las distintas opciones que se tomaron en cuenta (véase el cuadro VI.23). El costo total medio de las medidas de mitigación en el sector energético, específicamente en la industria energética, ponderado de acuerdo con la estructura de generación prevaleciente hasta el año 2050, asciende a 57,76 dólares por tonelada de CO<sub>2</sub>e, a una tasa de descuento del 4%, y a 113 dólares a una tasa del 12%. A partir de 2050 se agotan las posibilidades de mitigar las emisiones de GEI mediante de la incorporación de centrales hidroeléctricas, por lo que con posterioridad a ese año las medidas de

mitigación de este componente consisten se relacionan con opciones de generación de electricidad a mayor costo (fuentes renovables y energía nuclear), lo que eleva el costo total medio a casi 100 dólares por tonelada de CO<sub>2</sub>e, a una tasa del 4%, y a 178 dólares a una tasa del 12%.

**CUADRO VII.15**  
**COSTOS BRUTOS TOTALES ACUMULADOS DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN**  
**IDENTIFICADAS, ESCENARIOS A2 Y B2**  
*(En dólares de 2005)*

	Tasa de descuento del 4%				
	2020	2030	2050	2070	2100
Energía					
Industria energética	8 587 884 281	35 139 576 405	127 508 383 536	386 794 930 739	1 080 071 705 445
Transporte	1 277 023 017	3 038 057 132	10 350 468 581	26 489 189 700	83 200 263 350
Residencial y comercial	29 175 493	80 262 270	237 638 896	449 348 654	919 639 878
Industria	297 512 858	502 576 975	2 958 559 401	6 594 598 512	16 750 108 940
Ganadería	468 465 900	1 874 833 128	3 540 025 060	5 280 196 162	8 038 465 386
Sectora forestal	239 699 983	670 721 025	1 269 181 404	1 561 518 263	2 000 020 665
Desechos	4 648 275	16 242 880	67 246 162	153 538 081	336 935 006
<b>Total</b>	<b>10 904 409 806</b>	<b>41 322 269 815</b>	<b>145 931 503 040</b>	<b>427 323 320 111</b>	<b>1 191 317 138 671</b>

	Tasa de descuento del 12%				
	2020	2030	2050	2070	2100
Energía					
Industria energética	16 868 004 532	69 019 855 729	250 447 248 835	544 866 207 669	1 332 079 537 459
Transporte	2 216 292 857	5 272 594 335	17 963 395 560	45 972 391 387	144 395 321 774
Residencial y comercial	30 634 268	84 275 383	249 520 840	471 816 086	965 621 872
Industria	369 136 324	1 090 680 704	3 670 805 183	8 182 187 042	20 782 542 574
Ganadería	468 465 900	1 874 833 128	3 540 025 060	5 280 196 162	8 038 465 386
Sectora forestal	239 699 983	670 721 025	1 269 181 404	1 561 518 263	2 000 020 665
Desechos	7 747 125	27 071 467	112 076 937	255 896 802	561 558 344
<b>Total</b>	<b>20 199 980 989</b>	<b>78 040 031 771</b>	<b>277 252 253 819</b>	<b>606 590 213 412</b>	<b>1 508 823 068 073</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Al final del período, los costos totales acumulados de mitigación correspondientes al conjunto de medidas previstas equivalen a más de ocho veces el valor del PIB del año base, si se calculan a una tasa de descuento del 12%, y a más de seis veces y media, si se las calcula a una tasa del 4%; por lo tanto, el desembolso medio anual entre 2010 y 2030 sería de algo más del 2% del PIB del año base (a una tasa del 12%) y de un 1,1% (a una tasa del 4%). No obstante, como los mayores ahorros de emisiones GEI se consiguen a medida que va avanzando el siglo, estos suponen erogaciones anuales medias cada vez más altas, que superan el 9% del PIB del año 2005 al final del período (véanse los cuadros VII.16 y VII.17).

**CUADRO VII.16**  
**RESUMEN DE LOS COSTOS BRUTOS TOTALES ACUMULADOS DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN IDENTIFICADAS A TASAS DE DESCUENTO DEL 4% Y EL 12%, ESCENARIOS A2 Y B2**  
*(En dólares de 2005)*

	2020	2030	2050	2070	2100
Total (tasa del 4%)	10 904 409 806	41 322 269 815	145 931 503 040	427 323 320 111	1 191 317 138 671
Total (tasa del 12%)	20 199 980 989	78 040 031 771	277 252 253 819	606 590 213 412	1 508 823 068 073

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO VII.17**  
**COSTOS BRUTOS TOTALES ACUMULADOS DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN IDENTIFICADAS EN RELACIÓN CON EL PIB, ESCENARIOS A2 Y B2**  
*(En porcentajes del PIB de 2005)*

	2020	2030	2050	2070	2100
Total (tasa del 4%)	5,98	22,67		234,41	653,49
Total (tasa del 12%)	11,08	42,81	152,09	332,74	827,66

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO VII.18**  
**COSTOS BRUTOS TOTALES ANUALIZADOS DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN IDENTIFICADAS, ESCENARIOS A2 Y B2**  
*(En dólares de 2005)*

	2020	2030	2050	2070	2100
Total (tasa del 4%)	1 090 440 981	2 066 113 491	3 648 287 576	7 122 055 335	13 236 857 096
Total (tasa del 12%)	2 019 998 099	3 902 001 589	6 931 306 345	10 109 836 890	16 764 700 756

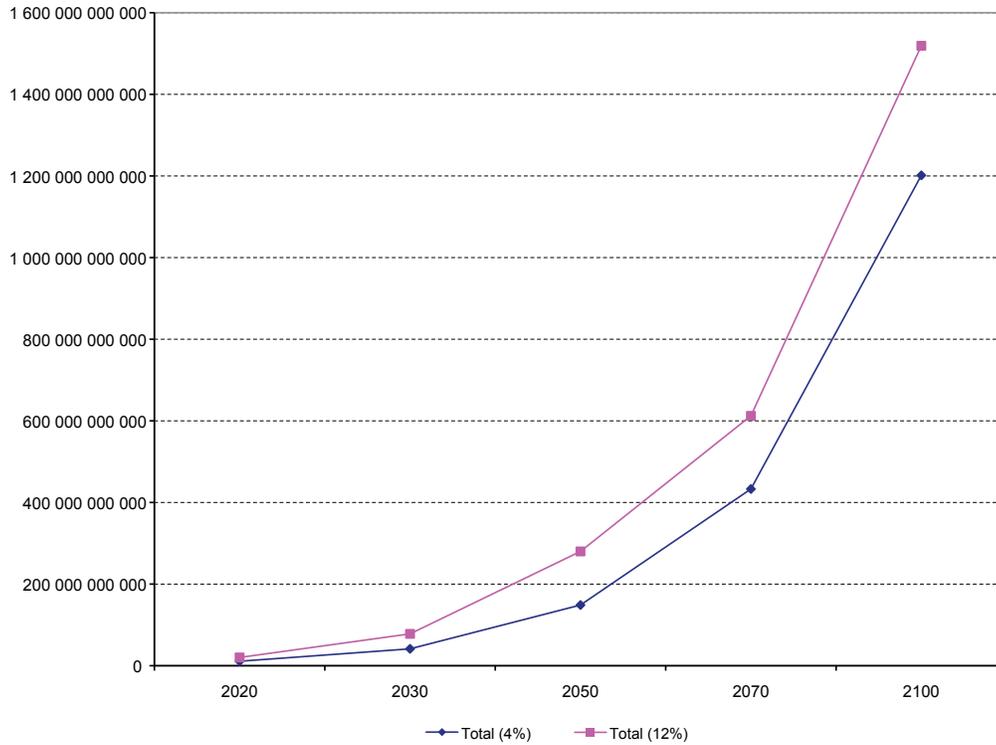
Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO VII.19**  
**COSTOS BRUTOS TOTALES ANUALIZADOS DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN IDENTIFICADAS EN RELACIÓN CON EL PIB, ESCENARIOS A2 Y B2**  
*(En porcentajes del PIB de 2005)*

	2020	2030	2050	2070	2100
Total (tasa del 4%)	0,60	1,13	2,0	3,91	7,26
Total (tasa del 12%)	1,11	2,14	3,8	5,55	9,2

Fuente: Elaboración propia.

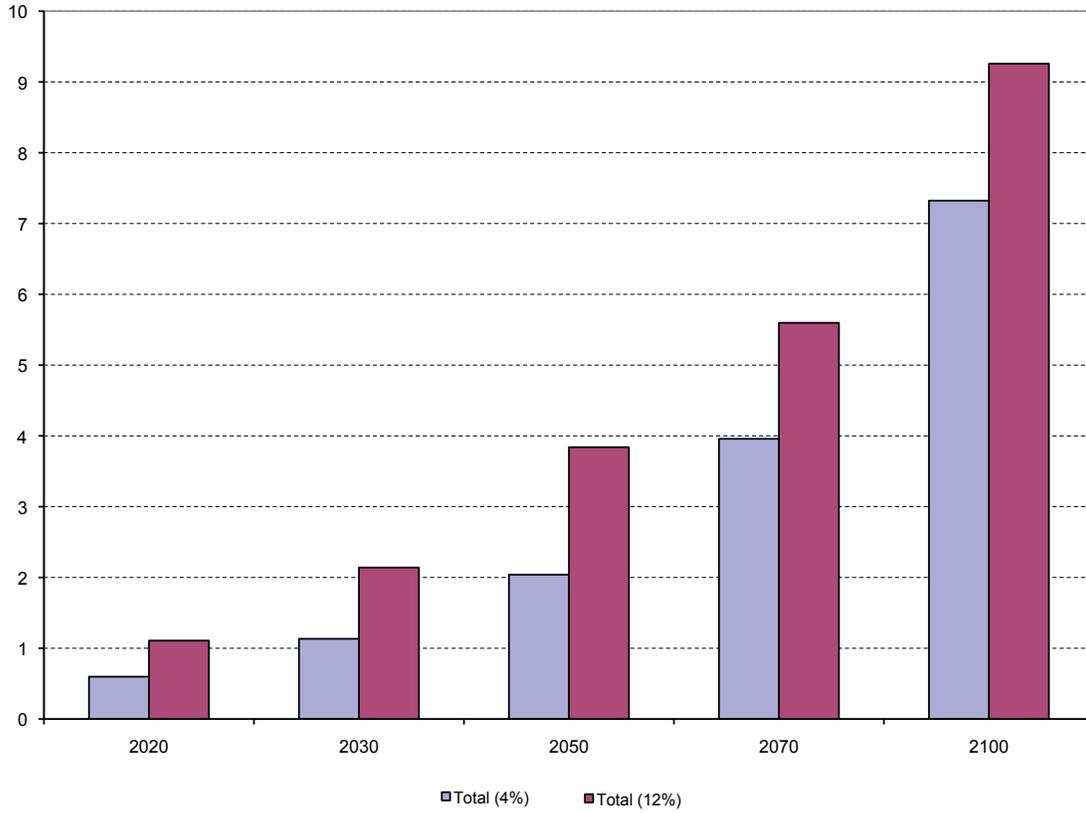
**GRÁFICO VII.1**  
**COSTOS TOTALES DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN ACUMULADOS**  
**HASTA EL AÑO 2100**  
*(En dólares de 2005)*



**Fuente:** Elaboración propia.

En definitiva, los costos totales de mitigación calculados en este estudio superan notablemente los costos estimados de los impactos identificados y los costos de las medidas de adaptación identificadas y cuantificadas en términos monetarios. Sin embargo, estos resultados deben interpretarse como un reflejo de la mayor la mayor facilidad para obtener información destinada a calcular los ahorros de emisiones y los costos de mitigación, y de la certeza con respecto a ella, a pesar de las dificultades existentes, tanto en términos de disponibilidad de información sobre los impactos previstos y las medidas de adaptación posibles, la mayor incertidumbre acerca de estos datos y la mayor dificultad para calcular el valor monetario de ciertos bienes y servicios, sobre todo los suministrados por el medio ambiente y que no pueden expresarse fácilmente a precios de mercado.

**GRÁFICO VII.2**  
**EVOLUCIÓN DEL COSTO ANUAL MEDIO DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN COMO**  
**PORCENTAJE DEL PIB DE 2005<sup>a</sup>**  
*(En porcentajes)*



**Fuente:** Elaboración propia.  
<sup>a</sup>Costos calculados a partir del año 2010.



## VIII. Estrategias de cambio climático

### A. El contexto internacional y la estrategia nacional

La República Argentina es signataria de acuerdos internacionales sobre protección del medio ambiente, incluidos el Protocolo de Kyoto y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Además, tuvo una activa y destacada participación en los procesos que condujeron a la suscripción de ambos y en importantes negociaciones posteriores sobre la materia.

Esta participación también se vio reflejada en el hecho de que la Argentina fue sede de la cuarta y la décima conferencias de las Partes en la Convención, realizadas en Buenos Aires en 1998 y 2004, además de lo cual diplomáticos, funcionarios y expertos argentinos han desempeñado y desempeñan funciones importantes en los órganos de la Convención y del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

En virtud de los compromisos asumidos mediante la ratificación de la Convención, la Argentina ha elaborado y presentado comunicaciones nacionales sobre el cambio climático a las conferencias de las Partes celebradas en 1997 y 2007, y se encuentra en proceso de preparación de la tercera.

La Argentina ha creado instituciones encargadas de la aplicación de la política sobre cambio climático dentro de la estructura del Estado. Mediante el decreto N°2.213/2002 se designó a la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable como autoridad encargada de la aplicación de la Ley N°24.295, en virtud de la cual se ratificó la Convención<sup>156</sup>. Posteriormente, mediante la resolución N°56/2003, se creó la Unidad de Cambio Climático de dicha Secretaría, encargada de diversas funciones relacionadas con la implementación del Convenio. Esta Unidad tiene, entre otras, las funciones de asesorar al Secretario de Ambiente y Desarrollo Sustentable en todas las materias relacionadas con la implementación de la Convención en el país; proponer y propiciar acciones conducentes al logro de los objetivos de la Convención, incluido el desarrollo de actividades locales, y elaborar y proponer lineamientos de política en materia de cambio climático, identificación de áreas prioritarias y determinación de las

<sup>156</sup> Véase [en línea] <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/trabajo/file/pffsa/Proyecto%20Formaci%C3%B3n%20Sindical%20Ambiental.pdf>.

metas nacionales para la posible reducción de emisiones por sector, de conformidad con las políticas nacionales de desarrollo sustentable. La Unidad también es la encargada de coordinar el Programa Nacional de Escenarios Climáticos y cuenta con el asesoramiento de la Comisión Nacional Asesora sobre Cambio Climático, integrada por representantes del gobierno nacional, los gobiernos provinciales, el sector privado, académicos de universidades públicas y privadas y expertos en temas vinculados con los objetivos de la Convención.

En el ámbito de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable y como dependencia de la Dirección de Cambio Climático, también opera la Oficina Argentina del Mecanismo para un Desarrollo Limpio, que tiene a su cargo la evaluación de los proyectos relacionados con dicho mecanismo. A la fecha se han presentado 42 proyectos<sup>157</sup>, 2 de los cuales se encuentran en proceso de evaluación (un proyecto geotérmico y un proyecto de sustitución de gas natural por biomasa), 5 han sido suspendidos, 1 fue rechazado y los restantes 34 fueron aprobados. La Argentina ha registrado 20 proyectos del mecanismo para un desarrollo limpio (MDL), que suponen 4.343.578 reducciones certificadas de emisiones<sup>158</sup>.

En el ámbito de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable también desarrolla sus actividades el Fondo Argentino de Carbono, creado mediante el decreto 1070/2005 y cuyos objetivos son promover el aprovechamiento de oportunidades derivadas del mecanismo para un desarrollo limpio; facilitar e incentivar el desarrollo de proyectos relacionados con el MDL, promover y facilitar las inversiones y la incorporación de nuevas tecnologías; maximizar la participación de los proyectos argentinos en los mercados internacionales de carbono y promover instrumentos financieros para las actividades de proyectos que se ejecuten en el marco del MDL, entre otros. El Fondo desempeña principalmente funciones de asesoramiento técnico y de identificación de oportunidades de proyectos.

La Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable concibe la adaptación al cambio climático como una actividad estrechamente vinculada a las medidas de mitigación, que “...requiere de una estrategia sostenida [...] según cada sector o sistema...”<sup>159</sup>, y tiene un alto potencial de sinergia con diversas convenciones y políticas vigentes. Esto explica la necesidad de evaluar en forma integrada las medidas de adaptación sectoriales.

El Gobierno de la República Argentina está elaborando una Estrategia Nacional en Cambio Climático (ENCC)<sup>160</sup>, que incluye objetivos generales de mitigación y adaptación y prevén los mecanismos para su consecución. La Estrategia está siendo evaluada por las autoridades de las diversas dependencias gubernamentales con incumbencia en el tema.

Para la elaboración de la Estrategia se ha constituido un Comité Gubernamental de Cambio Climático, como instancia de articulación institucional encargada de su formulación y, a la vez, de incluir acciones de mitigación y adaptación al cambio climático en la planificación de los diferentes sectores y sistemas. Este Comité está integrado por representantes de diversos organismos y dependencias gubernamentales que realizan actividades en este ámbito, entre los que se destacan los siguientes:

- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable
- Secretaría de Industria, Comercio y Servicios
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva
- Comisión Nacional de Actividades Espaciales
- Comité Federal de Medio Ambiente
- Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto

<sup>157</sup> Al 13 de diciembre de 2010.

<sup>158</sup> Véase [en línea] <http://cdm.unfccc.int>.

<sup>159</sup> Véase [en línea] <http://www.ambiente.gov.ar/idseccion=205>.

<sup>160</sup> Ibid.

- Instituto Nacional del Agua
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
- Secretaría de Transporte
- Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social
- Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública
- Programa Nacional de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres y Desarrollo Territorial
- Secretaría de Política Económica
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial
- Secretaría de Energía
- Servicio Meteorológico Nacional

La Estrategia Nacional de Cambio Climático fue concebida como un mecanismo de coordinación de las actividades de las entidades gubernamentales, con el fin de establecer un marco de acción nacional en el que se prevean políticas, medidas y acciones conducentes a un crecimiento económico bajo en carbono y al desarrollo sustentable, “fortaleciendo e incrementando las acciones nacionales llevadas a cabo en la lucha contra el cambio climático”<sup>161</sup>. Asimismo, se prevén acciones coherentes con los compromisos asumidos y los principios de “responsabilidades comunes pero diferenciadas” y de equidad, y en las que se tenga en cuenta la responsabilidad histórica de los países con relación al cambio climático<sup>162</sup>.

La Estrategia Nacional tiene dos objetivos generales<sup>163</sup>:

- Identificar, promover e implementar medidas de adaptación al cambio climático, incluidos los impactos propios de la variabilidad climática, en especial en aquellas poblaciones, actividades productivas y ecosistemas particularmente vulnerables.
- Desarrollar políticas, medidas y acciones que contribuyan a limitar el crecimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero sin comprometer el desarrollo sustentable del país.

Como se indica en la Estrategia, para alcanzar estos objetivos generales a corto, mediano y largo plazo se requiere de lo siguiente<sup>164</sup>:

- Mecanismos y fortalecimiento institucionales
  - fortalecer la estructura y capacidad institucional del Estado para hacer frente al cambio climático;
  - promover la articulación intra e interinstitucional para el enfrentamiento integrado de la problemática;
  - incorporar el tema del cambio climático en los proyectos, programas y acciones que impliquen la emisión de gases de efecto invernadero y los que podrían verse afectados por el clima a nivel nacional, regional y sectorial;

<sup>161</sup> Véase [en línea] <http://www.ambiente.gov.ar/idseccion=205>.

<sup>162</sup> Ibid.

<sup>163</sup> Ibid.

<sup>164</sup> Ibid.

- promover la realización, al menos dos veces al año, de reuniones del Comité Gubernamental de Cambio Climático en las que participen las máximas autoridades de los organismos vinculados a este;
  - incorporar criterios relativos a la problemática del cambio climático en las políticas sectoriales, a nivel nacional, provincial y municipal, y unificarlos, y
  - promover la adopción de criterios relativos a la problemática del cambio climático en el sector privado, el ámbito académico, las organizaciones no gubernamentales, las organizaciones de trabajadores y la sociedad en su conjunto.
- Generación de recursos
    - impulsar el desarrollo de instrumentos fiscales, financieros, económicos y jurídicos que faciliten la implementación de los objetivos establecidos.
  - Difusión y capacitación
    - fomentar el desarrollo de capacidades, y la participación en el diseño y la ejecución de actividades de adaptación y mitigación;
    - realizar actividades de difusión y capacitación sobre los impactos del cambio climático y las posibilidades de adaptación a estos;
    - realizar actividades de difusión y capacitación sobre la influencia de diferentes estilos de vida en las emisiones de GEI y la posibilidad de reducirlas a partir de medidas individuales de mitigación;
    - realizar actividades de difusión y capacitación conjuntas con los sectores productivos, a fin de limitar el incremento de las emisiones de GEI.
  - Marco regulatorio
    - identificar aspectos del marco jurídico vigente y presentar propuestas al poder legislativo, con el fin de hacer frente al cambio climático, velando por la coherencia entre de dichas propuestas y los compromisos internacionales adquiridos

Se esperaba comenzar a ejecutar las actividades previstas en la Estrategia durante la segunda mitad del año 2011.

En el marco de la decimosexta Conferencia de las Partes en la Convención, celebrada en Cancún, México, del 29 de noviembre al 10 de diciembre de 2010, la delegación de la Argentina hizo una presentación en el segmento de alto nivel, cuyos principales puntos son los siguientes<sup>165</sup>:

- se hizo un llamado a los países desarrollados para que facilitaran mecanismos de transferencia de recursos y tecnología, en el entendimiento de que “solamente la acción global, equitativa y coordinada conducirá al logro del objetivo [de la Convención Marco]”;
- se afirmó que “las políticas de adaptación y de mitigación serán exitosas solo en el contexto de los programas de desarrollo sustentable y erradicación de la pobreza”;
- se señaló, asimismo, que “Se necesitan compromisos ambiciosos de reducción de emisiones, plasmados en un segundo período de cumplimiento del Protocolo de Kyoto, con efecto inmediato”, y
- se indicó que en las medidas que se adopten se debería evitar la introducción de nuevas restricciones de acceso a los mercados para los países en desarrollo.

Además, se presentó una propuesta considerada clave “para destrabajar el *statu quo*”, en la que se mencionaban las siguientes actividades y necesidades:

- la necesidad de contar con aportes públicos en proporciones conocidas y con cronogramas concretos de proyectos de transformación;
- la necesidad de establecer cierto equilibrio entre los aportes dirigidos a la adaptación y a la mitigación;
- la necesidad de facilitar el acceso a tecnologías que no creen dependencia, a fin de evitar la expulsión de trabajadores y contribuir a la creación de empleo decente todos los sectores de la economía y la disponibilidad de tecnologías de esa índole;
- la promoción del fortalecimiento institucional en los países en desarrollo;
- la necesidad de promover la participación de los científicos y académicos nacionales en la ejecución y diseño de los proyectos, y
- la necesidad de realizar mediciones nacionales basadas en matrices propias con datos homogéneos y transparentes.

## B. Posibles criterios para la identificación de metas

Dado que el objetivo de este estudio no es establecer lineamientos para la formulación de la Estrategia Nacional de Cambio Climático de la Argentina, sino brindar elementos e insumos que sirvan a los encargados de la adopción de decisiones para llevar a cabo el proceso de definición de la Estrategia, a continuación se presenta una serie de indicadores que podrían facilitar esa tarea.

---

<sup>165</sup> Ibid.

## Indicadores de emisiones totales y sectoriales

En los cuadros VIII.1 y VIII.2 y los gráficos VIII.1 y VIII.2 se presenta la evolución de las emisiones per cápita correspondientes al escenario de base y al de mitigación.

**CUADRO VIII.1**  
**EMISIONES SECTORIALES DE GEI PER CÁPITA, ESCENARIO DE BASE**  
(En Gg de CO<sub>2</sub>e per cápita)

Sectores, incluido el sector de USCUS	2005	2020	2030	2050	2070	2100
Energía	3,92	5,89	6,81	10,48	15,59	30,86
Procesos industriales	0,37	0,54	0,63	1,04	1,70	3,56
Agricultura	3,59	3,71	3,67	4,19	4,54	5,13
Uso del suelo, cambio del uso del suelo y silvicultura	-0,33	-0,31	-0,38	-0,56	-0,55	-0,55
Residuos	0,51	0,67	0,80	1,12	1,64	2,24
Total	8,07	10,50	11,53	15,14	22,91	41,24

Fuente: Elaboración propia.

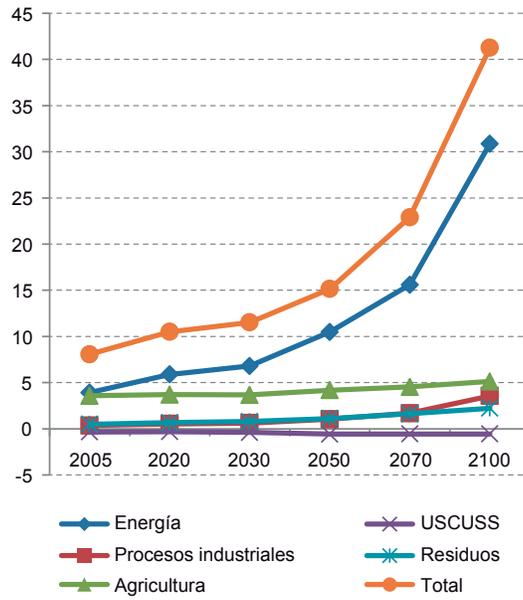
**CUADRO VIII.2**  
**EMISIONES SECTORIALES DE GEI PER CÁPITA, ESCENARIO DE MITIGACIÓN**  
(En Gg de CO<sub>2</sub>e per cápita)

Sector, incluido el sector de USCUS	2005	2020	2030	2050	2070	2100
Energía	3,92	4,86	4,95	7,20	10,66	20,09
Procesos industriales	0,37	0,53	0,63	1,02	1,66	3,47
Agricultura	3,59	3,52	3,50	3,98	4,21	4,62
Uso del suelo, cambio del uso del suelo y silvicultura	-0,33	-0,59	-0,67	-0,65	-0,64	-0,64
Residuos	0,51	0,50	0,56	0,61	0,77	1,01
Total	8,07	8,83	8,97	12,15	16,66	28,56

Fuente: Elaboración propia.

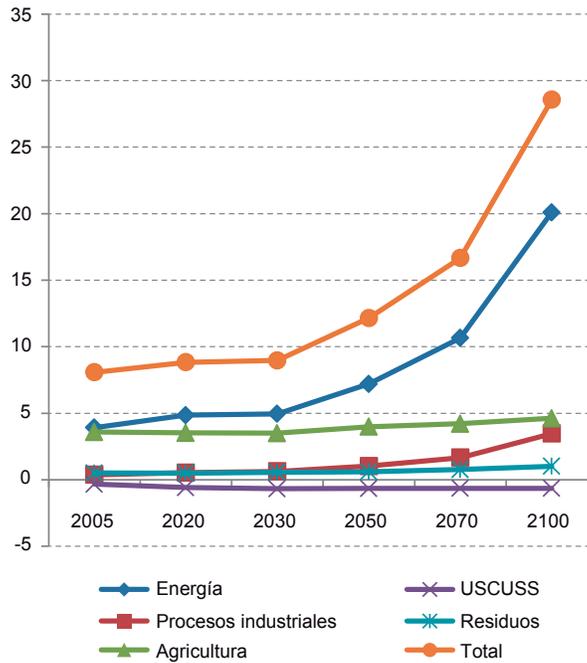
En el escenario de base las emisiones per cápita se quintuplican entre 2005 y 2100, principalmente debido al marcado incremento de los indicadores relacionados con el sector energético, cuyos valores aumentan cerca de diez veces en ese lapso. En cambio, según el escenario de mitigación, las emisiones per cápita del sector energético son un tercio menores en 2100 que las previstas en el escenario de base, lo que, sumado al efecto del ahorro de emisiones en los demás sectores, permite que las emisiones per cápita de la totalidad de los sectores sea un 31% inferior en el escenario de mitigación a fines del período analizado (año 2100).

**GRÁFICO VIII.1**  
**EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI PER CÁPITA, ESCENARIO DE BASE**  
*(En Gg de CO<sub>2</sub>e per cápita)*



Fuente: Elaboración propia.

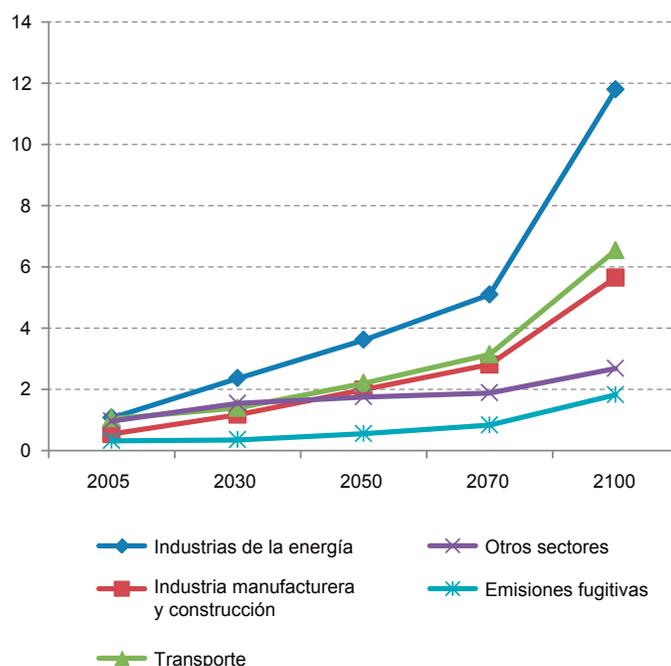
**GRÁFICO VIII.2**  
**EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI PER CÁPITA, ESCENARIO DE MITIGACIÓN**  
*(En Gg de CO<sub>2</sub>e per cápita)*



Fuente: Elaboración propia.

Como se indica en el capítulo VI de este estudio, a medida que las proyecciones de emisiones de GEI se acercan al año horizonte (2100), el sector energético se va perfilando como la principal fuente de emisiones sectoriales de GEI de la Argentina, a considerable distancia de los demás. Es por ello que se presta especial atención a la evolución de los indicadores de emisiones per cápita y a las emisiones específicas del sector eléctrico. En el gráfico VIII.3 y el cuadro VIII.3 se presenta la evolución de las emisiones per cápita del sector energético en el período 2005-2100, según el escenario de base.

**GRÁFICO VIII.3**  
**EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI PER CÁPITA DEL SECTOR ENERGÉTICO,**  
**ESCENARIO DE BASE**  
*(En toneladas de CO<sub>2</sub>e per cápita)*



Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO VIII.3**  
**EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI PER CÁPITA DEL SECTOR ENERGÉTICO,**  
**ESCENARIO DE BASE**  
*(En toneladas de CO<sub>2</sub>e per cápita)*

	2005	2030	2050	2070	2100
Industrias energéticas	1,07	2,36	3,61	5,09	11,79
Industria manufacturera	0,54	1,17	1,99	2,81	5,65
Transporte	1,04	1,39	2,20	3,14	6,54
Otros sectores	0,96	1,54	1,75	1,88	2,68
Emisiones fugitivas	0,32	0,35	0,55	0,83	1,82
Total	3,93	6,81	10,10	13,75	28,48

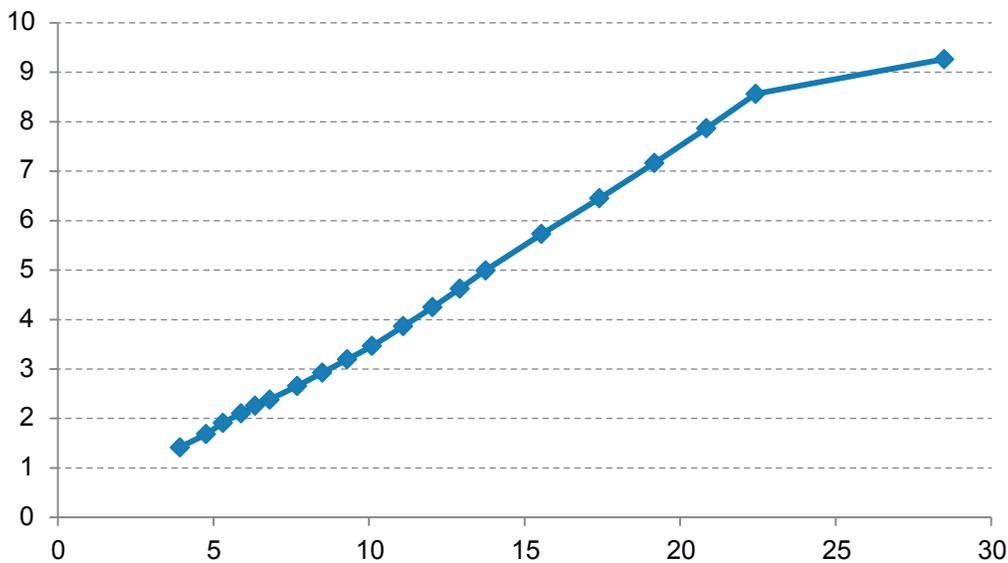
Fuente: Elaboración propia.

En el conjunto del sector energético, las emisiones per cápita aumentan más de siete veces entre 2005 y 2100. El mayor aumento se da en las industrias productoras de energía (fundamentalmente las dedicadas a la generación de electricidad), que crecen once veces entre el principio del período (2005) y el año horizonte (2100); esta conclusión se basa, principalmente, en las hipótesis aplicadas en el escenario de base con respecto a las fuentes que se utilizarían para generar electricidad. El incremento se concentra en el último tramo del período analizado (2070-2100), puesto que se duplica en esos treinta años. Las emisiones per cápita del subsector que le sigue en términos de emisiones, el de transporte, equivalen casi a la mitad de la proporción correspondiente al caso anterior y algo similar sucede con el sector industrial, que ocupa el tercer lugar. Por lo tanto, las emisiones per cápita del sector energético representan el 41,4% del total de las emisiones per cápita del sector, lo que se compara con alrededor del 35% en 2030 y el 27,2% en 2005. El subsector cuyas emisiones per cápita muestran un mayor crecimiento en el período analizado es el industrial, en el que las emisiones se multiplica por diez; el sector pasa de representar el 13,7% del total en 2005 al 17,2% en 2030 y al 20% en 2100.

#### GRÁFICO VIII.4

#### TRAYECTORIA DE LAS EMISIONES PER CÁPITA DEL SECTOR ENERGÉTICO Y EL CONSUMO FINAL DE ENERGÍA PER CÁPITA, ESCENARIO DE BASE, 2005-2100<sup>a</sup>

(En toneladas de CO<sub>2</sub>e y permisos de emisión negociables per cápita)



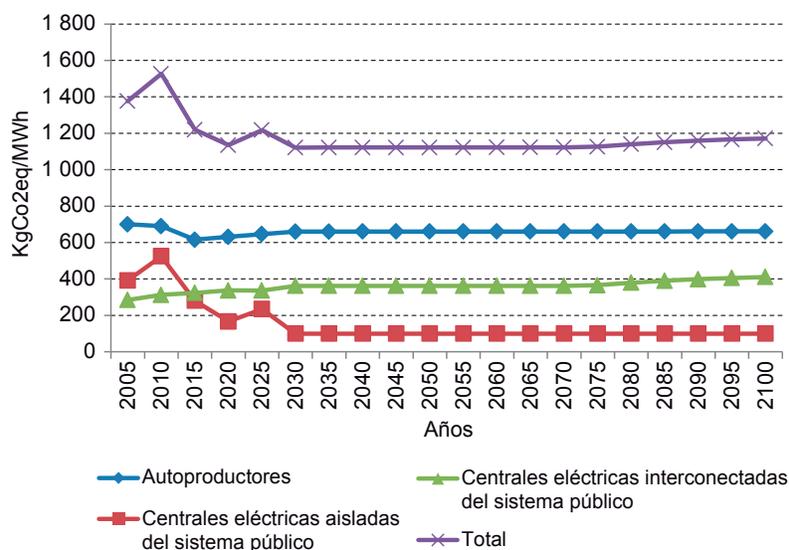
**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>a</sup>El eje vertical corresponde a los permisos de emisión negociables per cápita y el horizontal, a las toneladas de CO<sub>2</sub>e/hab.

En el gráfico VIII. 4 se observa que a partir de 2005 se inicia un aumento del consumo de energía por habitante. No obstante, a lo largo del período las emisiones per cápita aumentan a una tasa aun mayor que el consumo, lo que significa que en algunos sectores se intensifica la incorporación de fuentes emisoras de GEI.

En el gráfico VIII.5 se muestra la evolución de las emisiones del sector eléctrico en el período 2005-2100, de acuerdo con las hipótesis y los supuestos adoptados para la elaboración del escenario de base.

**GRÁFICO VIII.5**  
**EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DEL SECTOR ELÉCTRICO,**  
**ESCENARIO DE BASE, 2005-2100**  
(En kg de CO<sub>2</sub>e /MWh)

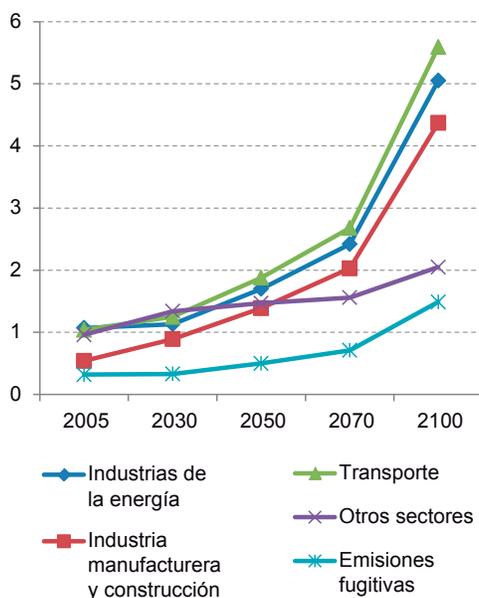


Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en el gráfico anterior, hay una marcada baja de las emisiones del sector eléctrico entre 2010 y 2030, fundamentalmente ligada a la supuesta incorporación al Sistema Argentino de Interconexión de un gran proporción de los generadores aislados. No obstante, en este escenario se produce un leve pero ininterrumpido aumento de las emisiones a partir de 2030, sobre todo desde 2070 y debido a la evolución de las emisiones del sistema interconectado, que aumentan un 14,6% en los últimos treinta años que abarca el análisis. En todo caso, en el conjunto del sector las emisiones específicas son un 15% inferiores en 2100 a las registradas en el año 2005.

Tal como se indica en el gráfico VIII.6 y el cuadro VIII.4, en el sector energético en su conjunto las emisiones per cápita de todos los GEI aumentarían casi cinco veces y media entre 2005 y 2100. Sin embargo, las 18,55 toneladas de CO<sub>2</sub>e per cápita previstas para el año 2100 en el escenario de mitigación implican una disminución de casi 10 toneladas de CO<sub>2</sub>e per cápita, por lo que la cifra resultante es cerca de un 35% inferior a las estimaciones contenidas en el escenario de base. El subsector que presenta las emisiones per cápita más altas según el escenario de mitigación es el de transporte (5,59 toneladas de CO<sub>2</sub>e por habitante), a pesar de una reducción de más de un 14% respecto del valor considerado en el escenario de base. Las medidas de mitigación adoptadas por las industrias energéticas, fundamentalmente en el proceso de generación de electricidad, son el principal factor determinante de esta situación. Si bien las 5,05 toneladas de CO<sub>2</sub>e per cápita que se registran en esta categoría en el año 2100 reflejan un aumento de cuatro veces y media en comparación con las cifras de 2030, este representa menos de la mitad del valor previsto para ese año en el escenario de base. Esta notable reducción de las emisiones per cápita de las industrias energéticas explica más de la mitad del descenso de las emisiones per cápita en todo el sector.

**GRÁFICO VIII.6**  
**EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub>e PER CÁPITA EN EL SECTOR**  
**ENERGÉTICO, ESCENARIO DE BASE, 1990-2030**  
*(En toneladas de CO<sub>2</sub>e y permisos de emisión negociables per cápita)*



Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO VIII.4**  
**EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI PER CÁPITA DEL SECTOR ENERGÉTICO,**  
**ESCENARIO DE MITIGACIÓN, 2005-2100**  
*(En toneladas de CO<sub>2</sub>e per cápita)*

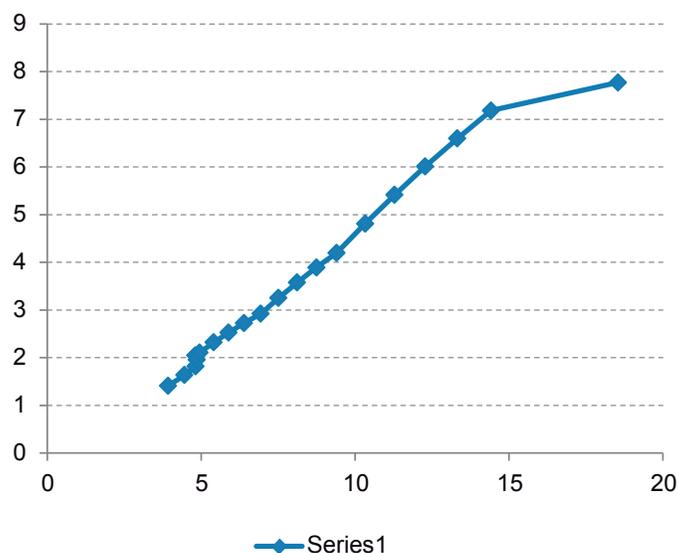
	2005	2030	2050	2070	2100
Industrias energéticas	1,07	1,13	1,70	2,42	5,05
Industria manufacturera	0,54	0,89	1,39	2,03	4,37
Transporte	1,04	1,25	1,88	2,68	5,59
Otros sectores	0,96	1,34	1,47	1,56	2,05
Emisiones fugitivas	0,32	0,33	0,50	0,71	1,49
Total	3,93	4,94	6,94	9,40	18,55

Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico VIII.7 se ilustran la trayectoria de las emisiones per cápita de todo el sector energético y del consumo final de energía per cápita, que se elevan a partir de 2005. Según el escenario de mitigación, hacia el año 2100 el consumo de energía per cápita es casi un 16% menor que en el escenario de base, pero las emisiones de GEI per cápita registran un descenso mayor, de casi un 35%. Este escenario de mitigación muestra una economía mucho menos intensiva en carbono que en el uso de energía en comparación con el escenario de base, lo que revela la mayor influencia de las medidas de sustitución de fuentes emisoras por fuentes que suponen emisiones inferiores o nulas que las vinculadas a la reducción del consumo energético o al realce de la eficiencia energética.

**GRÁFICO VIII.7**  
**TRAYECTORIA DE LAS EMISIONES PER CÁPITA DEL SECTOR ENERGÉTICO**  
**Y EL CONSUMO FINAL DE ENERGÍA PER CÁPITA, ESCENARIO DE MITIGACIÓN,**  
**2005-2100<sup>a</sup>**

*(En toneladas de CO<sub>2</sub>e y permisos de emisión negociables per cápita)*

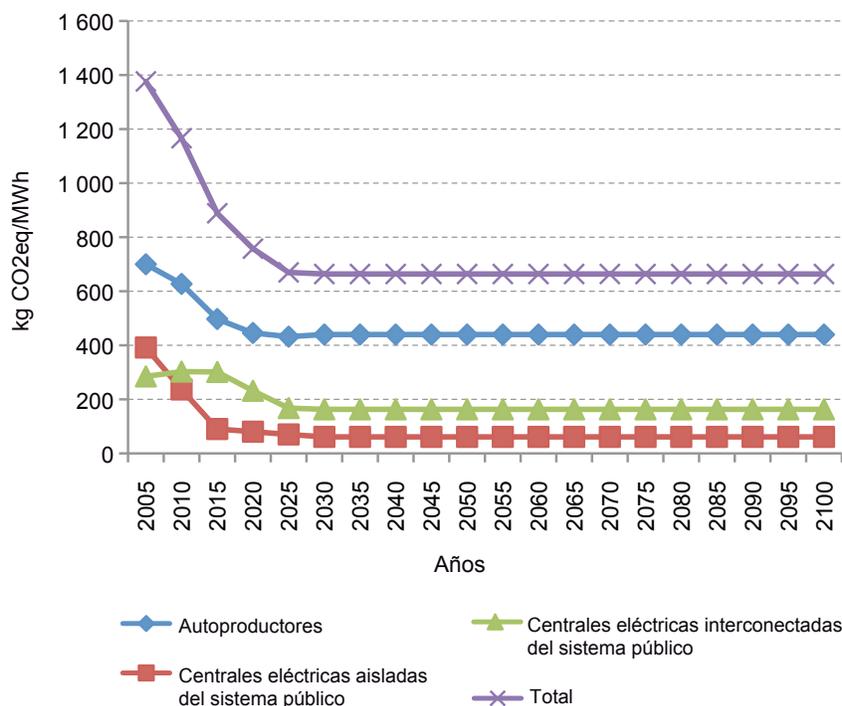


**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>a</sup>El eje vertical corresponde a los permisos de emisión negociables per cápita y el horizontal, a las toneladas de CO<sub>2</sub>e/hab.

En el gráfico VIII.8 se ilustra la evolución de las emisiones del sector eléctrico en el período 2005-2100, de acuerdo con las hipótesis y los supuestos adoptados para la elaboración del escenario de mitigación. Como se puede apreciar, hay una baja muy importante en las emisiones específicas entre 2005 y 2025, salvo en las centrales eléctricas del sistema público interconectado, en las que el descenso comienza a ser pronunciado a partir del año 2015. El descenso en todo el sector entre los años 2100 y 2005 supera el 60%, lo que obedece fundamentalmente a los autoproductores, cuyas emisiones disminuyen un 47% en este período. Los generadores aislados también tienen registros una disminución importante (superior al 84%), en tanto que los integrantes del sistema interconectado muestran una reducción de alrededor del 43%. No obstante, el descenso más pronunciado de las emisiones específicas del sector se da entre los años 2005 y 2030, después de lo cual se estabilizan hasta el final del período analizado. La comparación de estas cifras con las que surgen del escenario de base permite observar que las emisiones específicas del sistema eléctrico consideradas en el escenario de mitigación y expresadas en toneladas de CO<sub>2</sub>e por MWh generado son alrededor de un 44% inferiores en todo el sector. Dentro de este conjunto, en el año 2100 los generadores del sistema interconectado presentan un descenso del 60% en comparación con el escenario de base; este descenso es de un 38% en el caso de los generadores aislados y de un 33,5% en el de los autoproductores.

**GRÁFICO VIII.8**  
**EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DEL SECTOR ELÉCTRICO**  
*(En kg de CO<sub>2</sub>e /MWh)*



Fuente: Elaboración propia.

También se consideró relevante considerar la evolución de la intensidad de las emisiones en relación con el PIB. Para los cálculos pertinentes se utilizaron las cifras sobre emisiones de GEI correspondientes a ambos escenarios y se las comparó con las proyecciones del PIB derivadas del cuadro II.6. En los cuadros VIII.5 y VIII.6 y en los gráficos VIII.9 y VIII.10 se presentan los resultados de esos cálculos, tanto para el escenario de base como para el de mitigación.

**CUADRO VIII.5**  
**EVOLUCIÓN DE LA INTENSIDAD DE LAS EMISIONES DE GEI DE ALGUNOS**  
**SECTORES EN RELACIÓN CON EL PIB, ESCENARIO DE BASE, 2005-2100**  
*(En toneladas de CO<sub>2</sub>e/PIB y en miles de pesos a precios de 2004)*

	2005	2010	2020	2030	2050	2070	2100
Energía	0,326	0,317	0,294	0,293	0,277	0,257	0,239
Procesos industriales	0,030	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027
Agricultura	0,299	0,252	0,185	0,158	0,110	0,073	0,039
USCUSS	-0,027	-0,012	-0,015	-0,016	-0,015	-0,009	-0,004
Residuos	0,042	0,040	0,034	0,034	0,033	0,026	0,017
Total	0,670	0,624	0,524	0,496	0,433	0,374	0,318

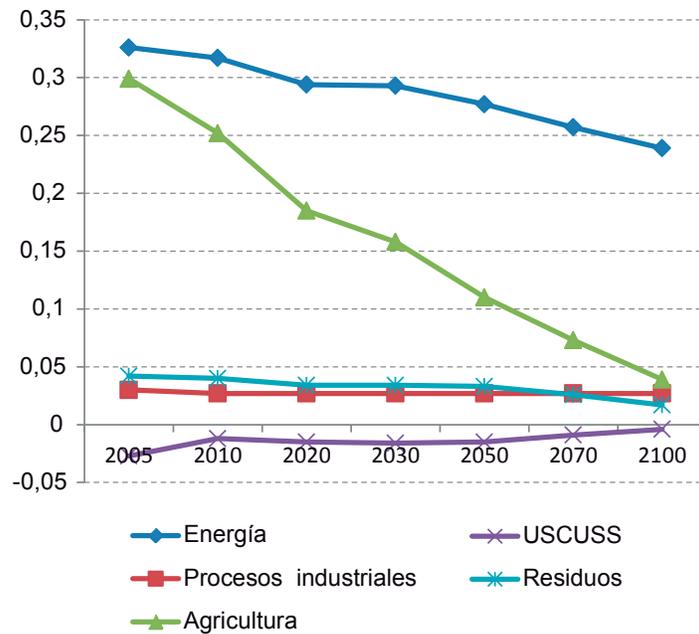
Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO VIII.6**  
**EVOLUCIÓN DE LA INTENSIDAD DE LAS EMISIONES DE GEI DE ALGUNOS**  
**SECTORES EN RELACIÓN CON EL PIB, ESCENARIO DE MITIGACIÓN, 2005-2100**  
*(En toneladas de CO<sub>2</sub>/ PIB y en miles de pesos a precios del 2004)*

	2005	2010	2020	2030	2050	2070	2100
Energía	0,326	0,297	0,243	0,213	0,189	0,171	0,154
Procesos industriales	0,030	0,026	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027
Agricultura	0,299	0,238	0,176	0,151	0,105	0,067	0,035
USCUSS	-0,027	-0,015	-0,029	-0,029	-0,017	-0,010	-0,005
Residuos	0,042	0,040	0,025	0,024	0,016	0,012	0,008
Total	0,670	0,586	0,441	0,386	0,319	0,267	0,218

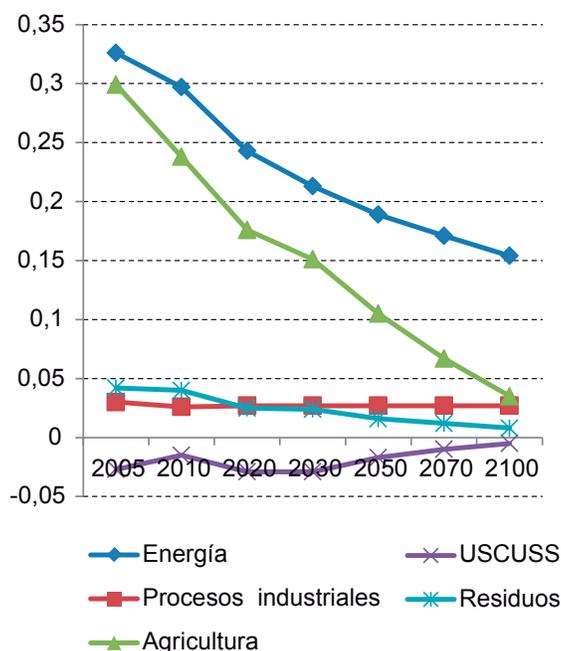
Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO VIII.9**  
**EVOLUCIÓN DE LA INTENSIDAD DE LAS EMISIONES SECTORIALES DE GEI EN**  
**RELACIÓN CON EL PIB, ESCENARIO DE BASE, 2005-2100**  
*(En toneladas de CO<sub>2</sub>e/ PIB y en miles de pesos a precios de 2004)*



Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO VIII.10**  
**EVOLUCIÓN DE LA INTENSIDAD DE LAS EMISIONES SECTORIALES DE GEI EN**  
**RELACIÓN CON EL PIB, ESCENARIO DE MITIGACIÓN, 2005-2100**  
*(En toneladas de CO<sub>2</sub>e/ PIB y en miles de pesos a precios del 2004)*



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en los cuadros y gráficos anteriores, la relación entre la intensidad de las emisiones y el PIB disminuye sostenidamente a lo largo del período analizado según ambos escenarios y en todos los sectores<sup>166</sup>. Dadas las tasas de crecimiento previstas del PIB y las proyecciones sobre las emisiones de GEI, se deduce que la intensidad de las emisiones de todos los sectores desciende un 52,5% entre el año base y el año horizonte según el escenario de base. La disminución de este indicador según dicho escenario supera el 18% entre 2030 y 2100.

Los sectores que muestran una reducción más pronunciada son el agrícola y el de USCUS, cuyas emisiones no están directamente vinculadas con la evolución del PIB. Como las variables que explican el comportamiento de estos sectores muestran una evolución mucho menos dinámica que la del PIB, es de esperar que en estos dos sectores se produzca un brusco descenso hacia el año 2100, aunque en realidad el fenómeno ya se empezaría a apreciar en el año 2030. La intensidad de las emisiones también se reduce en forma pronunciada en el sector de residuos, lo que obedece a que a largo plazo sus emisiones se relacionan directamente con la evolución de la población, mientras que en plazos más cortos sí es importante la influencia del PIB per cápita. En el sector energético, por su parte, la intensidad de las emisiones de GEI en relación con el PIB disminuye casi un 27% entre 2005 y 2100 y más del 18% entre 2030 y 2100.

<sup>166</sup> La única excepción es el sector de procesos industriales, cuya evolución está íntimamente ligada a las tasas de crecimiento de la actividad de sus componentes, calculadas sobre la base del PIB y del valor bruto de la producción de estos. Dado que a largo plazo las tasas de crecimiento de los componentes del sector tienden a presentar una tasa de crecimiento muy similar a la del PIB, es lógico que el indicador correspondiente no presente variaciones. Cabe aclarar que en el caso del sector de USCUS lo que se mide es la intensidad de las absorciones de CO<sub>2</sub> en relación con el PIB.

Según el escenario de mitigación, la baja de este indicador es aún más pronunciada. En efecto, en todos los sectores la intensidad de las emisiones en relación con el PIB desciende un 67,4% entre 2005 y 2100 y más de un 43% en el período 2030-2100. Como consecuencia de las medidas de mitigación que se aplicarían en el sector energético, este indicador disminuiría un 53% entre el año base y el año horizonte y un 28% entre 2030 y 2100; si se compara la cifra del año 2100 con la actual, la intensidad de las emisiones en el año horizonte equivale a la mitad de la que se registra en el año del estudio. El sector de desecho también presenta una considerable reducción de este indicador, debido a las medidas de mitigación propuestas en el estudio. En efecto, según el escenario de mitigación la intensidad de las emisiones de GEI en relación con el PIB del año 2100 es más de un 81% inferior a la del año 2005, un 68% menor a la de 2030 y representa la quinta parte de los valores actuales.

Asimismo, según el escenario de mitigación la intensidad de las emisiones en relación con el PIB hacia el final del período es un 31,4% inferior a la supuesta en el escenario de base, lo que refleja principalmente el comportamiento del sector energético, que acusa una caída del 35,8%, y del sector de residuos, que muestra una reducción del 54,8%. Estas diferencias entre ambos escenarios comienzan a ser más notorias a partir del año 2030.

## IX. Conclusiones

A continuación, se resumen los principales resultados y conclusiones que surge de la integración de todos los estudios considerados en el estudio nacional.

Como resultado del proceso de agregación de las emisiones de GEI sectoriales, calculadas de acuerdo con las hipótesis y los supuestos adoptados para la elaboración de los informes sectoriales realizados en el marco del estudio nacional, se determinó que las emisiones netas de GEI, incluidas las del sector de USCUS, ascienden a 2.005.243,62 Gg de CO<sub>2</sub>e acumulado a 2100 según el escenario de base, lo que implica un aumento de más de seis veces y media respecto de los valores de 2005. Estas emisiones se subdividen en un 75,1% de CO<sub>2</sub>, un 15,2% de CH<sub>4</sub> y un 8,8% de N<sub>2</sub>O; el porcentaje restante corresponde a gases fluorados. El sector energético aporta el 75% de las emisiones de GEI en el escenario de base; le siguen el sector agropecuario, que emite algo más del 12%, el de procesos industriales (8,6%) y el de residuos (5,4%). El sector de uso del suelo, cambio del uso del suelo y silvicultura presenta capturas netas de CO<sub>2</sub>, aunque estas no son significativas al final del período analizado. El principal subsector emisor del sector energético es la de industrias energéticas, que representa el 41% del total sectorial en el año 2100.

Las emisiones netas de GEI previstas en el escenario de mitigación ascienden a 1.388.531,05 Gg de CO<sub>2</sub>e en el año 2100; esta cifra supone un aumento de más de cuatro veces y media respecto del año 2005 y es un 31% inferior a la consignada en el escenario de base. Más del 70% de las emisiones netas de GEI previstas en el escenario de mitigación para el final del período analizado corresponden al sector energético, seguido en términos de magnitud por el sector agropecuario (16% del total en 2100). Al igual que en el escenario de base, el principal gas componente de las emisiones es el CO<sub>2</sub>, que en 2100 representa el 72% del total, seguido por el CH<sub>4</sub> (16%), el N<sub>2</sub>O (11%) y los gases fluorados, cuya participación es muy baja. En comparación con el escenario de base, las emisiones de CO<sub>2</sub> supuestas en el escenario de mitigación son más de un tercio inferiores en el año 2100, en tanto que las de CH<sub>4</sub> y las de N<sub>2</sub>O son un 27% y un 13,2% menores, respectivamente. Hacia el año 2100 el transporte aparece como la principal fuente de emisiones de GEI del sector energético según el escenario de mitigación (30% del total del sector), aunque sus emisiones serían casi un 15% inferiores a las del escenario de base.

En cuanto a las emisiones ahorradas, es decir, a la diferencia de emisiones entre el escenario de base y el escenario de mitigación, el total acumulado hasta el año 2100 asciende a 24.687.682,80 Gg de CO<sub>2</sub>e, lo que equivale aproximadamente a 12 años y 4 meses de emisiones a los niveles previstos para el año 2100. El 80,12% del ahorro de emisiones obedecería a las medidas de mitigación que se aplicarían en el sector energético, el 11,37% a las medidas previstas en el sector de residuos, el 5,55% a las del sector agropecuario, el 2,45% al sector de USCUSS y apenas un 0,50% a las medidas que podrían aplicarse en el sector de procesos industriales. Los mayores ahorros se darían en las industrias energéticas; las medidas que se tomen en este subsector se traducirían en un 51% del ahorro total de emisiones y un 63% de las que corresponden al sector energético. En orden de importancia les siguen los ahorros de emisiones debidos a las medidas relacionados con el consumo energético de las industrias manufactureras y la construcción (13,6% del ahorro total y 17% del ahorro del sector energético). En este contexto también se destaca el impacto de las medidas de recuperación de CH<sub>4</sub> en el sector de residuos (11,4% del ahorro total de emisiones).

El análisis de las proyecciones permite concluir que el sector energético es el que presenta las mayores posibilidades de ahorro de emisiones, de acuerdo con los supuestos e hipótesis adoptados en este estudio, y que el sector de residuos también encierra un alto potencial. El sector agropecuario no pareciera tener un potencial alto de ahorro de emisiones en comparación con los dos anteriores. El sector de uso del suelo, cambio del uso del suelo y silvicultura presenta posibilidades de ahorro en los primeros años considerados en el análisis, pero estas se van reduciendo con el paso del tiempo y pierden importancia relativa ante la ampliación de las posibilidades de ahorro en otros sectores.

Las estimaciones de los costos de mitigación por tonelada de CO<sub>2</sub>e se realizaron conforme a dos tasas de descuento (4% y 12%) y en el cálculo se consideraron todas las emisiones evitadas en los sectores considerados en el período 2010-2100. El ejercicio se realizó sobre la base de los valores reales de las mejores opciones técnicas. Las que presentan menores costos por tonelada evitada a ambas tasas son las vinculadas con lo siguiente (en orden creciente): tratamiento de residuos, etiquetado, sector forestal, eficiencia energética de la industria y transporte de personas. Las medidas que se adoptarían en el sector ganadero adquieren mayor importancia a tasas más altas y otro tanto ocurre con las previstas para las grandes centrales hidroeléctricas a tasas menores. En ambos casos, la opción solar térmica aparece como la alternativa más onerosa pero, si se toma en cuenta la cantidad de emisiones ahorradas, queda claramente en evidencia la importancia de las siguientes cuatro opciones: grandes centrales hidroeléctricas, centrales nucleares, tratamiento de residuos y adopción de medidas en el sector forestal. En conjunto, estas representan más del 75% del potencial de ahorro de emisiones.

Los resultados de la valorización monetaria de los impactos previstos del cambio climático en la Argentina según el escenario A2 muestran que a las tasas más bajas (0%, 0,5% y 2%) los que afectarían a los Esteros del Iberá son el principal componente de los costos netos acumulados hasta el año 2100. Concretamente, representan el 93,24% del valor total calculado a una tasa de descuento del 0%, el 91,4% del total a una tasa del 0,5% y el 81% del total a una tasa del 2%. Si los valores respectivos se descuentan a una tasa del 4%, el mayor costo corresponde a los impactos en términos de magnitud de las inundaciones de los principales ríos del Litoral (64,75% del total), seguido por los impactos en los Esteros del Iberá (alrededor del 52%) y en materia de salud (algo más del 40%). Los porcentajes correspondientes a estos costos suman más del 100%, debido a que se ven compensados en parte por los mayores ingresos derivados del cambio climático en el sector agrícola, aun en caso de que las hectáreas plantadas y la proporción de los diversos cultivos se mantuvieran estables. En efecto, el valor acumulado de los mayores ingresos que se percibirían en el agro equivalen al 42,6% de los costos netos totales descontados a una tasa del 0%, a un 48,16% de estos descontados a una tasa del 0,5%, a un 69,35% a una tasa del 2% y a un 97,42% a una tasa de descuento del 4%. La magnitud de los costos netos totales acumulados hasta 2050 y 2070 es inferior, a todas las tasas de descuento, a los calculados para los años 2020 y 2030. Esto también se debe fundamentalmente al comportamiento

del sector agrícola, cuya productividad aumentaría notablemente entre ambos períodos, antes de que empiecen a manifestarse los impactos del cambio climático en los Esteros del Iberá. Entre otras cosas, esta situación demuestra que los valores finales dependen en gran medida de la oportunidad en que se producen los impactos y, por lo tanto, de las tasas de descuento utilizadas. En todos los años de corte con la excepción de 2100, los impactos acumulados en el ámbito de la salud y las inundaciones de los principales ríos del litoral que estos provocarían son, en conjunto, prácticamente iguales a los mayores ingresos derivados de las actividades agrícolas y se compensan mutuamente.

Según el escenario B2, los impactos en los Esteros del Iberá son el principal componente de los costos netos acumulados hasta el año 2100 si se aplican las tasas más bajas (0%; 0,5% y 2%). En estos casos, su valor supera el total agregado de los costos acumulados, lo que contrarresta los efectos del cambio climático en el sector agrícola, y representa más de un 105,63% del valor acumulado sin descontar y el 103,43% del total a una tasa de descuento del 0,5%; en cambio, si se aplica una tasa de descuento del 2%, representa alrededor del 91% del total. Al igual que en otros casos, si los valores se descuentan a una tasa del 4% la principal contribución al total proviene de los impactos de las inundaciones de los principales ríos del litoral (63,54% del total), seguida por los impactos en los Esteros del Iberá (56,29%) y en la salud (41%). En este escenario, el valor acumulado de los mayores ingresos del agro hasta el año 2100 representa el 54,36% de los costos netos totales descontados a una tasa del 0%, el 60% de estos a una tasa del 0,5%, el 78,34 % a una tasa del 2% y más del 97% a una tasa de descuento del 4%. También puede observarse que los costos netos totales acumulados hasta el año 2070 son menores, a todas las tasas de descuento, que los calculados para los años 2020, 2030 y 2050. La explicación, en este caso, no solo está dada por el comportamiento del sector agrícola, sino también porque según el escenario B2 la intensidad de muchos impactos es menor que en el escenario A2 en algunos sistemas, sectores y regiones. El caso más significativo de este fenómeno es el de los ríos de la Región de Cuyo, que de acuerdo con el escenario A2 reciben impactos considerablemente superiores a los que podrían producirse según el escenario B2 y algo similar sucede, aunque en un orden de magnitud menor, con los impactos en los ríos de la Región del Comahue.

En líneas generales, los impactos previstos en el escenario A2 son mayores que en el escenario B2, pero también lo son los efectos positivos en los ingresos del sector agrícola, con excepción de los períodos más alejados del presente. En efecto, los efectos acumulados hasta el año 2100 en el sector agrícola son alrededor de un 10% mayores cuando se emplean las tasas más bajas, mientras que a una tasa de descuento del 4% los ingresos que percibiría este sector según el escenario A2 son mayores que los previstos en el escenario B2.

Los costos de los impactos previstos del cambio climático en los sectores y sistemas incluidos en este estudio son realmente significativos, especialmente cuanto menor sea la tasa de descuento utilizada. Cuando se utilizan valores no descontados, los costos superan entre un 27% y un 44% el valor del PIB del año base, dependiendo del escenario. Si a estos costos se les aplican tasas de descuento muy bajas (0,5%), los valores acumulados son de una magnitud muy similar al PIB del año base. Mientras mayor sea la tasa de descuento utilizada, como resulta previsible teniendo en cuenta lo prolongado del período analizado, los valores resultantes disminuyen significativamente como proporción del PIB del año base.

No obstante, debe tenerse presente la notable importancia de un factor que condiciona la aplicación de los resultados de este estudio: la imposibilidad de incluir un mayor número de sistemas, sectores y regiones en esta primera etapa del estudio nacional. En efecto, como se ha indicado, solo pudieron estudiarse los impactos previstos en algunos sistemas, sectores y regiones, lo que, independientemente de su relevancia, excluye del análisis importantes elementos. Dada la magnitud que podrían tener los impactos del cambio climático en los sectores, los sistemas y las regiones que no fue posible incluir en este estudio, es evidente la imperiosa necesidad de ampliar el alcance de los actuales estudios mediante la incorporación de nuevos sistemas, sectores y regiones, y teniendo plenamente en

cuenta los posibles riesgos. Por lo tanto, sería recomendable que las dependencias gubernamentales que se ocupan de las cuestiones relacionadas con los impactos previstos del cambio climático y las medidas de adaptación que pudieran aplicarse para hacerles frente sistematizaran la información necesaria y ejecutaran los estudios respectivos, con el fin de determinar el valor económico de los impactos y las medidas que podrían adoptarse en todo el país.

En cuanto a los costos de las medidas de adaptación, se calcularon los valores acumulados correspondientes a ambos escenarios, para cada año de corte y a todas las tasas de descuento, como porcentaje del PIB del año base (2005) y en dólares de dicho año. Si bien las medidas de adaptación identificadas y cuyo valor pudo determinarse en este estudio son solo parte de todo el conjunto de medidas, opciones y estrategias de adaptación al cambio climático actualmente factibles, no deja de ser significativo, al menos en términos relativos, el menor peso cuyos costos representarían para la economía argentina, tanto en comparación con el que revela el cálculo de los impactos previstos del cambio climático como con las medidas de mitigación de las emisiones de GEI. En efecto, como proporción del PIB del año base la carga acumulada fluctúa entre el 1,38% (escenario B2 con valores descontados al 4%) y el 5,76% (escenario A2 con valores no descontados).

Sin embargo, cabe insistir nuevamente en que estos datos deben interpretarse con sumo cuidado, dado que no fue posible calcular el valor monetario de muchas de las medidas de adaptación identificadas por falta de información de base y estudios específicos, sobre todo con respecto a las medidas de ordenación del territorio. Cabe destacar que, en caso de incluirse el costo económico de estas acciones, la magnitud de las erogaciones requeridas para aplicar las medidas de adaptación necesarias sería de una envergadura muy superior.

Por otra parte, se observa que las erogaciones anuales medias disminuyen de acuerdo a ambos escenarios, a medida que aumenta la tasa de descuento utilizada y tal como era de esperar. También se aprecia que el costo anual medio de estas medidas alcanza su punto máximo al comienzo de la serie en ambos escenarios, lo que obedece principalmente a la importancia de las obras de infraestructura que deberían realizarse al inicio del período. No obstante, si se aplican las tasas de descuento más bajas (0% y 0,5%) este costo anual medio va disminuyendo hasta el año 2050, para luego aumentar paulatinamente hacia el año 2070 y el final del período analizado (2100), de acuerdo con ambos escenarios.

Según el escenario A2, el costo anual medio de las medidas de adaptación, calculadas a la tasa de descuento del 0%, supone un gasto anual cercano a los 176 millones de dólares en los primeros años (2010-2020). Según el escenario B2, el costo ascendería a poco más de 146,5 millones por año en el mismo período. A una tasa del 0,5%, los valores correspondientes serían de 170 millones de dólares en el escenario A2 y 142 millones de dólares en el escenario B2. Cuando se emplean tasas más altas, los costos descienden en ambos escenarios hasta una media anual de 137,5 millones de dólares en el escenario A2 y 116,7 millones de dólares en el B2.

En los períodos inmediatamente posteriores (2020-2030 y 2030-2050) el costo anual medio disminuye en ambos escenarios y a todas las tasas de descuento, y llega a su mínimo, a las tasas del 0% y del 0,5% y en ambos escenarios, hacia fines del período 2030-2050. La aplicación de tasas de descuento más altas (2% y 4%) también se traduce en valores mínimos, en ambos escenarios, hacia el final del período analizado (2070-2100), en el que se registran los valores más bajos de la serie: 5,3 millones de dólares anuales en el escenario A2 y 5,1 millones de dólares anuales en el escenario B2.

Los costos previstos de las medidas de adaptación son mayores en el escenario A2. Incluso, en los primeros años de la serie, los costos previstos en este correspondientes al escenario y calculados a una tasa de descuento del 2% son mayores que los del escenario B2 calculados a una tasa del 0%. Como ya se ha señalado, los costos de las medidas de adaptación identificadas son notablemente menores que los de los impactos previstos y los costos de mitigación. De todos modos, cabe insistir en la importancia

de dos cuestiones: i) algunas medidas de adaptación se relacionan con el diseño de estrategias, políticas y medidas que son muy difíciles de valorizar, aunque todas ellas tengan un costo, principalmente de implementación; ii) algunas medidas de adaptación autónoma o *a posteriori* pueden incluirse en algunas ocasiones entre las medidas directamente relacionadas con los impactos, por lo que, en algunos casos, es difícil distinguirlas.

Al término del período, los costos totales acumulados de mitigación de todas las medidas analizadas equivalen a más de 8 veces el valor del PIB del año base, a una tasa de descuento del 12%, y a más de 6,5 veces, a una tasa del 4%. El desembolso medio anual entre 2010 y 2030 sería ligeramente superior al 2% del PIB del año base, a una tasa del 12%, y del 1,1%, a la tasa del 4%. No obstante, como los ahorros de GEI aumentan con el transcurso del tiempo, el promedio anual de las erogaciones también se elevaría progresivamente hasta superar el 9% del PIB del año 2005 al final del período.

Los costos totales de mitigación calculados en el estudio superan considerablemente los costos estimados de los impactos identificados y de las medidas de adaptación identificadas y cuantificadas en términos monetarios. Sin embargo, estos resultados deben interpretarse como un reflejo de la mayor facilidad para recopilar información destinada a calcular los ahorros de emisiones y los costos de mitigación, y de la certeza con respecto a ella, a pesar de las dificultades existentes, tanto en términos de la disponibilidad de información sobre los impactos previstos y las medidas de adaptación posibles, la mayor incertidumbre acerca de estos datos y la mayor dificultad para calcular el valor monetario de ciertos bienes y servicios, sobre todo los suministrados por el medio ambiente y que no pueden expresarse fácilmente a precios de mercado.

*A priori* y teniendo en cuenta las limitaciones mencionadas del alcance del presente estudio, principalmente en lo concerniente a los impactos y las medidas de adaptación cuyo valor económico se ha podido calcular, se puede concluir que el cambio climático tendrá un impacto significativo en la economía argentina.

El Gobierno de la Argentina se encuentra en proceso de elaboración de la Estrategia Nacional en Cambio Climático (ENCC), de carácter oficial, que incluiría objetivos generales de mitigación y adaptación y mecanismos para su consecución; esta estrategia está siendo evaluada por las autoridades de las dependencias gubernamentales que se ocupan del tema.

Para la elaboración de la Estrategia se constituyó un Comité Gubernamental de Cambio Climático, como instancia de articulación institucional encargada de su formulación y, a la vez, de incorporar acciones de mitigación y adaptación al cambio climático en la planificación de los diferentes sectores y sistemas. Este Comité está integrado por representantes de diversos organismos y dependencias gubernamentales con atribuciones sobre la materia.

Por consiguiente, en el presente estudio se presentan datos cualitativos y cuantitativos, que pueden servir de insumos para la toma de decisiones relacionadas con la definición de la Estrategia, y de las medidas y acciones que de ella se desprendan.

Respecto de los indicadores de emisiones, se han considerado tanto las emisiones de GEI per cápita como la intensidad de estas en relación con el PIB y, en el sector energético en particular, se han tomado en consideración las emisiones del sector eléctrico. Las emisiones de GEI per cápita aumentan notablemente hasta el año 2100, sobre todo de acuerdo al escenario de base; si bien en el escenario de mitigación este indicador es un 31% menor, las emisiones per cápita previstas en el escenario de mitigación hasta el año 2100 equivalen a más de 3,5 veces las correspondientes al año 2005 y a más de 3,2 veces las del año 2010. En cambio, las emisiones específicas del sector eléctrico (kg de CO<sub>2</sub>e/MWh) en el año 2100, y también de acuerdo al escenario de base, son un 15% menores que las del año 2005, mientras que según el escenario de mitigación estas emisiones disminuyen más del 60%.

La intensidad de las emisiones en relación con el PIB muestra un descenso sostenido a lo largo del período analizado según ambos escenarios y en todos los sectores. Dadas las tasas de crecimiento previstas del PIB y las proyecciones de las emisiones de GEI, la intensidad de estas en el conjunto de los sectores disminuye un 52,5% según el escenario de base si se compara el año horizonte (2100) con el año base (2005). Según el mismo escenario, este indicador se reduce más de un 18% entre 2030 y 2100, y en el escenario de mitigación la reducción es aún más pronunciada. En efecto, en el conjunto de los sectores la intensidad de las emisiones en relación con el PIB disminuye un 67,4% entre 2005 y 2100 y más de un 43% en el período 2030-2100. Asimismo, como consecuencia de las medidas de mitigación que se aplicarían en el sector energético, este indicador se reduciría un 53% entre el año base y el año horizonte y un 28% entre 2030 y 2100; por otra parte, si se compara la cifra del año 2100 con la del 2010, la intensidad de emisiones en el año horizonte equivale a la mitad de la actual.

## Bibliografía

- Aceituno, P. (1988): “On the functioning of the Southern Oscillation in the South American sector”. Part I: surface climate. *Monthly Weather Review*, 116, págs. 505-524.
- ADEFA (2005), Información estadística, Asociación de Fábricas de Automotores de la República Argentina, disponible en: [http://www.adefa.com.ar/nformacion\\_estadistica/index.html](http://www.adefa.com.ar/nformacion_estadistica/index.html).
- Aquino, R., T. Pacheco y M. Vásquez (2007), “Evaluación y Valorización Económica de la Fauna Silvestre en el Río Algodón, Amazonía Peruana”, ISSN 1727-9933, Facultad de Ciencias Biológicas, Revista Perú Biología.
- Armien, B., J.A. Suaya, E. Quiroz, B.K. Sah, V. Bayard, L. Marchena, C. Campos y D.S. Shepard (2008), “Clinical Characteristics and National Economic Cost of the 2005 Dengue Epidemic in Panama”, Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudio de la Salud, Panamá; Schneider Institutes for Health Policy, Heller School, Brandeis University, Waltham, Massachusetts; Ministerio de Salud de Panamá.
- Azqueta Oyarzún, D. (1994). “Valoración Económica de la Calidad Ambiental”. Mc Graw Hill. Madrid.
- Banco Mundial (2008). WDI-Online, versión 2007-2008.
- Barbaza, C.V. (2005), “Funciones de demanda de agua subterránea para el este mendocino”, Instituto Nacional del Agua, Centro de Economía, Legislación y Administración del Agua. CONAGUA. Mendoza.
- Barros, V. (2004), Informe Final de Proyecto “Inundaciones: génesis, costo socio-económico, adaptación y prevención, Programa de Proyectos Estratégicos. Universidad de Buenos Aires.
- Barros, V., M. Doyle e I. Camilloni (2008): Precipitation trends in southeastern South America: relationship with ENSO phases and with low-level circulation. *Theor. Appl. Clim.* 93, págs. 19-33.
- Barros V. (2005a), “Global Climate Change and the Coastal Areas of the Río de la Plata; Assessments of Impacts and Adaptations to Climate Change”, Project N° LA 26.
- Barros, V. (2005b): “Inundación y cambio climático: costa argentina del Río de la Plata”: Capítulo 5 en el libro *El Cambio Climático en el Río de la Plata*. Eds. V. Barros, A. Menéndez y G. Nagy. CIMA. Buenos Aires, 200 páginas.
- Barros, V., L. Chamorro, G. Coronel y J. Báez (2004): “The major discharge events in the Paraguay River; Magnitudes, source regions and climate forcings”. *J Hydrometeorology*, 5, págs. 1061-1070.

- Barros V. y M. Doyle, (1996): “Precipitation trends in Southern South America to the East of the Andes”. Report N° 26, abril de 1996, págs. 76-86. Center for Ocean Land atmosphere Studies. Calvelton USA. Editores. S.S. Kinter III y E.K Schneider. Proceedings of the Workshop on Dynamics and Statistics of Secular Climate Variations. ICTP Trieste, Italia. 4-8 de diciembre de 1995.
- Barros, V., A. Grimm y M. Doyle, (2002): “Relationship between Temperature and Circulation in Southeastern South America and its Influence from El Niño and La Niña” Events. J. of Meteorological Society of Japan, 89, págs. 21-32.
- Bejarán R. y V. Barros, (1998): “Sobre el aumento de la temperatura en los meses de otoño en Argentina Subtropical”. Meteorológica, vol. 23, págs. 15-25.
- Berbery, E.H. y V.R. Barros, (2002): The hydrological cycle of the Plata basin in South America. J. of Hydrometeorology, 3, págs. 630-645.
- Bockstael, N.E. y otros (1991). “Methods for Valuing Classes of Environmental Effects: Recreation. En Braden, J. & Kolstad, C.D. (1991). “Measuring the Demand of Environmental Quality. North Holland. Amsterdam.
- Boninsegna, J. y R. Villalba (2006): Documento marco sobre la oferta hídrica en los oasis de riego de Mendoza y San Juan. Los condicionantes geográficos y climáticos. Proyecto de desarrollo de escenarios climáticos y estudios de vulnerabilidad. Fundación T. Di Tella- SAyDS.
- \_\_\_\_ (2006): Documento sobre la oferta hídrica en los oasis de riego de Mendoza y San Juan en escenarios de cambio climático. Los escenarios de cambio climático y el impacto en los caudales. Proyecto de desarrollo de escenarios climáticos y estudios de vulnerabilidad. Fundación T. Di Tella- SAyDS.
- Cámara Argentina de Fruticultores integrados (2008), Consideraciones sobre la fruticultura de peras y manzanas de Río Negro y Neuquén, junio de 2008.
- Cámara Argentina de la Construcción (2003), El cambio climático y sus consecuencias territoriales, Alcance de las afecciones, Convención Nacional, noviembre de 2003, Argentina, Tomo I.
- \_\_\_\_ (2003), El cambio climático y sus consecuencias territoriales, Recopilación de información disponible sobre datos históricos de inundaciones en distintas regiones de la Argentina, Convención Nacional, noviembre de 2003, Argentina, Tomo II.
- Camilloni, I. (2005): Tendencias hidrológicas en la Argentina. Proyecto agenda ambiental regional-mejora de la gobernabilidad para el desarrollo sustentable. PNUD ARG/03/001, Fundación T. Di Tella- SAyDS.
- \_\_\_\_ (2006): Análisis de la habilidad de los modelos climáticos globales para representar la precipitación sobre el sur de Sudamérica y escenarios futuros. Proyecto de desarrollo de escenarios climáticos y estudios de vulnerabilidad. Fundación T. Di Tella- SAyDS.
- Camilloni, I. y V. Barros, (2003): “Extreme discharge events in the Paraná River and their climate forcing”. J. of Hydrology, 278, págs. 94-106.
- Camilloni, I. y M. Bidegain, (2005): “Escenarios climáticos para el siglo XXI”, págs. 33-40 en el libro El cambio climático en el Río de la Plata. Ed: V. Barros, A. Menéndez y G. Nagy. CIMA. Buenos Aires, 200 páginas.
- Carson, R.T. (1991), “Constructed Markets”. En Braden, J. & Kolstad, C. (eds) (1991) “Measuring the Demand for Environmental Quality”. North Holland, Amsterdam.
- Carbajo, A.E. (1997), Mapas de riesgo de transmisión de dengue por *Aedes aegypti* en la Argentina, Dto. Biología, FCEyN. UBA, Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires.
- Carbajo A.E., D. Vezzani y S.I. Curto (2007b), Mapas de riesgo de transmisión de paludismo en Argentina, X Simposio Internacional de Control Epidemiológico de Enfermedades Transmitidas por Vectores, Buenos Aires.
- Castro J. y Romero O. (2004), “Arroz: perspectiva de costos y márgenes para la campaña 2002/2003”, INTA.
- Chocovar N y C. Picci, 2003. Valuación económica aproximada del ecosistema de “Selva Tucumano Oranense” para las provincias de Salta y Jujuy.

- CIMA (2005), El cambio climático en el Río de la Plata. Ed: V. Barros, A. Menéndez y G. Nagy. Buenos Aires, 200 páginas.
- \_\_\_\_ (2006), El cambio climático en la cuenca del Plata. Ed: V. Barros, R. Clarke y P. Silva Dias. Buenos Aires, 230 páginas.
- CIMA/CONICET (2005): Modelos climáticos regionales, Argentina: Actividades habilitantes para la Segunda Comunicación Nacional sobre cambio climático. Buenos Aires, 21 páginas.
- CIMA/CONICET-Hidroestructuras SA (2006): Vulnerabilidad de la pampa bonaerense, Argentina: Actividades habilitantes para la Segunda Comunicación Nacional sobre cambio climático. Buenos Aires, 113 páginas.
- Codignotto, J., 2005: Vulnerabilidad, Riesgo y Áreas Críticas en las Áreas Costeras Marítimas de la Argentina. Proyecto Agenda Ambiental Regional - Mejora de la gobernabilidad para el desarrollo sustentable PNUD Arg./03/001, Fundación T. Di Tella- SAYDS, 2004.
- Costanza R., R. D'Arge, R. De Groot, S. Farberk, M. Grasso, H. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. O'Neill, J. Paruelo, R. Raskin, P. Suttonkk y M. Van den Belt (1997), "The value of the world's ecosystem services and natural capital", *Nature*, Vol. 387, págs. 253-260.
- \_\_\_\_ 1998. Special Section: Forum, on valuation of ecosystem services. The value of ecosystem services: putting the issues in perspective. *Ecological Economics* 25, págs. 67-72.
- Delacámara, G. (2008), Guía para decisores, Análisis económico de externalidades ambientales, CEPAL.
- Di Luca, A., I. Camilloni y V. Barros, (2006): "Sea-level pressure patterns in South America and the adjacent oceans in the IPCC AR4 models". 8th International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography. Abril de 2006, Foz de Iguazú. Proceedings, pág. 235.
- Dirección de estadísticas y censos de la provincia de Corrientes (2007). Anuario Estadístico 2007.
- Ebi K. L. (2008), "Adaptation costs for climate change-related cases of diarrhoeal disease, malnutrition, and malaria in 2030", doi:10.1186/1744-8603-4-9, *Globalization and Health*.
- EMEP/CORINAIR, 2003a, Emission Inventory Guidebook - 3rd edition, UPDATE, European Environmental Agency, Technical report No 30 (su060000).
- \_\_\_\_ 2004b, Emission Inventory Guidebook - 3rd edition, UPDATE, European Environmental Agency, Technical report No 30 (su060100).
- Ferreres, O. (Ed.) (2005). Dos siglos de economía argentina (1810-2004). Historia argentina en cifras. Fundación Norte y Sur. Buenos Aires.
- Freeman III, A. M. (1993). "The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods". Resource for the Future. Washington D. C.
- Fundación Bariloche (2008). Argentina: Diagnóstico, prospectivas y lineamientos para definir estrategias posibles ante el cambio climático. Buenos Aires.
- \_\_\_\_ (2005): Inventario de gases de efecto invernadero (GEI) 2000 y Revisión de los inventarios de GEI 1990. 1994 y 1997. Argentina: Actividades habilitantes para la Segunda Comunicación Nacional sobre cambio climático. Buenos Aires, 704 páginas.
- \_\_\_\_ (1997): Estudio de mitigación del cambio climático. Primera comunicación nacional del cambio climático, Buenos Aires, 218 páginas.
- Fundación Bariloche e Instituto de Estudios del Hábitat. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional de La Plata (2006): Medidas de eficiencia energética, Argentina: Actividades habilitantes para la Segunda Comunicación Nacional sobre cambio climático. Buenos Aires, 193 páginas.
- Fundación Ecológica Universal (2006): Vulnerabilidad de la producción agrícola en la región pampeana argentina, Argentina: Actividades habilitantes para la Segunda Comunicación Nacional sobre cambio climático. Buenos Aires, 83 páginas.
- Fundación Torcuato Di Tella (2005): Vulnerabilidad de la zona costera, Argentina: Actividades habilitantes para la Segunda Comunicación Nacional sobre cambio climático. Buenos Aires, 392 páginas.
- Fundación Torcuato Di Tella (2006a): Vulnerabilidad de la Patagonia y Sur de La Pampa y de Buenos Aires al cambio climático, Argentina: Actividades habilitantes para la Segunda Comunicación Nacional sobre cambio climático. Buenos Aires, 368 páginas.

- Fundación Torcuato Di Tella (2006b): Programa nacional de adaptación y planes regionales de adaptación, Argentina: Actividades habilitantes para la Segunda Comunicación Nacional sobre cambio climático. Buenos Aires, 295 páginas.
- \_\_\_\_ (2006c): Cambio climático y vulnerabilidad en la Argentina. Buenos Aires.
- Fundación Vida Silvestre Argentina (2006): Análisis del potencial de reducción de emisiones de GEI en el sector eléctrico y del GN en la República Argentina. Buenos Aires.
- Gasparri, N. I., H.R. Grau y E. Manghi (2008), Carbon pools and emissions from deforestation in extra-tropical forests of northern Argentina between 1900 and 2005. *Ecosystems* 11, págs. 1247-1261.
- Gasparri, N.I. y H.R. Grau (2009), Deforestation and fragmentation of Chaco dry forest in NW Argentina. *Forest Ecology and Management*.
- Georgiou, S., D. Whittington, D. Pearce y D. Moran (1997). *Economic Values and the Environment in the Developing World*. UNEP. Edward Elgar Publishing Limited. Cheltenham, Reino Unido.
- Girardin, L.O. (2007). “Negociações Internacionais: Futuro do Regime Climático”, em Marco Aurélio Conejero y otros (2007). “Negociações Internacionais: Futuro do Regime Climático. Mesa Redonda N°8. Coordenada por Jacques Marcovitch. III Conferencia Regional sobre Mudanças Globais – América do Sul. Instituto de Estudos Avançados, Universidade de São Paulo. Capítulo de Aspectos Econômicos das Mudanças Globais. Noviembre de 2007.
- Girardin, L.O. (2001). Informe Final del Proyecto “Identificación y valorización de los impactos ambientales en los segmentos de transporte y distribución de energía eléctrica”. Convenio de cooperación entre el Ente Regulador Nacional de la Electricidad (ENRE) y el Instituto de Economía Energética asociado a la Fundación Bariloche (IDEE/FB). Buenos Aires.
- \_\_\_\_ (2008). Impactos regionales asociados al cambio climático. Caso de estudio: Cono Sur de América del Sur. Fundación Bariloche. Taller Ecologista de Rosario. Buenos Aires, 75 páginas. Disponible en [www.fundacionbariloche.org.ar](http://www.fundacionbariloche.org.ar).
- \_\_\_\_ (2009a). “Mitos y realidades del papel del MDL en su contribución al cumplimiento del objetivo último de la Convención sobre Cambio Climático y al desarrollo sustentable. Oportunidades versus realidades. El caso de América Latina. Revista Barcelona Metrópolis N°74. Barcelona, Marzo.
- \_\_\_\_ (2009b). “Emisiones de gases de efecto invernadero en la Argentina. Evolución histórica y prospectiva” en *El Cambio Climático en la Argentina (2009)*. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, Buenos Aires. Marzo.
- Girardin, L.O. y otros (2003). Estudio de evaluación económica y de servicios ambientales en el área afectada por el aumento en el nivel de agua en los esteros del Iberá (Provincia de Corrientes-Argentina). Fundación Bariloche. Informe final. Buenos Aires. Diciembre.
- Girardin, L.O. (Ed.), H. Dubrovsky, G. Bravo y F. Groisman (2004). “Country Study: Argentina”, en H. Vanema y M. Cisse (2004), *Seeing the Light: Adapting to climate change with decentralized renewable energy in developing countries*. Fundación Bariloche, IISD; CCKN. Winnipeg, Manitoba, Canadá.
- Girardin, O. Vulnerabilidad y adaptación en la Argentina. Disertación en: [http://unfccc.int/files/adaptation/adverse\\_effects\\_and\\_response\\_measures\\_art\\_48/application/pdf/vulnerabilidad\\_y\\_adaptacion\\_en\\_la\\_argentina\\_-\\_l.\\_osvaldo\\_girardin\\_argentina.pdf](http://unfccc.int/files/adaptation/adverse_effects_and_response_measures_art_48/application/pdf/vulnerabilidad_y_adaptacion_en_la_argentina_-_l._osvaldo_girardin_argentina.pdf).
- Global Environmental Facility (GEF) (1999a). Streamlined Procedures for Incremental Cost Assessment, <http://www.gefweb.org/interior.aspx?id=364>.
- \_\_\_\_ (1999b). Report on Incremental Costs, including Principles for the Agreement Process for Incremental Costs. [http://www.gefweb.org/COUNCIL/GEF\\_C14/gef\\_c14\\_5.pdf](http://www.gefweb.org/COUNCIL/GEF_C14/gef_c14_5.pdf).
- Gobierno de la República Argentina (1997). Primera comunicación del Gobierno de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Buenos Aires.
- \_\_\_\_ (2007). Segunda Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Buenos Aires. Octubre.

- Gobierno de la República Argentina. Jefatura de Gabinete de Ministros (1998), “Informe de situación inundaciones, Provincias del litoral. [www.proyectoforestal.com.ar](http://www.proyectoforestal.com.ar).
- Grau, H.R., N.I. Gasparri y T.M. Aide, (2005), Agriculture expansion and deforestation in seasonally dry forests of north-west Argentina, *Environmental Conservation*. 32, págs.140-148.
- Griliches, Z. (1971). “Price Indexes and Quality Change”. Harvard University Press. Cambridge. Massachussets.
- Grimm, A., V. Barros y M. Doyle, (2000): “Climate variability in Southern South America associated with El Niño and La Niña Events”. *J Climate*, 13, págs. 35-58.
- Grupo Arrayanes Innovación y Soluciones Sustentables (2006): Mitigación del cambio climático mediante la captura de carbono, Argentina: Actividades habilitantes para la Segunda Comunicación Nacional sobre cambio climático. Buenos Aires, 169 páginas.
- Halsnaes, K. y A.Markandya (1999) Comparative assessment of GHG limitation costs and ancillary benefits for developing countries. Paper presented to the IPCC Meeting on costing Issues for Mitigation and Adaptation to Climate Change, GISPRI, Tokyo.
- Halsnaes, K. y A.Markandya, H.J. Meyer (1998) Economics of Greenhouse Gas Limitations, Main Report, UNEP Collaborating Centre on energy and Environment, Risoe National Laboratory, Dinamarca.
- Instituto de Estudios e Investigaciones sobre el Medio Ambiente (2006): Programa de entrenamiento, Argentina: Actividades habilitantes para la Segunda Comunicación Nacional sobre cambio climático. Buenos Aires, 608 páginas.
- Instituto de Estudios del Hábitat. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional de La Plata (2006). Estudio de mitigación de emisiones en el sector transporte, Argentina: Actividades habilitantes para la Segunda Comunicación Nacional sobre cambio climático. Buenos Aires, 78 páginas.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos, (2002). Encuesta nacional agropecuaria. Buenos Aires.
- \_\_\_\_ (2004), Estimaciones y proyecciones de población. Total del país 1950- 2015. Serie: Análisis Demográfico N °3, Buenos Aires.
- \_\_\_\_ (2002): Censo nacional agropecuario. Buenos Aires.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (1992). IPCC Special Report on Emission Scenarios 1992. Organización Meteorológica Internacional. Ginebra.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, (2000), Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, Panel Intergubernamental de Cambio Climático, Publicado por el Institute for Global Environmental Strategies (IGES).
- \_\_\_\_ (2003). Cambio Climático 2001: Informe de síntesis. Resumen para responsables de políticas. Cambridge University Press, USA.
- Intergovernmental Panel on Climate Change Working Group III (IPCC-WG-III) (2001) Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, NY, Estados Unidos.
- Jefatura de Gabinete de Ministros (1998), “Informe de situación inundaciones, provincias del litoral”. Versión actualizada del 29/07/98.
- Kahneman, D. y J. Knetsch (1992a). “Valuing Public Goods: The Purchase of Moral Satisfaction”. *Journal of Environmental Economics and Management*. 22:57-70.
- Kahneman, D. y J. Knetsch (1992b). “Valuing Public Goods: The Purchase of Moral Satisfaction. A Reply”. *Journal of Environmental Economics and Management*. 22:90-94.
- Kiszewski A., B. Johns, A. Schapira, C. Delacollette, V. Crowell, T. Tan-Torres, A. Birkinsh, T. Awash y F. Nafu-Traoré (2007), “Methodology for estimating the costs of global malaria control (2006–2015)”, Global Malaria Programme, Technical working paper, Organización Mundial de la Salud.
- \_\_\_\_ (2007). “Estimated global resources needed to attain international malaria control goals”, 85:623–630, *Bulletin of the World Health Organization*.

- Kokot, R y J. Codignotto, (2005): “Topografía” Capítulo 9 en el libro El Cambio Climático en el Río de la Plata. 2005. Eds. V. Barros, A. Menéndez y G. Nagy. CIMA. Buenos Aires, 200 páginas.
- Llop, Armando (2000), Economía del manejo de la calidad del agua subterránea en el este mendocino. Anales del XVIII Congreso Nacional del Agua, Santiago del Estero, Argentina.
- \_\_\_\_ (2006): Límites al crecimiento de las cuencas cuyanas ante los efectos del cambio climático. Proyecto de desarrollo de escenarios climáticos y estudios de vulnerabilidad. Fundación T. Di Tella- SAyDS.
- López, M. y R. Hosokawa. (1996). Valoración económica del ecosistema bosque; algunos aspectos a partir de la recuperación de áreas degradadas. Revista Forestal, Yvyrareta 6.
- Magrin, G.O. y M.I. Travasso (2002), An Integrated Climate Change Assessment from Argentina (Chapter 10) In: Effects of Climate Change and Variability on Agricultural Production Systems, Otto Doering III; J.C.Randolph; J.Southworth and R.A.Pfeifer (Eds). Kluwer Academic Publishers, Boston. Págs.193-219.
- Marglin, S. (1963). The Social Rate of Discount and the Optimal Rate of Investment, Quarterly Journal of Economics, Bol. 77, N° 1, 1963.
- Markandya, A. (1998). The Indirect Costs and Benefits of Greenhouse Gas Limitations, Economics of Greenhouse Limitation, Handbook Series, UNEP Collaborating Centre on energy and Environment, Risoe National Laboratory, Dinamarca.
- Markandya, A. y R. Boyd (1999). The Indirect Costs and Benefits of Greenhouse Gas Limitations, Case Study for Mauritius. Economics of Greenhouse Limitation, Country Study Series, UNEP Collaborating Centre on energy and Environment, Risoe National Laboratory, Dinamarca.
- Markandya, A. y K. Halsnaes (2001) Chapter 7 Costing Methodologies, in IPCC Group III (2001) Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, NY, USA.
- Mc Connell, K.E. (1985). “The Economics of Outdoor Recreation”. En Kneese, A. y J. L. Sweeney (1985-1993). Handbook of Natural Resources and Energy Economics. 3 vols. North Holland Handbook in Economics 6. Amsterdam.
- Menéndez, A y M. Re, (2005): “Hidrología del Río de la Plata”. Capítulo 3 en el libro El Cambio Climático en el Río de la Plata. 2005. Eds. V. Barros, A. Menéndez y G. Nagy. CIMA. Buenos Aires, 200 páginas.
- Ministerio de Salud del Perú (2001), Impacto económico de la Malaria en el Perú, Serie Vigía N°1.
- Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2005). Primer inventario nacional de bosques nativos. Proyecto bosques nativos y áreas protegidas. BIRF 4085-AR. 1998-2005. República Argentina. Informe nacional. Buenos Aires, diciembre de 2005.
- Mitchell, R.C. y R.T. Carson (1989). “Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method”. Resources for the Future. Washington D. C.
- Moore, S., S. Darling, M. Sihuíncha, N. Padilla y Devine, G, (2007) “A low-cost repellent for malaria vectors in the Americas: results of two field trials in Guatemala and Peru”, Malaria Journal, 6:101 doi:10.1186/1475-2875-6-101.
- Motto, Paolo (2001), “Valoración económica del bosque seco”, UE-COSV-CATER UNL, AIDCO/B762000/01/0378/TF.
- MR Consultores (2005) Mitigación de emisiones a través del desarrollo de la utilización de energías renovables, Argentina: Actividades habilitantes para la Segunda Comunicación Nacional sobre cambio climático. Buenos Aires, 193 páginas.
- Naciones Unidas (2008). World Economic Situation and Prospectives 2008. UN-DESA 2008.
- Neiff, J.J. y A. Poi de Neiff (2006), Situación ambiental de la ecoregión Iberá. Págs. 177-184. En Brown, A., U. Matinez Ortiz; M. Acerbi y J. Corcuera (eds.): La situación ambiental argentina 2005. Fundación Vida Silvestre Argentina.

- Neiff, J.J., A. Poi de Neiff y M.B. Canón Verón (2009), The role of vegetated areas on fish assemblage of the Paraná River floodplain: effects of different hydrological conditions. *Neotropical Ichthyology*.
- Neiff, J.J., A. Poi de Neiff, C.A. Patiño e I. Basterra de Chiozzi (2000), Prediction of colonization by macrophytes in the Yaciretá reservoir of the Paraná River. *Rev. Brasileira de Biol.* 60 (4): 615-626. Brasil. ISSN 0368-0770.
- Neiff, J.J., C.A. Patiño y S.L. Casco (2006), Atenuación de las crecidas por los humedales del Bajo Paraguay, págs. 261-276. En *Humedales fluviales de América del Sur. Hacia un manejo sustentable*. Fundación Proteger. 350 páginas.
- Nordhaus W.D. (1994). *Managing the Global Commons*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Nuñez, M., (2006): Desarrollo de escenarios climáticos en alta resolución para Patagonia y zona cordillerana. Período 2020/2030; Isoterma de 0° C. Proyecto de desarrollo de escenarios climáticos y estudios de vulnerabilidad. Fundación T. Di Tella- SAyDS.
- Nuñez, M. y S. Solman, (2006): Desarrollo de escenarios climáticos en alta resolución para Patagonia y zona cordillerana. Período 2020/2030. Proyecto de desarrollo de escenarios climáticos y estudios de vulnerabilidad. Fundación T. Di Tella- SAyDS.
- Organización Mundial de la Salud (2003) *Cambio climático y salud humana: riesgos y respuestas*.
- Palmquist, R.B. (1991). "Hedonic Method". En Braden, J. y C.D. Kolstad (Eds.) (1991). "Measuring the Demand for Environmental Quality". North Holland. Amsterdam.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD (2002). Argentina, "Manejo y conservación de la biodiversidad en los humedales de los esteros del Iberá, arg/02/g35 [www.sagpya.gov.ar](http://www.sagpya.gov.ar).
- \_\_\_\_ (2007). Informe sobre desarrollo humano 2007-2008. La lucha contra el cambio climático. Solidaridad frente a un mundo dividido. Nueva York – Madrid.
- Rabinovich y otros (1997). Evaluación económica de los bienes y servicios de la naturaleza en las selvas montañas de las yungas. Programa de investigación sobre metodologías de seguimiento. Evaluación de proyectos de manejo de recursos naturales en América Latina y El Caribe.
- República del Perú. Ministerio de Salud (2001), Impacto económico de la Malaria en el Perú, Serie Vigía N°1.
- Ríos, D. (2002): Vulnerabilidad, urbanizaciones cerradas e inundación en el partido de Tigre durante el período 1920-2000. Tesis de Licenciatura en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, 191 páginas.
- Ríos, Norfol (2003), "Estudio de los sistemas roductivos en montes nativos explotados en el Parque Chaqueño Subregión Chaco Semiárido", Biodiversidad (Vertebrados), Proyectos de investigación aplicada a los recursos forestales nativos, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.
- Ropelewski, C.F. y M.S. Halpert (1987): "Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation". *Monthly Weather Review*, 115, págs.1606-1626.
- Rosen, S. (1974), "Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition". *Journal of Political Economy*. 82:34-55.
- Rusticucci, M., S.A. Venegas y W.M. Vargas, (2003): "Warm and cold events in Argentina and their relationship with South Atlantic and South Pacific Sea surface temperatures", *J. Geophys. Res.*, 108(C11), 3356, doi:10.1029/2003JC001793.
- Sathaye, J. y D. Bouille (2001), Chapter 5 "Barriers, Opportunities and Market Potential of Technologies and Practices", in IPCC Group III (2001) *Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, NY, Estados Unidos.
- Saurral, R., R. Mezher y V. Barros, (2006): "Assessing long-term discharges of the Plata River". 8th International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography. Abril de 2006, Foz de Iguazú. Proceedings, pág. 821.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2005a). Parque Chaqueño Subregión Chaco Semiárido, Biodiversidad (Vertebrados), Proyectos de investigación aplicada a los recursos forestales nativos. <http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=947>.

- \_\_\_\_\_ (2005b). Parque Chaqueño Subregión Chaco Semiárido, Impacto, Proyectos de investigación aplicada a los recursos forestales nativos. <http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=947>.
- \_\_\_\_\_ (2005c). Parque Chaqueño Subregión Chaco Semiárido, Manejo del Bosque de Quebracho, Proyectos de investigación aplicada a los recursos forestales nativos. <http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=947>.
- \_\_\_\_\_ (2005d) “Segunda Comunicación de cambio climático, Vulnerabilidad de la zona costera”.
- \_\_\_\_\_ (2005e) “Segunda Comunicación de cambio climático, Vulnerabilidad de la Patagonia y sur de las provincias de Buenos Aires y la Pampa”.
- Secretaría de Energía de la Nación (2003), Balance energético nacional 2000. Bases de datos energéticas de la Secretaría de Energía de la Nación, Serie 1980-2003. Buenos Aires.
- \_\_\_\_\_ (2008). Elementos para el diagnóstico y desarrollo de la planificación energética nacional (2008-2025). Grupo de planeamiento estratégico. Buenos Aires. Diciembre.
- Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable (1999), Inventario de gases de efecto invernadero de la República Argentina, Buenos Aires, octubre de 1997, 150 páginas.
- \_\_\_\_\_ (1999). Revisión de la primera comunicación del Gobierno de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Octubre.
- Sejenovich, H. y G. Gallo Mendoza, 1996. Manual de cuentas patrimoniales. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Fundación Bariloche (FB).
- Sen, A. (1961). On optimizing the rate of saving, *Economic Journal*, Vol. 71, N° 283.
- Serman y Asociados S.A. (2006): Impactos socioeconómicos del cambio climático en la República Argentina, Argentina: Actividades habilitantes para la Segunda Comunicación Nacional sobre cambio climático. Buenos Aires, 344 páginas.
- Smith, V.K. (1992). “Arbitrary Values, Good Causes and Premature Verdicts”. *Journal of Environmental Economics and Management*. 22:71-89.
- SORS (2006): Vulnerabilidad del sistema y de la infraestructura energética, Argentina: Actividades habilitantes para la Segunda Comunicación Nacional sobre cambio climático. Buenos Aires, 318 páginas.
- Stern, N. (2006). *Stern Review: The Economics of Climate Change*. H. M. Treasury. Londres.
- \_\_\_\_\_ (2006). *Stern Review on the economics of climate change*. Disponible en: [http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+/http://www.hm-treasury.gov.uk/independent\\_reviews/stern\\_review\\_economics\\_climate\\_change/stern\\_review\\_report.cfm](http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+/http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm).
- Suaya, J.A., D.S. Shepard, J.B. Siqueira, C. Martelli, L. Lum, L. Huat Tan, S. Kongsin, S. Jiamton, F. Garrido, R. Montoya, B. Armien, R. Huy, L. Castillo, M. Caram, B. Sah, R. Sughayyar, K. Tyo y B. Halstead (2009), “Cost of Dengue Cases in Eight Countries in the Americas and Asia: A Prospective Study”; *The American Society of Tropical Medicine and Hygiene*.
- Tucci, C.E. (2003): “Variabilidade climática e o uso do solo na bacia brasileira do Prata” págs. 163-242 en el libro *Clima e Recursos Hídricos no Brasil*. Editores C. Tucci y B. Braga. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 348 páginas.
- UNEP/WMO/IPCC/OECD/IEA (1997). Guías del IPCC para la elaboración de inventarios Nacionales de gases de efecto invernadero. Versión revisada 1996. Volumen I – Instrucciones para la elaboración de los informes, Volumen II - Libro de trabajo y Volumen III – Manual de referencias. IPCC WGI Technical Support Unit. Headley Centre. Meteorological Office. London Road. Londres.
- UNEP/WMO/IPCC/OECD/IEA/IGES (2000). Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Programa del IPCC sobre inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Secretaría del IPCC. Ginebra.
- \_\_\_\_\_ (2004). Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, en el sector uso del suelo, cambio en el uso del suelo y silvicultura. Programa del IPCC sobre inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Secretaría del IPCC. Ginebra.

- UNFCCC (2004). Guías para las comunicaciones nacionales para las partes No Anexo I (Decisión 17/CP.8) Secretaría de la CMNUCC 2004: Manual del usuario para las directrices sobre comunicaciones nacionales de las partes No-Anexo I, 38 páginas.
- \_\_\_\_ (2008) Resource guide for preparing the national communications of non-annex I parties. Module 4: measures to mitigate climate change. Munich, Alemania.
- United States-Department of Energy (2008). Indicadores macroeconómicos. US-DOE - AEO-2008. Reference Case.
- Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (2006): Mitigación de emisiones a través de la reducción de las emisiones de metano entérico, Argentina: Actividades habilitantes para la Segunda Comunicación Nacional sobre cambio climático. Buenos Aires, 206 páginas.
- Universidad Nacional del Litoral. Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (2006): Vulnerabilidad de los recursos hídricos del litoral-Mesopotamia. Argentina: Actividades habilitantes para la Segunda Comunicación Nacional sobre cambio climático. Buenos Aires, 1129 páginas.
- Vera, L. y F. Larocca (2004), “Evaluación económica de la producción de madera de eucalipto en el nordeste de Entre Ríos, manejo tradicional vs. manejo con raleos, INTA EEA Concordia.
- Viglizzo E., A.J. Pordomingo, M. Castro y F. Lértora 2002. La sustentabilidad ambiental del agro pampeano. Programa nacional de gestión ambiental agropecuaria. Ed. INTA. ISBN 987-521-052-8.
- World Economic Forum (2008). The Global Competitiveness Report 2007-2008.
- [www.proyectoforestal.com.ar](http://www.proyectoforestal.com.ar)
- [www.sagpya.gov.ar](http://www.sagpya.gov.ar) (hoy [www.minagri.gob.ar](http://www.minagri.gob.ar))



# La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe



CEPAL

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)  
Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC)  
[www.cepal.org](http://www.cepal.org)