

# LA ECONOMÍA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL URUGUAY



NACIONES UNIDAS

CEPAL



PRESIDENCIA  
REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY

**La economía del cambio climático en el Uruguay**  
**Síntesis**

**Alicia Bárcena**  
Secretaria Ejecutiva

**Antonio Prado**  
Secretario Ejecutivo Adjunto

**Joseluis Samaniego**  
Director  
División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos

**Susana Malchik**  
Oficial a cargo  
División de Documentos y Publicaciones

Los montos que se indican en dólares corresponden a la denominación en dólares de los Estados Unidos.  
Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los funcionarios y consultores que colaboraron en él y pueden no coincidir con las de las organizaciones y gobiernos involucrados.  
Los límites y los nombres que figuran en los mapas de este documento no implican su apoyo o aceptación oficial por las Naciones Unidas.  
La elaboración de los gráficos y cuadros que aparecen en esta publicación estuvo a cargo de los autores, salvo que se indique otra cosa.

Este documento debe ser citado como:  
CEPAL, 2010. La economía del cambio climático en el Uruguay. Síntesis.

Foto portada ©iStockphoto.com/José Carlos Pires Pereira  
Publicación de las Naciones Unidas

---

LC/W.330  
Copyright © Naciones Unidas, Octubre de 2010. Todos los derechos reservados  
Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile

---

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

# LA ECONOMÍA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL URUGUAY

Síntesis



NACIONES UNIDAS

CEPAL



PRESIDENCIA  
REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY

**Coordinador en el Uruguay:**

Pedro Barrenechea

**Consultores temáticos:**

Alvar Carranza y Álvaro Soutullo (biodiversidad)  
Carmen Ciganda (salud)  
Rossana Gaudio (energía)  
Daniela Guerra (asistencia técnica)  
Daniel Martino (sector agropecuario)  
Gustavo Sención (recursos costeros)  
Gabriela Horta (recursos hídricos e inventarios de gases de efecto invernadero)  
Miguel Horta y Carlos Roda (desechos)  
Marcelo Pérez (análisis econométrico)

**Equipo CEPAL:**

Joseluis Samaniego, Director, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos  
Carlos de Miguel, Oficial de Asuntos Ambientales, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos  
José Javier Gómez, Oficial de Asuntos Económicos, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos  
Luis Miguel Galindo, Experto, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos  
Karina Martínez, Consultora, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos  
Oscar Cetrángolo, Experto en Políticas Públicas, Oficina de la CEPAL en Buenos Aires

**Panel asesor nacional:**

Álvaro Inchauspe, Ministerio de Economía y Finanzas  
Luis Santos, Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente

**Panel asesor internacional:**

Daniel Bouille, Asesor en mitigación  
Graciela Magrin, Asesora en adaptación  
Gustavo Nagy, Asesor en adaptación  
José Marengo, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)  
Lincoln Muniz, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

**Colaboraciones técnicas:**

Mario Bidegain, Facultad de Ciencias  
Walter Baethgen, Universidad de Columbia  
Mario Caffera, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca  
Gonzalo Souto, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca  
Autoridades y técnicos de las siguientes instituciones:  
Unidad de Cambio Climático, Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente  
Unidad de Apoyo al Sector Privado, Ministerio de Economía y Finanzas  
División Salud Ambiental y Ocupacional, Ministerio de Salud Pública  
Programa EcoPlata  
División Estrategias, Oficina de Planeamiento y Presupuesto, Presidencia de la República  
Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático y Variabilidad

Este estudio fue posible gracias a la colaboración y apoyo financiero de:



## Índice

<b>Prólogo.....</b>	<b>9</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>11</b>
<b>I. El cambio climático en el Uruguay .....</b>	<b>15</b>
<b>II. Situación macroeconómica y demográfica del Uruguay .....</b>	<b>18</b>
A. Desarrollo sostenible y emisiones de gases de efecto invernadero.....	19
B. Escenarios macroeconómicos.....	20
<b>III. La metodología del análisis económico del cambio climático.....</b>	<b>21</b>
<b>IV. Impactos económicos: vulnerabilidad al cambio climático y a los eventos extremos...26</b>	
A. Recursos hídricos .....	26
B. Energía.....	29
C. Sector agropecuario y uso del suelo .....	30
D. Biodiversidad .....	34
E. Recursos costeros y aumento del nivel del mar .....	35
F. Eventos extremos .....	39
G. Salud.....	41
H. Finanzas públicas, sector externo y empleo.....	41
I. Impacto agregado esperado.....	43
<b>V. Procesos de adaptación en curso y medidas propuestas.....</b>	<b>49</b>
A. Evidencia de los procesos de adaptación: ejemplos y cuantificación .....	49
B. Propuestas de adaptación: descripción y estimación de los costos.....	50
1. Sector agropecuario y uso del suelo.....	50
2. Biodiversidad .....	51
3. Recursos costeros .....	52
<b>VI. Procesos orientados a mitigar el cambio climático.....</b>	<b>53</b>
A. Escenarios base de dióxido de carbono equivalente .....	53
1. Energía.....	53
2. Uso del suelo y cambios en el uso del suelo.....	56
3. Residuos .....	56

B. Opciones y costos de los procesos de mitigación del cambio climático: curva de costos de abatimiento .....	57
1. Energía .....	58
2. Sector agropecuario y uso del suelo .....	62
3. Residuos .....	64
4. Costo total de la mitigación .....	65
<b>VII. Síntesis de la valuación del cambio climático en el Uruguay .....</b>	<b>70</b>
<b>VIII. Estrategias de cambio climático en el Uruguay .....</b>	<b>72</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>74</b>

### Índice de cuadros

Cuadro II.1	Uruguay: emisiones de gases de efecto invernadero, por categoría, 1990-2002 .....	20
Cuadro III.1	Uruguay: estimaciones de la temperatura media y la precipitación media, por escenario .....	22
Cuadro III.2	PIB total y per cápita, por escenario, 2006-2100 .....	23
Cuadro IV.1	Demanda actual de agua .....	27
Cuadro IV.2	Demanda de agua, 2100 .....	27
Cuadro IV.3	Consumo de agua potable, por escenario, 2030-2100 .....	28
Cuadro IV.4	Uso del suelo, 2000-2030 .....	32
Cuadro IV.5	Valor bruto de la producción y PIB del sector agropecuario, por escenario, 2007-2100 .....	33
Cuadro IV.6	Biodiversidad: impactos económicos, por escenario .....	35
Cuadro IV.7	Recursos costeros: impactos económicos del cambio climático en el escenario dinámico con cambio climático (A2), 2100 .....	37
Cuadro IV.8	Recursos costeros: impacto total, por escenario, 2010-2100 .....	38
Cuadro IV.9	Sector turismo: impactos totales del cambio climático, 2006-2100 .....	38
Cuadro IV.10	Impactos de los eventos hidrometeorológicos extremos, 2030-2100 .....	40
Cuadro IV.11	Resumen de los impactos sectoriales .....	44
Cuadro IV.12	Costos totales acumulados de los impactos del cambio climático, 2050 .....	46
Cuadro IV.13	Costos totales acumulados de los impactos del cambio climático, 2100 .....	47
Cuadro IV.14	Costos totales acumulados de los impactos del cambio climático, 2050 .....	47
Cuadro IV.15	Costos totales acumulados de los impactos del cambio climático, 2100 .....	48
Cuadro V.1	Biodiversidad: costos de las medidas de adaptación .....	51
Cuadro V.2	Recursos costeros: costos de las medidas de adaptación .....	52
Cuadro VI.1	Escenario tendencial: prospectiva de la demanda final total de energía, por sector, 2006-2030 .....	54
Cuadro VI.2	Escenario tendencial: estructura de la demanda final, por fuente, 2006-2030 .....	54
Cuadro VI.3	Escenario tendencial: emisiones de gases de efecto invernadero, 2006-2030 .....	55
Cuadro VI.4	Escenario de base: emisiones netas de gases de efecto invernadero del sector agropecuario, 2030-2100 .....	56
Cuadro VI.5	Medidas de mitigación del sector energético: emisiones evitadas y costos de reducción de emisiones .....	60
Cuadro VI.6	Costos totales del programa de mitigación en el sector energético .....	62
Cuadro VI.7	Emisiones netas totales del programa de mitigación del sector agropecuario, 2030-2100 .....	63
Cuadro VI.8	Escenario con mitigación: estimación de las reducciones netas del sector ganadero .....	64
Cuadro VI.9	Costos de las medidas de mitigación del sector agropecuario, 2030-2100 .....	64

Cuadro VI.10	Escenarios de base: mitigación en la economía uruguaya, por sector .....	66
Cuadro VI.11	Costos de la mitigación del cambio climático en la economía uruguaya, por sector .....	66
Cuadro VI.12	Costos acumulados de las medidas de mitigación en la economía uruguaya, 2050 .....	67
Cuadro VI.13	Costos acumulados de las medidas de mitigación en la economía uruguaya, 2100 .....	67
Cuadro VI.14	Emisiones evitadas y costos de las reducciones .....	68

### Índice de gráficos

Gráfico I.1	Uruguay: variables climáticas .....	16
Gráfico III.1	Crecimiento promedio del PIB, 1970-2006.....	23
Gráfico IV.1	Demanda final de energía, por escenario, 2006-2100 .....	29
Gráfico IV.2	Uso del suelo en los escenarios A2 y B2, 2000-2030.....	31
Gráfico IV.3	Uruguay: resumen de los efectos del cambio climático, 2030-2100 .....	45
Gráfico VI.1	Escenario tendencial: demanda final total de energía, 2006-2100 .....	55
Gráfico VI.2	Evolución del sector residuos, 2006-2100.....	57
Gráfico VI.3	Demanda final total de energía, por escenario, 2006-2100 .....	59
Gráfico VI.4	Emisiones de gases de efecto invernadero del sector energético, por escenario .....	59
Gráfico VI.5	Curva de costos de abatimiento de emisiones de gases de efecto invernadero en el sector energético, 2030 .....	61
Gráfico VI.6	Escenarios proyectados: emisiones de gases de efecto invernadero del sector residuos.....	65
Gráfico VI.7	Curva de costos de abatimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero .....	69

### Índice de diagramas

Diagrama III.1	Esquema metodológico del análisis de la economía del cambio climático .....	25
----------------	---	----



## Prólogo

El fenómeno del cambio climático, que se traduce en un aumento de la temperatura media, modificaciones en la frecuencia de las precipitaciones, aumento del nivel del mar, mayor frecuencia e intensidad de eventos extremos, cambios en la matriz energética, modificaciones en la calidad y el uso del suelo y problemas en la disponibilidad de agua, entre otros, es uno de los más grandes desafíos que enfrenta la humanidad.

El reto de adaptarse a las nuevas condiciones climáticas y, simultáneamente, participar en una estrategia internacional de mitigación supone costos socioeconómicos de tal magnitud que transforman al cambio climático en un factor condicionante esencial de las características y opciones de desarrollo económico de las próximas décadas.

Ante este nuevo escenario, existen oportunidades que hay que aprovechar y la única manera de enfrentar un tema como este, que afecta a todas las áreas del Estado, es coordinando las medidas que se aplican en el Uruguay, en América Latina y el Caribe y en el mundo.

Una de las premisas del Gobierno del Uruguay es abordar el problema del cambio climático, que ya es una realidad y nos afecta claramente. Entendemos que aún estamos a tiempo de tomar medidas efectivas para minimizar sus efectos negativos. No obstante, dada la magnitud del cambio climático, sus múltiples aspectos, los impactos que provoca y la cantidad de actores que involucra es imprescindible contar con información actualizada sobre este fenómeno y sus implicaciones a nivel nacional.

En este estudio se analizan los efectos económicos que puede tener el cambio climático en el Uruguay y se presentan escenarios socioeconómicos y climáticos hasta 2100 que permiten visualizar con mayor claridad las consecuencias del fenómeno. Asimismo, en el marco de este estudio se proponen y evalúan diversas medidas de adaptación y mitigación en los sectores analizados.

Los resultados no deben considerarse pronósticos exactos, dado que existen altos márgenes de incertidumbre en la realización de los cálculos. No obstante, son reveladores. El Uruguay enfrentará aumentos progresivos de la temperatura media que rondarán los tres grados centígrados a finales de siglo y un leve incremento de las precipitaciones en un contexto de mayor variabilidad, mayor frecuencia e intensidad de eventos extremos y un aumento del nivel medio del mar.

Una visión que no considere la equidad intergeneracional y solo valore el presente, alentará la inacción y desviará la atención de las soluciones de largo plazo, toda vez que algunos sectores, como el agrícola, pueden obtener beneficios transitorios. Sin embargo, a nivel nacional, las consecuencias negativas de largo plazo del cambio climático son innegables, lo que pone de manifiesto la importancia de que se dediquen esfuerzos y recursos al diseño y la planificación de políticas de adaptación.

El Uruguay tiene la posibilidad y el compromiso de contribuir a la mitigación de este problema. Para 2100 se anticipa en el país un escenario con importantes incrementos de emisiones de gases de efecto invernadero en ausencia de acciones de mitigación, siendo los sectores energéticos los principales emisores debido al sostenido aumento de la demanda y la necesidad de recurrir cada vez más a fuentes térmicas. Esto se verá agravado por las emisiones de metano de la ganadería ante el desarrollo futuro del sector agropecuario. En el documento se muestran numerosas opciones de mitigación que ofrecen beneficios al país y que orientan sobre el camino a seguir.

El estudio de la economía del cambio climático en el Uruguay refleja el compromiso que tanto el gobierno nacional como la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) tienen respecto de este tema. La CEPAL ha estado a cargo de la coordinación técnica de esta iniciativa a escala latinoamericana y caribeña, manteniéndose el estudio del Uruguay dentro de los mismos lineamientos técnicos y organizativos que los de los demás países que integran el proceso. El apoyo a este estudio por parte del Gobierno del Uruguay se enmarca en el Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático y Variabilidad, creado a partir del decreto núm. 238/009 de 20 de mayo de 2009. El Sistema, coordinado por el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA), cuenta con el apoyo de otras dependencias del sector público, así como del sector privado. A su vez, para conducir este estudio se formó un panel asesor, para el que se convocó no solo al MVOTMA, sino también al Ministerio de Economía y Finanzas, que facilitó la participación y el intercambio de información y conocimiento de las demás instituciones públicas.

El cambio climático presenta una serie de desafíos para el Uruguay que tienen que resolverse por medio del esfuerzo de la sociedad en su conjunto. Este estudio, que suma el aporte de valiosos especialistas en diferentes ámbitos (agropecuario, energético, de recursos costeros, desechos, biodiversidad, salud, economía) a la colaboración de calificados técnicos de diversas instituciones públicas y privadas del país, es un ejemplo de ello. Las conclusiones revelan la importancia del tema y la necesidad imperiosa de contar con un canal de comunicación para su difusión. El Gobierno del Uruguay y la CEPAL reiteran su compromiso de seguir profundizando esta investigación y desarrollar el conocimiento necesario para que todos los actores puedan tomar decisiones informadas, tanto para contribuir a la prevención del cambio climático como para reducir sus consecuencias adversas sobre los habitantes del Uruguay.

**Alicia Bárcena**  
Secretaría Ejecutiva  
Comisión Económica para  
América Latina y el Caribe (CEPAL)

**José Mujica**  
Presidente  
República Oriental del Uruguay

## Introducción

Este documento es la síntesis del Estudio de la Economía del Cambio Climático en el Uruguay, que se inscribe en el Estudio Regional de la Economía del Cambio Climático en América Latina y el Caribe (ERECC-LAC), una iniciativa encabezada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

El estudio se llevó a cabo en conjunto con otros países de América Latina en el marco del ERECC-LAC, usando los mismos escenarios climáticos y tasas de descuento para evaluar los impactos, lo que constituye un paso esencial a los efectos de generar información confiable y cotejada, que pueda ser agregada y comparada a nivel regional.

El fenómeno del cambio climático debe ser estudiado en el largo plazo para poder captar sus efectos y las modificaciones estructurales que provoca en las sociedades. Para ello, en primer término, se ha recurrido a dos escenarios climáticos con horizonte temporal a 2100, correspondientes a los escenarios A2 y B2 definidos por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), que fueron desarrollados por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales del Brasil (INPE) para el Estudio Regional de la Economía del Cambio Climático en América del Sur, con proyecciones mensuales de las principales variables climáticas y un modelo de reducción de escala estadística a 50 km<sup>2</sup>. En el escenario A2, se espera un aumento de la temperatura de algo más de 3°C al final del período, mientras que en el B2 se espera una suba algo menor y un escaso incremento de las precipitaciones, acompañadas de una mayor variabilidad interanual. Tomando en cuenta los escenarios del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, las principales consecuencias del cambio climático en el Uruguay serán una mayor frecuencia e intensidad de los eventos extremos y un aumento del nivel medio del mar.

Luego, se formularon escenarios socioeconómicos para 2100, sobre la base de los elaborados por la Oficina de Planeamiento y Presupuesto (OPP) para la Estrategia Uruguay III Siglo, que consideran una hipótesis de significativa dinámica económica y elevado uso de los recursos naturales y otra con una menor dinámica económica y un mayor cuidado de los recursos naturales. Estos escenarios socioeconómicos que, en principio, no toman en cuenta los impactos del cambio climático se utilizaron para confeccionar los diferentes estudios sectoriales desarrollados en este trabajo. A ellos se agregaron escenarios que sí incluían los efectos del cambio climático, basados en diversas metodologías, a partir de los cuales se construyeron escenarios sectoriales —con y sin los impactos del cambio climático— usando 2100 como horizonte temporal.

En este trabajo se intentó cubrir numerosos sectores afectados por el cambio climático y se logró un alcance satisfactorio, lo que permite afirmar que los resultados son una buena muestra de los posibles impactos económicos a largo plazo, independientemente de que el estudio podría mejorarse con mayores datos —una de las graves limitaciones del estudio— y la cobertura exhaustiva de algunos sectores, como la salud, o la actualización de otros, por ejemplo, los recursos hídricos.

Respecto del sector agropecuario, se elaboraron escenarios para las principales producciones agrícolas, pecuarias y forestales, sobre la base de estudios locales, regionales e internacionales, y se tomaron en cuenta los efectos del cambio climático en la productividad agrícola, que exhibió un mayor rendimiento ante el aumento de la temperatura hasta un punto donde el proceso empieza a revertirse. Por tanto, en el escenario A2 el cambio climático beneficiaría al sector agropecuario en las próximas décadas y luego tendría efectos negativos en la segunda mitad del siglo, mientras que en el escenario B2 las consecuencias serían positivas durante todo el período, siempre y cuando se utilicen técnicas de manejo que no degraden ni desertifiquen los suelos ante la ampliación de la frontera agrícola prevista en las hipótesis.

En esta oportunidad, los impactos en la biodiversidad se midieron con un modelo internacional adaptado al Uruguay, que valora económicamente los productos que se pueden obtener de los servicios ecosistémicos terrestres en este caso. El aumento de la temperatura y el ligero incremento de las precipitaciones y su variabilidad provocarían una pérdida apreciable del valor económico de la biodiversidad en ambos escenarios considerados, lo que constituiría uno de los resultados negativos obtenidos en este estudio y, en cierta forma, la contracara del beneficio para el sector agropecuario.

El estudio de los recursos hídricos se basó en los resultados de un trabajo previo, que mostraba una mayor demanda de agua que no llegaba a poner en riesgo la capacidad de las distintas cuencas hidrográficas, a excepción de la correspondiente a la laguna Merín, ya comprometida por la actual demanda. Asimismo, se estimó el impacto económico provocado por el aumento de la temperatura en la demanda de agua potable, que arrojó un efecto negativo de relativa significancia, sobre todo en el escenario A2.

En cuanto al sector energético, se analizaron escenarios de demanda utilizando un modelo internacional desarrollado a estos efectos para el Uruguay para 2030. Luego, sobre la base de los escenarios socioeconómicos formulados y de supuestos sobre la intensidad energética futura, se extrapolaron los resultados a 2100, incorporando los impactos del cambio climático con un modelo econométrico. A partir de allí, se definieron las fuentes energéticas que se usarán para enfrentar la creciente demanda, teniendo en cuenta que no se podría ampliar la oferta hidroenergética, por lo que se debería recurrir a fuentes térmicas.

Los recursos costeros también se sometieron a un análisis con un modelo elaborado para estimar, en particular, las áreas de inundación costera y a estudios previos sobre la erosión. Se supuso que en el escenario A2 el nivel medio del mar aumentaría un metro hasta 2100, mientras que en el escenario B2 el incremento sería menor. Con ello, se estimaron los impactos económicos en las poblaciones, las viviendas, la infraestructura, la biodiversidad y el turismo de las zonas costeras afectadas, que arrojaron una pérdida significativa para la economía uruguaya, sobre todo en la segunda mitad del siglo.

En cuanto al turismo, se aplicó un modelo econométrico y se concluyó que el aumento de la temperatura favorecería el ingreso de turistas, solo contrarrestado en parte por mayores precipitaciones estivales, pues en el escenario los principales atractivos son el sol y la playa. Por otra parte, al incluir el impacto negativo causado por las inundaciones y la erosión de las playas, el resultado global muestra un beneficio económico en las próximas décadas, que se torna negativo en la segunda mitad del siglo por los efectos del aumento del nivel medio del mar.

Por último, se estimaron los efectos del cambio climático en los eventos extremos, por medio de modelos de asignación de probabilidades, con hipótesis basadas en un aumento de su frecuencia y

costos en las próximas décadas, independientemente de los fenómenos El Niño —sequías— y La Niña —inundaciones—. Los resultados obtenidos indican que las pérdidas son considerables y crecientes a lo largo del período y, sobre todo, en el escenario A2.

Los resultados de estos escenarios sectoriales se aplicaron a un modelo para extrapolarlos a toda la economía e incluir los impactos económicos indirectos. Así, se obtuvo una estimación del impacto económico total del fenómeno del cambio climático, basada en los escenarios climáticos y socioeconómicos considerados, a la que se agregan las limitaciones de la información disponible en el Uruguay y las propias incertidumbres del fenómeno y sus consecuencias. De todas maneras, ello permite definir las áreas de estudio, los caminos que se deben recorrer y las acciones prioritarias para adaptarse o mitigar los efectos del cambio climático futuro. Por último, los impactos económicos totales se actualizaron a diversas tasas de descuento para reflejar la incertidumbre inherente a estos cálculos, que valorizan más los datos presentes y más cercanos.

Sobre la base de estos cálculos y los supuestos adoptados en el estudio, los impactos totales del cambio climático tendrían un costo considerable para la economía uruguaya en las próximas décadas: unos 3.700 millones de dólares en promedio, a precios de 2008 —es decir, casi el 10% del PIB de 2008— y en cifras acumuladas desde el presente hasta 2050 actualizadas a una tasa del 4% anual. Este costo podría elevarse a casi 20.000 millones de dólares, con una tasa de descuento de solo el 0,5% anual y en el escenario climático más adverso. Por su parte, si se acumulan los impactos hasta 2100 —descontados a la primera tasa—, los costos llegarían a casi 11.000 millones de dólares (un 25,2% del PIB de 2008). En términos sectoriales, se destaca que el agro arrojaría beneficios, que se verían contrarrestados con holgura por los costos de la mayor frecuencia e intensidad de los eventos extremos, los efectos en la biodiversidad y el aumento de la demanda energética.

Estos costos muestran las implicancias del cambio climático para el futuro del país, lo que pone de manifiesto la necesidad de dedicar esfuerzos y recursos para diseñar y formular políticas de adaptación al cambio climático. Cabe resaltar que el Uruguay ya ha iniciado este proceso, aunque todavía en forma incipiente, donde destacan la siembra directa, los seguros agrícolas, los estudios sobre productividad agrícola de emergencia, los proyectos sobre el área costera y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Uruguay, entre otras acciones. Además, la creación y puesta en funcionamiento del Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático y la Variabilidad es una iniciativa que contribuirá en forma significativa en este sentido.

En este estudio se han identificado y propuesto medidas de adaptación al cambio climático donde se priorizan el conocimiento y el monitoreo de la biodiversidad, dada su relevancia para los costos futuros del fenómeno, así como medidas para la zona costera orientadas a remediar las áreas en peligro de erosión o ya erosionadas y aquellas inundables por el aumento del nivel del mar. A ello se agregan acciones en el sector agropecuario para enfrentar los efectos de la temperatura en los rendimientos, sobre todo por medio del riego. Estas propuestas tendrían un costo del orden de 2.400 millones de dólares —el 7% del PIB de 2008—, con un descuento del 4% anual, lo que muestra a todas luces que son muy inferiores a los costos del impacto económico del cambio climático estimados en esta oportunidad.

Por último, cabe referirse también a las causas del cambio climático y visualizar los escenarios futuros respecto a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en 2100. Se observan considerables incrementos de las emisiones en un escenario de base sin acciones de mitigación por parte del país, donde los principales sectores son el energético —dado el sostenido aumento de la demanda a largo plazo, que recurre cada vez más a las fuentes térmicas— y el agropecuario, sobre todo a causa de las emisiones de metano de la actividad ganadera. En tercer lugar se ubica el sector de los desechos, a causa de los impactos de los residuos sólidos urbanos y los efluentes líquidos. En estos escenarios, las emisiones de gases de efecto invernadero alcanzan casi los 6.000 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e) hasta 2100.

Frente a ello, en el sector agropecuario se proponen medidas de mitigación para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero por unidad de producto, basadas en acciones tendientes a intensificar la producción de carne y la rotación de los cultivos y las pasturas, junto a diversas medidas de eficiencia energética, uso de energías renovables y mayor penetración del gas natural, entre otras, además del manejo de los residuos y los efluentes para generar energía o biogás. Estas medidas disminuirían las emisiones netas de gases de efecto invernadero, correspondientes a un 35% de las emisiones del escenario de base, es decir, más de 2.000 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente. Al incorporar los costos estimados en esta oportunidad de las medidas de mitigación planteadas, el costo medio se ubicaría en los 11,4 dólares por tonelada de dióxido de carbono equivalente, un valor relativamente bajo en la actualidad si se toma en cuenta que en el mercado internacional se pagan valores similares por los certificados de reducciones de emisiones (CER) de gases de efecto invernadero de los proyectos implementados en el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto. Por su parte, los costos acumulados totales de estas medidas de mitigación alcanzarían los 4.100 millones de dólares hasta 2100 —el 12,8% del PIB de 2008—, a una tasa de descuento del 4% anual, lo que permitiría reducir el 35% del total de las emisiones con un considerable esfuerzo por parte del Uruguay.

Los resultados obtenidos han permitido cumplir con el objetivo central del estudio, ya que permiten que el Uruguay cuente con un análisis exhaustivo de los impactos económicos del cambio climático en el país, más allá de las limitaciones por falta de información en esta temática en la mayoría de los sectores económicos. A su vez, se ha podido cumplir con el objetivo específico de identificar y proponer acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático sobre la base de una estrecha colaboración con los actores nacionales públicos y privados. Con este estudio también se espera contribuir al desarrollo de capacidades a nivel local relativas al cambio climático, en especial económicas y sociales, donde se observan las mayores limitaciones.

Por último, cabe agregar que este estudio ha dejado también algunas enseñanzas sobre el fenómeno del cambio climático y sus impactos, que trascienden su alcance socioeconómico, ya que mostró la relevancia de estos impactos en los diversos niveles en que pueden estudiarse los sectores analizados. Ello reveló diversas vulnerabilidades y, en cierta forma, las ordenó en forma sistemática según criterios de importancia relativa, por lo que abrió campos futuros de investigación que pueden aportar al Uruguay beneficios significativos frente a este fenómeno.

A su vez, permitió ver con cierta claridad los alcances de la información disponible en la actualidad, que es bastante más profusa y significativa de lo que se pensaba a principios del proyecto. Sin embargo, los datos también adolecen de graves limitaciones en algunos campos, lo que obligó a definir un conjunto considerable de supuestos y trabajar con tenacidad para subsanar, al menos en parte, la acotada información, tanto científica como estadística. Por tanto, el estudio ha cumplido con el objetivo central de brindar información clave sobre los impactos del cambio climático y permitió proponer medidas de adaptación y mitigación. A esto se agregaron enseñanzas que pueden posibilitar la apertura de campos de investigación y de generación de conocimientos y datos que se constituyan, junto a los avances realizados en este estudio, en elementos clave para diseñar políticas y estrategias orientadas a enfrentar los desafíos del cambio climático y sus impactos en la sociedad y la economía nacionales.

## I. El cambio climático en el Uruguay

A los efectos de este estudio, corresponde comenzar con una descripción del territorio nacional. El territorio continental uruguayo ocupa 176.000 km<sup>2</sup>, a los que se suman otros 140.000 km<sup>2</sup> de mar territorial, islas y aguas jurisdiccionales de ríos y lagunas limítrofes. El suelo, denominado penillanura, se caracteriza por ser suavemente ondulado, sin accidentes geográficos significativos —solo cuchillas (una sucesión de cerros y serranías)—, con extensas praderas naturales de gramíneas perennes y un mosaico de suelos y topografías diferentes, salpicados por distintos tipos de bosques nativos, palmares, vastas zonas de humedales, dunas móviles y una cadena de bahías, lagunas costeras, cabos rocosos y playas arenosas a lo largo de más de 700 km de costa y amplios ambientes oceánicos y estuarinos.

Desde el punto de vista productivo, es aprovechable el 90% del territorio continental, del que casi 12 millones de hectáreas corresponden a campo natural y rastrojos; 1,3 millones son praderas artificiales, y casi 800.000 abarcan campo mejorado, donde se desarrolla la ganadería vacuna, así como algo más de un millón de hectáreas dedicadas a la agricultura, 770.000 de bosques nativos y más de 900.000 de bosques artificiales.

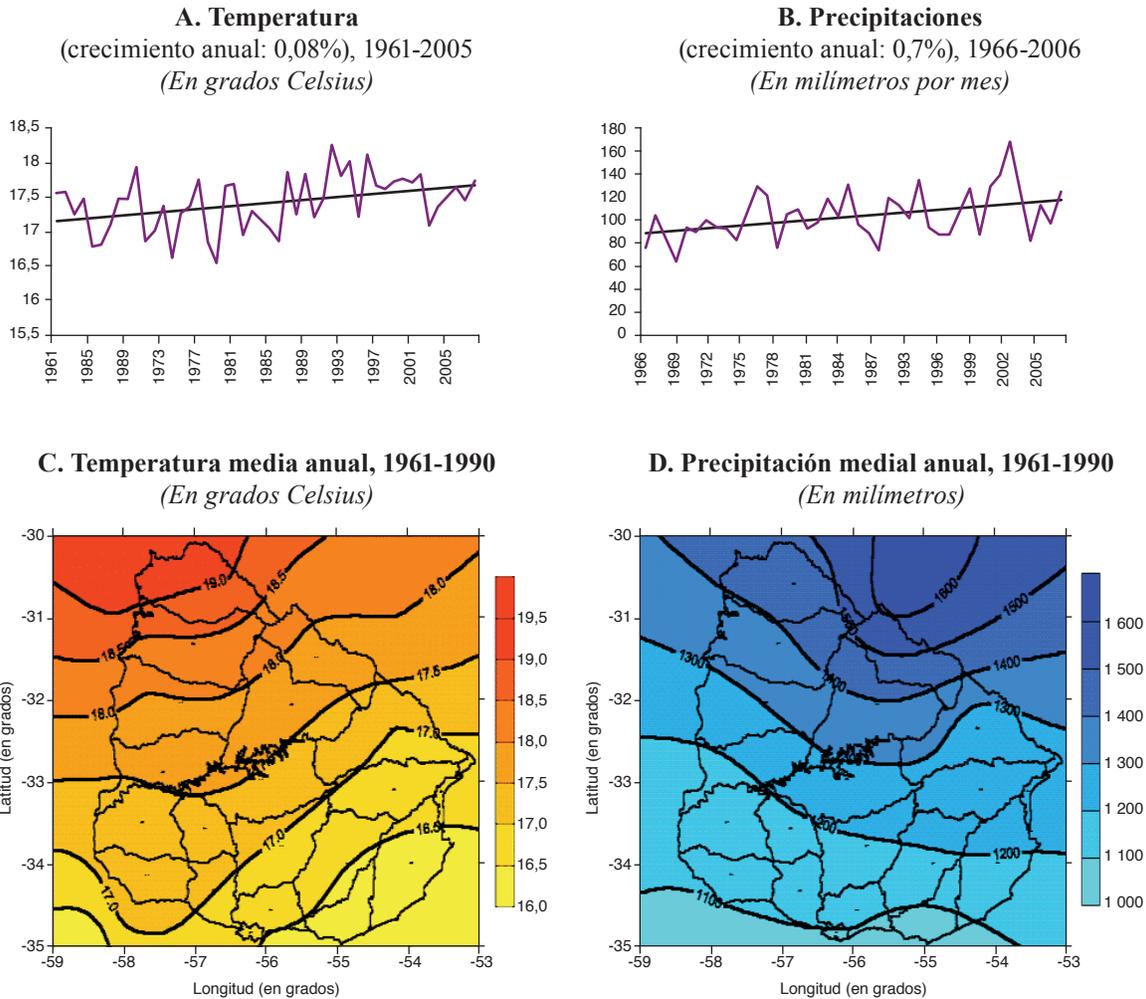
La multiplicidad de ambientes uruguayos está asociada a una alta diversidad de especies conocidas: 2.750 plantas superiores y 1.300 vertebrados (668 peces, 47 anfibios, 66 reptiles, 446 aves y 111 mamíferos). En comparación con su superficie, el Uruguay es uno de los países de América del Sur con mayor número de especies de aves: se han identificado 700 especies cuya protección es prioritaria, por lo que se creó el Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Uruguay (SNAP).

En este contexto, se debe tener en cuenta que el Uruguay está situado por completo en una zona templada, de ambiente húmedo, precipitación irregular sin estación seca y temperaturas medias. En general, las precipitaciones son líquidas y, rara vez, sólidas —granizo o nieve— y se caracterizan por su alta variabilidad.

Los riesgos naturales están muy asociados a los eventos climáticos, como sequías, inundaciones, olas de frío o calor, y otros fenómenos meteorológicos de micro- a mesoescala, por ejemplo, granizo y tornados. Las mayores sequías suelen coincidir con eventos del fenómeno La Niña, mientras que las inundaciones en general son causadas por El Niño.

En este estudio, se procesó la información histórica existente sobre las principales variables climáticas de los últimos 45 años y se descubrió que en este período la temperatura media subió 0,5°C, mientras que las precipitaciones aumentaron alrededor del 33%. Además, a partir de información publicada por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, puede estimarse un incremento del nivel medio del mar de 11 cm en el último siglo.

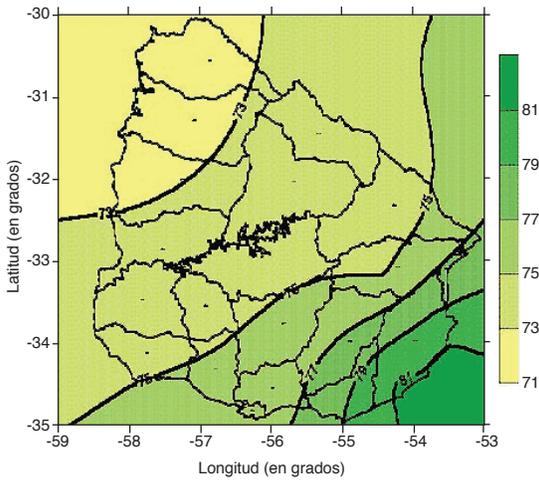
**GRÁFICO I.1:**  
**URUGUAY: VARIABLES CLIMÁTICAS**



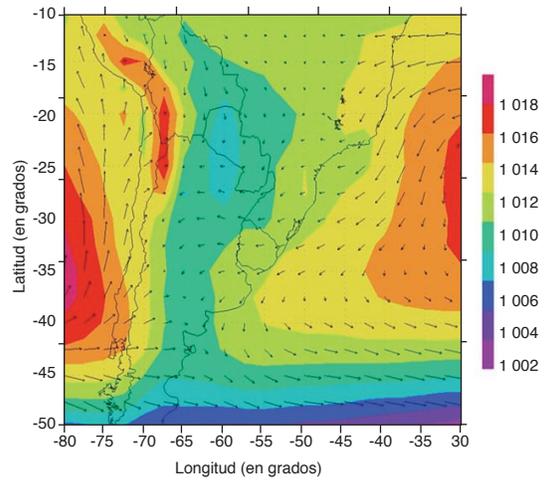
(Continúa)

Gráfico I.1 (conclusión)

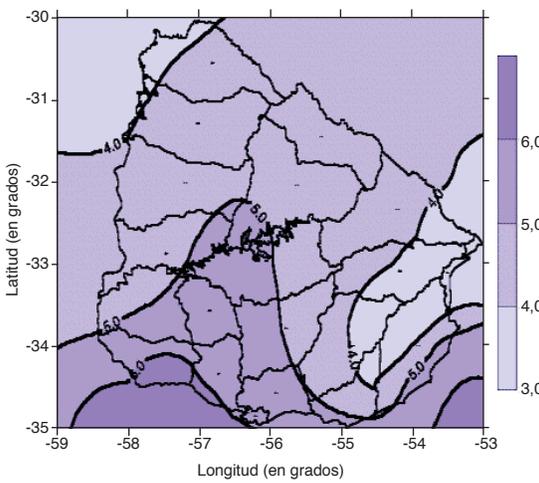
**E. Humedad relativa media anual, 1961-1990**  
(En porcentajes)



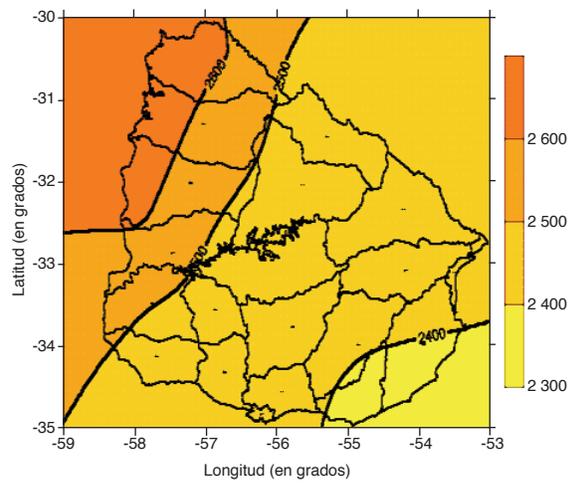
**F. Presión y vientos en superficie, 1982-1994**  
(En milibares)



**G. Intensidad del viento media anual, 1979-1984**  
(En metros por segundo)



**H. Insolación media anual, 1961-1990**  
(En horas)



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de la Dirección Nacional de Meteorología.

## II. Situación macroeconómica y demográfica del Uruguay

La crisis internacional actual ha provocado procesos recesivos en las economías desarrolladas y trasladado sus impactos a las economías emergentes por medio del comercio internacional o los mercados financieros. El Uruguay no fue una excepción, aunque no se vio afectado en la misma medida que las economías desarrolladas y la mayoría de los países emergentes, a raíz de una sólida dinámica económica previa caracterizada por una sostenida estabilidad macroeconómica, altas tasas de inversión, exportaciones diversificadas y una desahogada situación financiera.

Esta coyuntura no afectó por igual a todos los sectores de la economía nacional. El comercio de materias primas sufrió una brusca caída de sus precios internacionales y volúmenes comercializados, que, junto al proceso recesivo de la región, causó una merma considerable de los ingresos por exportaciones de bienes. Así, el Ministerio de Economía y Finanzas estimó que la economía creció un 2,9% en 2009, en comparación con el 7,6% registrado en 2008 —cuando el PIB ascendió a 32.000 millones de pesos (8.800 dólares) per cápita—, tras un quinquenio de altas tasas de crecimiento del PIB, que lo elevaron un 33% en moneda constante.

En este contexto, el sector silvoagropecuario se constituyó en la fuente primaria de más del 65% de las exportaciones: granos, carnes, lácteos y madera. Además, se verificaron grandes y fuertes inversiones, entre las que destacan la planta de celulosa Botnia y las del sector maderero, gracias a las que la tasa de inversión se acercó al 20% del PIB y representa un registro histórico para el país. La mejor situación económica y el turismo —casi dos millones de visitantes al año— impulsaron el desarrollo del comercio y los servicios hasta la presente crisis.

En 2008 creció el déficit de la cuenta corriente del balance de pagos, ya que los récords de exportaciones fueron contrarrestados por el aumento de las importaciones —demanda interna y mayores compras de petróleo a causa de los altos precios y la sequía actual—. El ingreso de capitales absorbió este déficit y permitió obtener una nueva ganancia de reservas y reducir la deuda neta a solo el 16% del PIB.

Las finanzas públicas aumentaron su déficit global al 1,4% del PIB, algo superior al promedio del último quinquenio (1% del PIB), a pesar de los mayores ingresos por el crecimiento económico y la reforma tributaria. En ello influyeron las mayores inversiones y, sobre todo, los impactos de la sequía y los sobrecostos de los combustibles usados para generar energía eléctrica.

Las actividades económicas, que se concentran en el área metropolitana —sobre todo la industria y los servicios— y en algunos departamentos costeros —básicamente los servicios turísticos—, representan el 75% del PIB global, donde Montevideo, la capital, reúne el 55% del total. Además, cabe consignar que cuatro departamentos del litoral oeste concentran otro 10% del PIB.

En 2004, la población del Uruguay era de 3.241.000 habitantes, el 92% de los cuales residía en zonas urbanas (el 41% en la capital); además, en los seis departamentos costeros habita más del 70% de la población. El Uruguay presenta el más bajo crecimiento poblacional de América Latina y el Caribe —solo un 0,3% anual— debido a una población avejentada y una fuerte emigración, estimada en 122.000 personas en la última década (casi el 4% de la población total). También se observan fuertes migraciones internas —a causa del vaciamiento de zonas rurales y ciudades del interior— hacia las ciudades costeras más ricas. El 22% de la población vive en situación de pobreza y un 6% habita en asentamientos irregulares, concentrados en Montevideo.

La población ocupada alcanza 1.545.000 habitantes. El desempleo es del 8% y la informalidad laboral experimentó una merma significativa al bajar del 45% al 20% a raíz de una mejor situación económica, una mejora en la legislación, estímulos a la formalización laboral y mayores controles. Por su parte, el ingreso medio de los hogares en el primer semestre de 2009 se ubicaba en algo más de 1.100 dólares mensuales, mientras que el ingreso per cápita era de 358 dólares mensuales.

## **A. Desarrollo sostenible y emisiones de gases de efecto invernadero**

En el Uruguay, las emisiones de gases de efecto invernadero, exceptuando el sector uso de la tierra, cambios en el uso de la tierra y silvicultura, totalizaron 28,5 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente en 2002, de acuerdo con el inventario de gases de efecto invernadero correspondiente a dicho año, lo que representa algo más de 9 toneladas de dióxido de carbono equivalente per cápita, una de las cifras más altas de América Latina, similar a la de la Argentina, el Japón y Francia.

El 80% de las emisiones totales fueron producidas por el sector agrícola, donde se destaca la actividad ganadera, a causa de las emisiones de metano —por fermentación entérica— y de óxido nítrico —emanado de los suelos por las excretas animales—. Las emisiones de los sectores energía, procesos industriales y desechos totalizaron casi seis millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente, la mayor parte de las cuales corresponde a emisiones de dióxido de carbono —energía—, seguidas de metano, del que el sector de desechos es el principal responsable.

En 2002, el sector uso de la tierra, cambios en el uso de la tierra y silvicultura alcanzó una remoción neta de dióxido de carbono de 23,5 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente, por lo que las emisiones netas de gases de efecto invernadero fueron de solo casi 5 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente. En este sector, las remociones de dióxido de carbono responden a la implantación de bosques, la siembra directa y la protección del bosque nativo.

**CUADRO II.1**  
**URUGUAY: EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO,**  
**POR CATEGORÍA, 1990-2002**

*(En miles de toneladas de dióxido de carbono equivalente)*

Categorías	1990	1994	1998	2000	2002
Energía	3 641	3 970	5 436	5 179	4 107
Procesos industriales	230	279	518	392	253
Agricultura	21 424	22 897	23 276	21 092	22 694
Uso de la tierra, cambios en el uso de la tierra y silvicultura	-3 047	-6 336	-7 270	-14 210	-23 474
Desechos	1 155	1 288	1 332	1 426	1 406
Totales	23 404	22 099	23 292	13 880	4 986

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos publicados por la Unidad de Cambio Climático del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente.

## B. Escenarios macroeconómicos

Las circunstancias socioeconómicas mundiales, regionales y nacionales serán diferentes en el largo plazo, por lo que se debe estimar su magnitud, para lo cual se pueden formular diversos escenarios con este objetivo en mente.

A los efectos de este estudio, se entenderá que un escenario es una descripción coherente, internamente congruente y plausible de un posible estado futuro del mundo (Carter y otros, 1994), a diferencia de un pronóstico, que se refiere al estado más probable, el escenario es una visión, una fotografía del futuro construida hoy sobre la base de un conjunto de hipótesis relativas a las variables consideradas clave para el objetivo en virtud del cual se formula. Los escenarios socioeconómicos constituyen un conjunto de variables de este tipo que, en su sentido más amplio, describen el estado y el tamaño de una sociedad en el futuro.

En el Uruguay, no se ha utilizado esta herramienta con frecuencia para elaborar políticas o estrategias gubernamentales, excepto en 2009, cuando la Oficina de Planeamiento y Presupuesto de la Presidencia de la República formuló tres escenarios socioeconómicos —de mínima, dinámico intermedio y normativo estratégico— para 2030.

Estos escenarios fueron construidos sobre la base de un modelo de insumo-producto de estática comparativa entre el año base y el horizonte, que opera con un conjunto significativo de sectores de actividad, con sus insumos intermedios, valores agregados y variables de demanda final.

El escenario normativo estratégico refleja los mejores resultados sectoriales que podrían alcanzarse, mientras que el dinámico intermedio es un escenario posible con una dinámica económica similar a la de épocas recientes. Por último, el de mínima responde a una situación de baja dinámica, como la observada en décadas pasadas.

En los dos primeros escenarios se espera un uso intensivo de los recursos naturales, con la ampliación del área agrícola y forestal, a la vez que se impulsan los desarrollos tecnológicos y la innovación en múltiples niveles. Pero el país no cambia su perfil agroexportador, en especial por la influencia de grandes inversiones en el complejo forestal-maderero. El escenario de mínima plantea un crecimiento anual del PIB del 2,1%, mientras que el intermedio lo eleva al 3,9%.

Por último, el normativo muestra un crecimiento anual del PIB del 5,3% per cápita, cifra muy superior a la tendencia histórica.

### III. La metodología del análisis económico del cambio climático

El cambio climático es, sobre todo, un fenómeno a largo plazo. Las transformaciones estructurales que se van provocando al cambiar las características del clima en realidad se hacen notorias a lo largo de décadas. De allí, que el análisis del cambio climático y este estudio, en especial, se refieran a períodos extensos para poder captar los efectos en las sociedades. Por ello, para visualizar el futuro, se recurre a la técnica de escenarios.

Para este estudio, en primer término se han utilizado dos escenarios climáticos hasta 2100, que corresponden a los escenarios socioeconómicos definidos como dinámico intermedio y de mínima por la Oficina de Planeamiento y Presupuesto. El primero supone una economía internacional dinámica, con escasas restricciones comerciales y un elevado uso de los recursos naturales, lo que genera un aumento de las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera superiores a las actuales, con mayor temperatura y variabilidad de las precipitaciones, aumento del nivel medio del mar y fenómenos climáticos más frecuentes e intensos. El escenario de mínima presenta una menor dinámica, restricciones al comercio y cierto cuidado de los recursos naturales y el ambiente, con un aumento más acotado de la temperatura y la variabilidad de las precipitaciones y, en síntesis, un menor calentamiento global.

Se incorporó al análisis la construcción de escenarios socioeconómicos para el Uruguay acordes a los marcos usados por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales del Ministerio de Ciencia y Tecnología del Brasil para efectuar las proyecciones climáticas. Tomando como base los escenarios formulados por la Oficina de Planeamiento y Presupuesto, se utilizaron en este trabajo los definidos como dinámico intermedio y de mínima, ya que el normativo estratégico no era adecuado para este estudio.

Los escenarios climáticos A2 y B2 desarrollados por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales del Brasil para el Estudio Regional de Economía del Cambio Climático en Sudamérica y utilizados en este trabajo incluyen proyecciones mensuales de las principales variables climáticas y un modelo de reducción de escala (*downscaling*) a 50 km<sup>2</sup>. Debe tenerse en cuenta que este tipo de proyecciones con escalas estadísticas reducidas aumentan el grado de incertidumbre, por lo que en el Uruguay se regionalizaron para todo el territorio. Al extrapolar las proyecciones de un modelo global a uno regional crece la incertidumbre.

Según las primeras estimaciones, en el escenario A2 la temperatura subirá algo más de 3°C al final del período, pero en el B2 el aumento será algo menor, con un escaso incremento de las precipitaciones y mayor variabilidad, de acuerdo con los escenarios formulados por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales del Brasil. Sobre la base de estudios del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático y de trabajos regionales y locales en estos temas, las principales consecuencias del cambio climático en el Uruguay serán eventos extremos más frecuentes e intensos y una suba del nivel medio del mar.

**CUADRO III.1**  
**URUGUAY: ESTIMACIONES DE LA TEMPERATURA MEDIA**  
**Y LA PRECIPITACIÓN MEDIA, POR ESCENARIO**

<b>Temperatura media Escenario A2</b>			<b>Temperatura media Escenario B2</b>		
Año	Grados Celsius	Incremento respecto de 2006 (en porcentajes)	Año	Grados Celsius	Incremento respecto de 2006 (en porcentajes)
2006	17,64		2006	17,64	
2030	18,91	7,24	2030	18,35	4,04
2050	18,88	7,07	2050	18,88	7,05
2070	19,69	11,63	2070	19,31	9,49
2100	20,71	17,41	2100	19,96	13,17

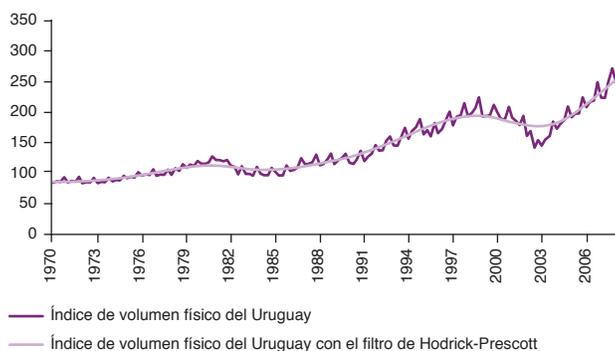
<b>Precipitación media Escenario A2</b>			<b>Precipitación media Escenario B2</b>		
Año	Milímetros por día	Incremento respecto de 2006 (en porcentajes)	Año	Milímetros por día	Incremento respecto de 2006 (en porcentajes)
2006	3,41		2006	3,41	
2030	3,41	0,04	2030	3,51	3,08
2050	3,43	0,81	2050	3,52	3,24
2070	3,45	1,32	2070	3,56	4,40
2100	3,63	6,46	2100	3,70	8,60

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos publicados por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales del Brasil (INPE).

A los efectos de llevar adelante los estudios sectoriales, se trabajó con estas variables climáticas, pero definidas para distintas regiones y periodicidades (mensual, trimestral, frecuencia de siembra o cosecha de cultivos, entre otras). También debe tenerse en cuenta que en algunas instancias se utilizaron otros escenarios climáticos de resultados similares, realizados previamente en el Uruguay o por entidades internacionales, lo que se especifica en cada caso.

Para comprobar la relación entre los escenarios elegidos y la historia económica del Uruguay, se efectuó un análisis de series de tiempo para el PIB global y agropecuario (1976-2008), donde se podía considerar que la estructura productiva, a pesar de reflejar diversos cambios, mantenía un perfil agroexportador similar al de los escenarios. Para ello, se recurrió a un modelo univariante lineal dinámico con el filtro de Hodrick-Prescott, que mostró un crecimiento tendencial del 3,1% anual para el PIB global y del 2,7% anual para el PIB agropecuario, que avala el uso en esta oportunidad del escenario intermedio de la Oficina de Planeamiento y Presupuesto.

**GRÁFICO III.1**  
**CRECIMIENTO PROMEDIO DEL PIB, 1970-2006 <sup>a</sup>**  
*(Año base 1938 =100)*



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos del Banco Central del Uruguay.

<sup>a</sup> El crecimiento medio anual del PIB 3,11%.

En este estudio se utiliza, en primer lugar, el escenario intermedio por su dinámica y uso de los recursos naturales, acceso a los mercados internacionales y el desarrollo del modelo agroexportador con cierta intervención para impulsar los sectores de alto contenido tecnológico. El crecimiento del sector agropecuario y la industrialización subsiguiente —con grandes inversiones externas— son las claves del desarrollo. En este caso se observarían altas tasas de inversión y un mayor apoyo del Estado a la población de menores recursos dada la posible redistribución regresiva del ingreso de este modelo exportador. En segundo lugar, como contracara, se utiliza el escenario de mínima, donde la dinámica es menor, hay un mayor cuidado de los recursos naturales y, por ende, una menor penetración de los cultivos agrícolas y la forestación, con un mejor desempeño de la producción de carnes, a raíz de la mayor superficie utilizable.

Se utilizó el modelo de insumo-producto de estática comparativa para construir escenarios socioeconómicos hasta 2030, 2050, 2070 y 2100 —similares a los de la Oficina de Planeamiento y Presupuesto— a precios de 2006. Los resultados arrojan tasas de crecimiento del 3,7% anual hasta 2030, por la influencia de las grandes inversiones y la expansión agrícola y forestal, que se desaceleran y caen al 2,1% anual al final del horizonte de pronóstico en el escenario intermedio, mientras que se ubican en el 2,3% y el 1,4%, respectivamente, en el escenario de mínima.

**CUADRO III.2**  
**PIB TOTAL Y PER CÁPITA, POR ESCENARIO, 2006-2100**

**A. Escenario dinámico intermedio**

Período	PIB total (en miles de dólares)	Variación anual (en porcentajes)	Población	PIB per cápita (en dólares)
2006	20 067 258		3 314 466	6 054
2030	49 034 098	3,79	3 577 939	13 705
2050	82 916 958	2,66	3 696 278	22 433
2070	131 515 147	2,33	3 605 545	36 476
2100	243 720 534	2,08	3 246 803	75 065
2006-2100	-	2,69	-0,02%	2,71%

(Continúa)

Cuadro III.2 (conclusión)

**B. Escenario de mínima**

Período	PIB total (en miles de dólares)	Variación anual (en porcentajes)	Población	PIB per cápita (en dólares)
2006	20 067 258		3 314 466	6 054
2030	34 723 570	2,31	3 577 939	9 705
2050	48 281 822	1,66	3 696 278	13 062
2070	68 134 160	1,74	3 605 545	18 897
2100	103 553 486	1,41	3 246 803	31 894
2006-2100	-	1,76	-0,02%	1,78%

Fuente: Elaboración propia sobre la base de información del Banco Central del Uruguay y la Oficina de Planeamiento y Presupuesto.

En estos escenarios se consideraron las proyecciones de población del Instituto Nacional de Estadística del Uruguay hasta 2025, que se extrapolaron a 2100 utilizando proyecciones del Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía (CELADE) - División de Población de la CEPAL.

Estos escenarios socioeconómicos sin cambio climático para el período de pronóstico se utilizaron en los diferentes estudios sectoriales. Los escenarios específicos de cada sector fueron definidos por los propios consultores sectoriales o, en su defecto, se utilizó herramental econométrico para suplir esta limitación. En otros casos, se aplicaron modelos extraídos de antecedentes internacionales y, aun, nacionales.

Los escenarios que incluían los impactos del cambio climático se construyeron de diversas formas para cada caso sectorial. De todas maneras, cabe consignar que algunos consultores utilizaron modelos con una cuantificación económica de los impactos en el PIB del sector. En otros casos, la metodología se centró en determinar las elasticidades o semielasticidades de las producciones, ingresos o productos sectoriales en función de las principales variables climáticas.

En el caso del sector agropecuario, se calcularon semielasticidades en función de las principales producciones —cultivos, ganado, leche y forestación—, que mostraron un crecimiento ante el aumento de temperatura hasta cierto nivel, a partir del que el mayor calor empezaba a retraerlo. Los resultados de las ecuaciones se tomaron en cuenta para los escenarios con cambio climático.

Con respecto a los recursos hídricos, se utilizaron los resultados de modelos de un estudio anterior. En el caso del agua potable, también se aplicó un modelo previo que calculaba la elasticidad-ingreso y la elasticidad-precio del consumo, al que se agregó una ecuación econométrica desarrollada en este estudio para la elasticidad de la demanda de agua potable en función de la temperatura.

Para el sector energético se utilizó un análisis econométrico que también permitió calcular una elasticidad de la demanda de energía en función del aumento de temperatura. En este caso, los escenarios fueron elaborados por el consultor respectivo hasta 2030 y luego se determinó la demanda a largo plazo sobre la base de los resultados de una ecuación econométrica que la relacionaba con el PIB y los precios energéticos, más la ecuación con la elasticidad.

En cuanto a los recursos costeros, se utilizó una ecuación econométrica para determinar los escenarios del sector turístico, calculando por otro lado —también en forma econométrica— la elasticidad ante el aumento de temperatura y las precipitaciones.

Por último, en el caso de los eventos extremos, como sequías e inundaciones, se aplicó un modelo basado en las cadenas de Markov, que asignaba probabilidades y suponía que en las próximas décadas aumentarían su frecuencia y su intensidad.

En lo que respecta a la biodiversidad, se usó un modelo internacional, pero adaptado al Uruguay, donde se ajustaron algunos valores económicos sobre la base de datos publicados por organismos oficiales.

Por su parte, para el sector de la salud no pudo realizarse el estudio respectivo de los costos económicos del cambio climático, por lo que solo se analizan algunos aspectos de su vulnerabilidad.

Con los resultados sectoriales obtenidos se recurrió nuevamente al modelo de insumo-producto para incluir los impactos económicos indirectos partiendo de los impactos directos sectoriales, por medio de las estructuras intersectoriales del modelo. Estos impactos económicos se actualizaron a diversas tasas de descuento anuales —0,5%, 2% y 4%— para reflejar las incertidumbres, que valorizan aún más los datos presentes y cercanos.

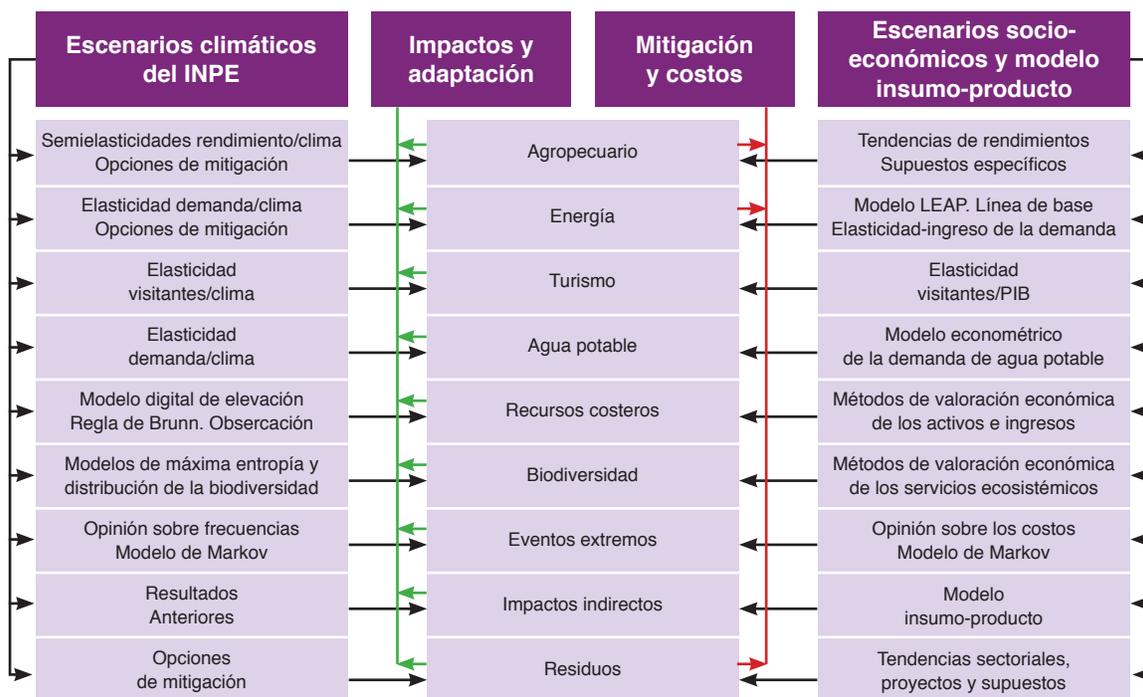
Debe tenerse en cuenta que estos escenarios adolecen de un considerable grado de incertidumbre debida a la falta de información, a lo que se agrega la propia incertidumbre del fenómeno del cambio climático y sus impactos. De todas maneras y pese a estas limitaciones, estos cálculos permiten definir las áreas de estudio, los caminos que se deben recorrer y las acciones prioritarias sobre la base de lo que indican estos resultados.

Luego, se calcularon los impactos económicos de las medidas de adaptación y de mitigación identificadas en los estudios sectoriales. En el caso de la mitigación, los consultores basaron los cálculos en ciertos criterios o modelos específicos, entre los que se destaca el Sistema de Planificación de Alternativas Energéticas de Largo Plazo (LEAP, por sus siglas en inglés) para el sector energético, con el objeto de definir el escenario de referencia respecto del que luego se determinan los impactos de la mitigación del cambio climático, es decir, la reducción de las emisiones netas de los gases de efecto invernadero. Para determinar la demanda de energía a largo plazo, en este caso se utilizó el modelo LEAP hasta 2030 y, a partir de allí, el modelo econométrico ya mencionado. Por último, se calculan y actualizan a las tasas de descuento definidas con anterioridad las diferencias entre ambos escenarios —con y sin medidas de mitigación en cada sector—.

En el diagrama III.1 se presenta un esquema gráfico de la metodología utilizada en este trabajo, incluidos los aspectos relativos a la adaptación y la mitigación del cambio climático.

**DIAGRAMA III.1**

**ESQUEMA METODOLÓGICO DEL ANÁLISIS DE LA ECONOMÍA DEL CAMBIO CLIMÁTICO**



Fuente: Elaboración propia.

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

A los efectos de este resumen ejecutivo, a continuación se presenta una síntesis de los análisis sectoriales realizados en este estudio. Los sectores definidos fueron los siguientes: recursos hídricos, energía, sector agropecuario y uso del suelo, biodiversidad, recursos costeros y aumento del nivel del mar, eventos extremos, salud, y finanzas públicas, sector externo y empleo.

### **A. Recursos hídricos**

La Dirección Nacional de Hidrografía ha dividido el territorio nacional en seis macrocuencas hidrográficas, cuatro de las cuales corresponden a cuerpos de agua compartidos con los países limítrofes.

Los principales usos de las aguas superficiales son el riego, la ganadería, el consumo humano, la hidroelectricidad, la recreación y el vertido de desechos domésticos e industriales. El riego predomina en casi todas las macrocuencas, excepto donde prevalece el abastecimiento público de Montevideo y aquella que tiene como destino principal las actividades industriales. Se cuenta con cuatro centrales hidroeléctricas, una de las cuales tiene carácter binacional por compartirse con la Argentina. La posibilidad de construir nuevas centrales a gran escala se encuentra casi agotada por las características topográficas del territorio.

Se percibe un lento pero creciente deterioro de la calidad de las aguas superficiales a causa de la disposición de residuos domiciliarios e industriales sin los adecuados niveles de tratamiento y el arrastre de sustancias de zonas de producción agrícola.

A su vez, el Uruguay tiene un elevado potencial y buena calidad de aguas subterráneas —acuíferos Guaraní y Raigón—, siendo sus principales usos el consumo humano y animal, y la recreación termal.

Este análisis se basa en el Programa de Medidas Generales de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático en Uruguay (PMEGEMA) llevado a cabo en 2002 con una metodología y escenarios similares a los de este estudio. Para determinar la disponibilidad de agua superficial en distintos escenarios climáticos, en esa oportunidad se aplicó un modelo hidrológico de balance hídrico de paso mensual. La situación de partida se resume en el cuadro IV.1.

**CUADRO IV.1**  
**DEMANDA ACTUAL DE AGUA**  
*(En millones de metros cúbicos)*

	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Anual
Laguna Merín	956	193	193	197	1 540
Río Negro	669	471	485	758	2 383
Río Santa Lucía	89	99	99	109	396
Río de la Plata	29	22	22	31	105
Río Uruguay	280	218	218	225	941
Océano Atlántico	47	18	18	22	104

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos del Programa de Medidas Generales de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático en Uruguay (PMEGEMA), 2002.

Los escenarios climáticos dieron como resultado ligeros aumentos en el consumo de agua destinada al abastecimiento público, siendo mayores las demandas industriales y el consumo de agua para riego, sobre todo por el incremento de las zonas destinadas al cultivo de arroz. Sin embargo, esta situación no ejercería presiones en las distintas cuencas hidrográficas como para llegar a limitar el abastecimiento respectivo, excepto en el caso de la cuenca de la laguna Merín.

**CUADRO IV.2**  
**DEMANDA DE AGUA, 2100**  
*(En millones de metros cúbicos)*

**A. Escenario dinámico con cambio climático (A2)**

	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Anual
Laguna Merín	1 451	304	304	321	2 379
Río Negro	1 361	792	792	1 459	4 404
Río Santa Lucía	212	205	205	344	966
Río de la Plata	73	70	70	106	320
Río Uruguay	856	501	501	517	2 375
Océano Atlántico	85	35	35	49	202

**B. Escenario de mínima con cambio climático (B2)**

	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Anual
Laguna Merín	1 312	274	274	288	2 148
Río Negro	1 062	641	641	1 155	3 499
Río Santa Lucía	139	133	133	244	647
Río de la Plata	37	33	33	63	167
Río Uruguay	761	440	440	454	2 095
Océano Atlántico	76	30	30	42	178

Fuente: Elaboración propia sobre la base del Programa de Medidas Generales de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático en Uruguay (PMEGEMA), 2002.

Por tanto, en ambos escenarios se prevé un aumento de la demanda de agua sin comprometer la capacidad de las distintas cuencas, salvo la de la laguna Merín, donde sí se ve afectado el balance entre disponibilidad y demanda. Ello se debe a que esta cuenca está destinada a atender el riego para la producción de arroz, por lo que se ve sometida a una excesiva presión a causa de su gran crecimiento, tanto en las últimas décadas como en el futuro. En el resto de las cuencas, la situación es bastante menos

comprometida, aunque se destaca el riesgo que enfrenta la cuenca del río Santa Lucía, que atiende el riego para la producción hortofrutícola del sur del Uruguay y la demanda de agua para abastecer, sobre todo, la ciudad de Montevideo. Por su parte, en las cuencas del río Negro y el río Uruguay, el incremento de la evaporación del espejo de agua de las represas hidroeléctricas estará acompañado por una mayor temperatura media global en los escenarios climáticos.

Cabe agregar que es limitada la capacidad de adaptación de los diferentes sistemas a las variaciones de las condiciones hidrológicas.

La valoración de la vulnerabilidad de las distintas macrocuencas muestra que los más afectados serán los sistemas que en la actualidad están sometidos a las mayores exigencias y que cuentan con la menor infraestructura para amortiguar los efectos de la variabilidad hidrológica. Esta situación responderá, por una parte, a los cambios climáticos, pero, en mayor medida, a los cambios no vinculados directamente al clima, y podrá agravarse si no se ponen en marcha medidas tendientes a lograr un uso más eficiente del agua.

La calidad de los recursos hídricos podría verse deteriorada como consecuencia del incremento de la temperatura y de las cargas contaminantes producidas por algunos de los componentes del desarrollo socioeconómico previsto. Los cambios en los flujos de agua tal vez exacerben o atenúen los efectos de la suba de la temperatura al diluir la contaminación en mayor o menor medida.

Por último, se calculó por separado el impacto del cambio climático en la demanda de agua potable, para lo que se recurrió a modelos desarrollados en estudios previos sobre la elasticidad-ingreso de la demanda de agua potable y sus costos marginales llevados a cabo por la Universidad de la República (2000-2001).

En el Uruguay, Obras Sanitarias del Estado tiene a su cargo el abastecimiento de agua potable en todo el territorio nacional, donde atiende a casi tres millones de habitantes, con una cobertura del 98%. A su vez, se ocupa del servicio de saneamiento en el interior, con una cobertura del 50%, mientras que en Montevideo la municipalidad cubre dos tercios de su población.

Los escenarios dinámico y de mínima con cambio climático —A2 y B2— se elaboraron utilizando la elasticidad-ingreso calculada en el estudio mencionado y la elasticidad-ingreso de la demanda de agua potable en función de la temperatura calculada en este trabajo, respectivamente. Los resultados muestran que la demanda de agua potable aumentaría alrededor de un 77% sin cambio climático entre 2006 y 2100, mientras que crecería un 86% durante todo el período para el escenario dinámico con cambio climático (A2), o sea un 5% adicional. Por su parte, el aumento de la demanda de agua sería del 0,4% anual sin cambio climático, con un incremento similar al caso anterior dado su impacto en el escenario de mínima con cambio climático (B2).

Por último, se estima el impacto económico anual del cambio climático para ambos escenarios usando los costos marginales calculados en el estudio llevado a cabo por la Universidad de la República.

**CUADRO IV.3**  
**CONSUMO DE AGUA POTABLE, POR ESCENARIO, 2030-2100**

Período	Escenarios (en millones de metros cúbicos)			Costo (en millones de dólares)
	Dinámico sin cambio climático	Con cambio climático (A2)	Impacto	
2030	401	419	18	10
2050	449	469	20	11
2070	495	521	26	15
2100	569	597	27	16

(Continúa)

**Cuadro IV.3 (conclusión)**

Período	Escenarios (en millones de metros cúbicos)			
	Dinámico sin cambio climático	Con cambio climático (A2)	Impacto	Costo (en millones de dólares)
2030	361	373	13	7
2050	386	406	21	12
2070	413	438	24	14
2100	451	474	24	14

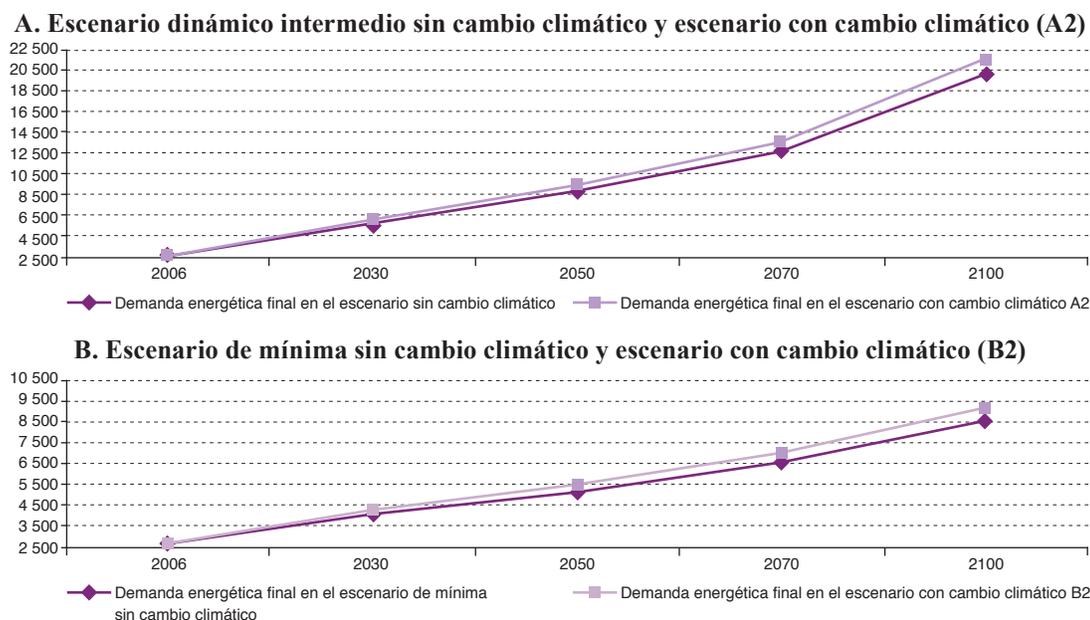
Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de Obras Sanitarias del Estado, la Universidad de la República y el Banco Central del Uruguay.

## B. Energía

En este caso, la evaluación del impacto del cambio climático se realizó a partir de las proyecciones de la demanda energética en el período 2006-2100 en los escenarios A2 y B2, que fueron determinadas inicialmente con el Sistema de Planificación de Alternativas Energéticas de Largo Plazo (LEAP) hasta 2030 y con una función econométrica de la elasticidad-ingreso de la demanda de energía a largo plazo, que se utilizó como objetivo para determinar las proyecciones hasta 2100. A partir de ello, se incorporó el impacto del cambio climático como resultado de una ecuación econométrica con la elasticidad de la demanda en función de la temperatura.

Los escenarios sin cambio climático muestran un crecimiento anual de la demanda final de energía del 2,16% en el escenario dinámico y del 1,2% en el escenario de mínima —por debajo de las tasas de crecimiento del PIB—, mientras que con cambio climático el incremento sería del 2,22% en el A2 y del 1,3% en el B2.

**GRÁFICO IV.1**  
**DEMANDA FINAL DE ENERGÍA, POR ESCENARIO, 2006-2100**  
*(En toneladas equivalentes de petróleo)*



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de la Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear.

A efectos de cuantificar el impacto económico del aumento de la demanda por el cambio climático, se adoptó un valor de referencia de 70 dólares por barril de petróleo, lo que implicaría un gasto acumulado adicional de 3.722 millones de dólares, actualizado a una tasa de descuento del 4% anual para el escenario dinámico con cambio climático (A2) y de 2.283 millones de dólares para el de mínima con cambio climático (B2) hasta el año 2100. A partir de estos resultados, es posible concluir que el cambio climático ejercería un impacto significativo en la demanda.

Las opciones de adaptación para hacer frente a este impacto estarían asociadas a medidas de mitigación, por ejemplo, mejorar la eficiencia de los equipos, sustituir el parque actual por equipamientos más eficientes mediante un programa de etiquetado energético y medidas educativas sobre las condiciones de uso de los equipos que permitan ahorrar energía, lo que muestra las interrelaciones entre la mitigación y la adaptación al cambio climático, por lo que se analizan en el acápite dedicado a la mitigación.

### C. Sector agropecuario y uso del suelo

El estudio multidisciplinario llevado a cabo por científicos del Brasil, la Argentina y el Uruguay (Giménez, 2006) constituye la principal referencia en cuanto a la evaluación de los impactos del cambio climático y la vulnerabilidad de la producción agrícola. En el estudio se elaboraron escenarios climáticos utilizando un método basado en un simulador de clima y otro, en un modelo de circulación general de la atmósfera. Ambos proyectan incrementos futuros de las precipitaciones, sobre todo en primavera y verano, y de la temperatura mínima diaria, aunque difirieron en el comportamiento de las temperaturas máximas. Estos escenarios son similares a los desarrollados por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales del Brasil para este estudio, por lo que se decidió aplicarlos en este sector. Los modelos globales que predicen cambios en la temperatura media del planeta con una certidumbre aceptable no tienen la misma certidumbre en otras variables y, sobre todo, cuando la predicción se realiza para regiones específicas, en particular un territorio pequeño como el del Uruguay.

Las mayores precipitaciones en el verano, cuando suele ocurrir un déficit de agua que perjudica a toda la producción agropecuaria, es sin dudas un cambio positivo. La menor temperatura máxima estival también sería beneficiosa y, tal vez, traiga aparejada una menor evapotranspiración y, por consiguiente, logre una mayor conservación del agua. La contrapartida es una menor radiación solar en verano debida a una mayor nubosidad, que puede ser perjudicial para los cultivos bajo riego, como el arroz. Los cambios en la temperatura invernal y en el régimen de heladas en general también son positivos.

En un estudio nacional reciente llevado a cabo por la Unidad de Agro-clima y Sistemas de información del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (2009) se demostró que los cambios esperados en el clima del Uruguay pueden resultar beneficiosos para el rendimiento del arroz y las pasturas naturales, resultados que se alinean con las estimaciones realizadas por el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI), que predice aumentos de la productividad del arroz y del maíz del orden del 25% al 50% durante el siglo XXI. En cuanto a las pasturas, en el estudio del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria se predice una mayor productividad: del 4% a 13% según la región.

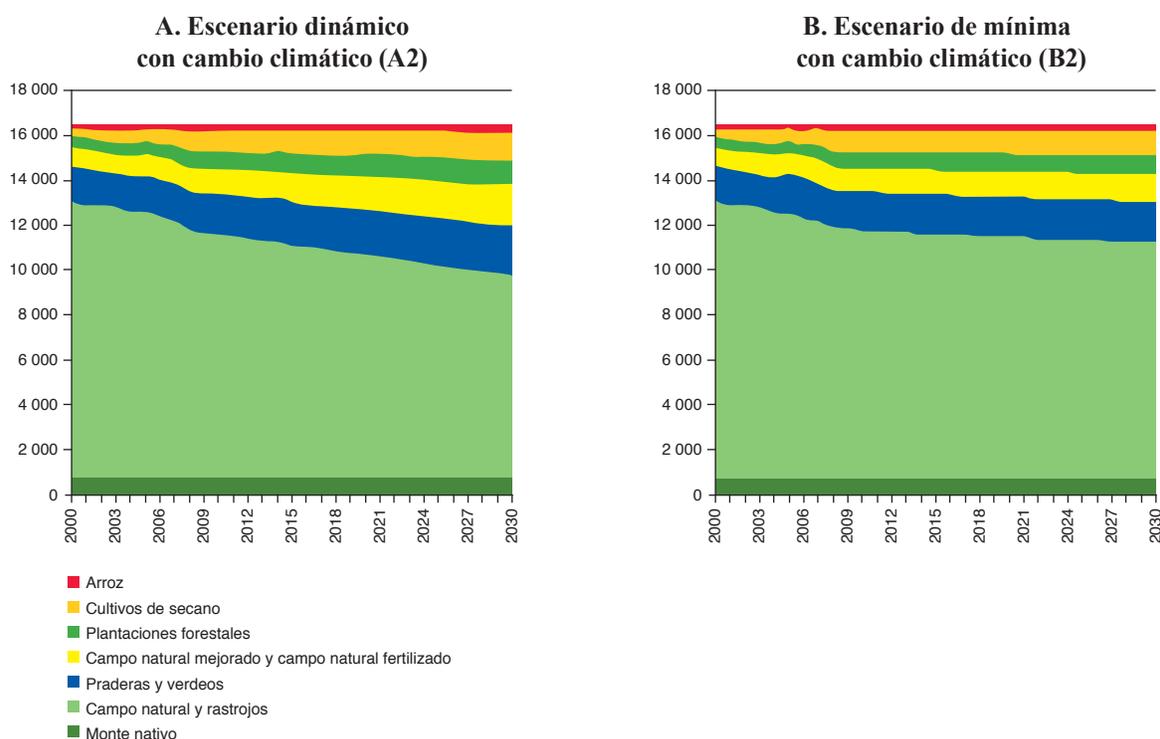
En el caso de los cultivos de invierno, es posible que la merma de los excesos hídricos invernales favorezca la implantación de los cultivos, pero el aumento de la temperatura en la primavera y una posible mayor prevalencia de las enfermedades pueden contrarrestar dichos beneficios. Por lo expuesto en este estudio, en estos casos no se han tomado en cuenta los impactos, aunque es probable que los hubiera y que tengan repercusiones negativas. En cierta forma, la situación es similar para los bosques, en el sentido de que las mayores precipitaciones pueden entrañar incrementos de la productividad, aunque también hay un posible mayor riesgo de enfermedades y plagas.

Como criterio general, se considera que todos los impactos mencionados tienen validez dentro de un rango de calentamiento promedio de la atmósfera de hasta 2°C. A medida que el cambio de la temperatura supere dicho umbral, se supone que los efectos serán cada vez más negativos, para lo que se contaba con las semielasticidades calculadas al efecto. Ello es lo que sucede en el escenario dinámico con cambio climático en la segunda mitad del siglo.

Los escenarios fueron elaborados considerando varios factores: i) las tendencias históricas del uso del suelo en el período 2010-2030; ii) las tendencias en el aumento de la productividad por unidad de superficie de tierra también en el período 2010-2030, y iii) la producción total de cada rubro en 2030-2100, con incrementos decrecientes hasta 2050-2060 y, luego, con estabilidad o decrecimiento.

La proyección del uso del suelo en 2008-2030 se basó en los siguientes principios generales: i) la expansión de las áreas sembradas con cultivos agrícolas; ii) cambios en el uso del sistema de rotación de los cultivos y las pasturas; iii) mayores superficies dedicadas a las pasturas mejoradas, y iv) un crecimiento significativo del área forestal o un mantenimiento o aumento de la actual proporción de la superficie plantada destinada, sobre todo, a productos de madera maciza.

**GRÁFICO IV.2**  
**USO DEL SUELO EN LOS ESCENARIOS A2 Y B2, 2000-2030**  
(En miles de hectáreas)



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de la Dirección de Estadísticas Agropecuarias (DIEA).

**CUADRO IV.4**  
**USO DEL SUELO, 2000-2030**  
*(En miles de hectáreas)*

**A. Escenario dinámico con cambio climático (A2)**

	Superficie					
	2000	2007	2015	2020	2025	2030
Cultivos de secano	311	713	1 010	1 053	1 163	1 284
Arroz	160	150	195	216	238	263
Praderas y verdeos	1 580	1 720	1 893	2 001	2 109	2 217
Campo natural mejorado y campo natural fertilizado	824	1 002	1 280	1 453	1 627	1 800
Plantaciones forestales	461	610	836	955	1 018	1 054
Monte nativo	760	760	760	760	760	760
Campo natural y rastrojos	12 303	11 445	10 426	9 963	9 486	9 023
<b>Total</b>	<b>16 400</b>					

	Superficie por cultivo de secano					
	2000	2007	2015	2020	2025	2030
Trigo	128	245	528	583	644	711
Cebada	89	138	139	153	169	187
Maíz	62	81	129	143	157	174
Sorgo	35	38	102	113	125	138
Girasol	48	34	77	85	94	104
Soja	12	462	742	819	904	998

**B. Escenario de mínima con cambio climático (B2)**

	Superficie					
	2000	2007	2015	2020	2025	2030
Cultivos de secano	311	713	1 032	1 058	1 084	1 112
Arroz	160	150	176	180	185	190
Praderas y verdeos	1 580	1 720	1 763	1 790	1 817	1 844
Campo natural mejorado y campo natural fertilizado	824	1 002	1 072	1 115	1 159	1 202
Plantaciones forestales	461	610	746	793	825	839
Monte nativo	760	760	760	760	760	760
Campo natural y rastrojos	12 303	11 445	10 852	10 703	10 570	10 453
<b>Total</b>	<b>16 400</b>					

	Superficie por cultivo de secano					
	2000	2007	2015	2020	2025	2030
Trigo	128	245	476	488	500	513
Cebada	89	138	125	128	131	135
Maíz	62	81	116	119	122	125
Sorgo	35	38	92	95	97	100
Girasol	48	34	69	71	73	75
Soja	12	462	669	685	703	720

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de la Dirección de Estadísticas Agropecuarias (DIEA).

En los diferentes escenarios, la producción total de los principales rubros presenta un incremento sostenido hasta alrededor de 2030 —escenario de mínima— o hasta mediados de siglo —escenario dinámico intermedio—, seguido de un período de menor crecimiento relativo en el escenario dinámico intermedio (A2) y casi un estancamiento en el escenario de mínima (B2).

Estos escenarios se valoraron económicamente tomando en cuenta los precios medios de los diferentes productos en 2007-2009, que se supusieron de equilibrio relativo. Luego, con la relación entre el valor agregado de estos sectores y sus valores brutos de producción, se determinaron los niveles de PIB para cada escenario.

Los resultados obtenidos implican un impacto positivo hasta 2030, que luego deviene negativo a partir de mediados del siglo XXI en el escenario dinámico con cambio climático (A2), mientras que permanece favorable en el escenario de mínima con cambio climático (B2), ya que el aumento de temperatura no supera el umbral a partir del cual se suceden los efectos negativos de la mayor temperatura.

**CUADRO IV.5**  
**VALOR BRUTO DE LA PRODUCCIÓN Y PIB DEL SECTOR AGROPECUARIO,**  
**POR ESCENARIO, 2007-2100**

**Escenario dinámico con cambio climático (A2):**  
**Valor bruto de la producción (en millones de dólares de 2007-2009)**

Concepto	2007	2030	2050	2070	2100
Cereales y oleaginosas	764	3 098	4 485	4 612	4 525
Productos animales	1 444	2 436	2 664	2 702	2 654
Productos forestales	117	372	491	572	586
TOTAL A2 con cambio climático	2 325	5 905	7 640	7 886	7 766

**Escenario dinámico sin cambio climático (A2):**  
**Valor bruto de la producción (en millones de dólares de 2007-2009)**

Cereales y oleaginosas	764	2 912	4 678	4 896	5 033
Productos animales	1 444	2 262	2 744	2 862	2 941
Productos forestales	117	357	452	520	567
TOTAL A2 sin cambio climático	2 325	5 531	7 875	8 277	8 541

**Escenario (A2): Impacto del cambio climático (en millones de dólares de 2007)**

Cereales y oleaginosas	0	185	-194	-284	-508
Productos animales	0	174	-80	-160	-287
Productos forestales	0	15	39	52	19
Valor bruto de la producción total	0	374	-235	-392	-775
PIB TOTAL	0	229	-128	-224	-441

(Continúa)

**Cuadro IV.5 (conclusión)**

**Escenario de mínima con cambio climático (B2):  
Valor bruto de la producción (en millones de dólares de 2007-2009)**

Concepto	2007	2030	2050	2070	2100
Cereales y oleaginosas	764	2 036	2 618	2 618	2 618
Productos animales	1 444	1 911	2 073	2 073	2 073
Productos forestales	117	282	335	342	342
<b>TOTAL B2 con cambio climático</b>	<b>2 325</b>	<b>4 229</b>	<b>5 026</b>	<b>5 033</b>	<b>5 033</b>

**Escenario de mínima sin cambio climático (B2):  
Valor bruto de la producción (en millones de dólares de 2007-2009)**

Cereales y oleaginosas	764	1 945	2 449	2 449	2 449
Productos animales	1 444	1 775	1 891	1 891	1 891
Productos forestales	117	276	322	324	324
<b>TOTAL B2 sin cambio climático</b>	<b>2 325</b>	<b>3 996</b>	<b>4 662</b>	<b>4 665</b>	<b>4 665</b>

**Escenario (B2): Impacto del cambio climático (en millones de dólares de 2007)**

Cereales y oleaginosas	0	92	169	169	169
Productos animales	0	136	182	182	182
Productos forestales	0	6	13	18	18
Valor bruto de la producción total	0	233	364	368	368
<b>PIB TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>152</b>	<b>227</b>	<b>229</b>	<b>229</b>

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos disponibles.

Cabe tener en cuenta que tanto para la agricultura como para la forestación, estos resultados suponen buenas prácticas de manejo, es decir, un cuidado de los suelos que evite el monocultivo, tan perjudicial en algunas instancias. En ambos casos, se ha definido un uso de la tierra bastante menor al que indicaría un límite peligroso para los recursos naturales del Uruguay. De hecho, en los escenarios de la Oficina de Planeamiento y Presupuesto se utiliza un 50% más de suelo para forestación que en este trabajo. En el caso de la soja, se ha tenido especialmente en cuenta el balance de carbono de los suelos, con prácticas de cultivos asociados y la siembra de pasturas destinadas a contrarrestar los posibles desequilibrios.

## D. Biodiversidad

En esta oportunidad, el estudio de la biodiversidad se centra en el análisis de los ecosistemas terrestres del Uruguay, sobre la base de la información disponible en la actualidad. Si bien la mayor parte del territorio continental se utiliza con fines productivos, más del 70% de la superficie continúa presentando elevados valores de naturalidad.

Para estimar los valores económicos de la biodiversidad y su respuesta al cambio climático, se utilizaron dos métodos alternativos: el sistema de zonas de vida de Holdridge y el producto de los servicios ecosistémicos (Sutton y Costanza, 2002), que se determinó para los principales tipos de ecosistemas naturales del planeta. Finalmente, se optó por el segundo método para calcular el impacto económico.

En este segundo caso, los modelos predictivos de la distribución actual de la biodiversidad y las alteraciones proyectadas como consecuencia del cambio climático se calcularon utilizando modelos probabilísticos de máxima entropía (Phillips y Dudík, 2008) para los escenarios A2 y B2 hasta 2020, 2050 y 2080.

En este estudio se partió de la estimación realizada por Costanza (Costanza y otros, 1997; Costanza y Folke, 1997) del valor económico total de los servicios ecosistémicos de distintos tipos de suelo y vegetación, usando diversos métodos de valoración económica a nivel mundial: 7.835 millones de dólares de 2008, es decir, algo más del 25% del PIB global del país, lo que pone de relieve su importancia. Los valores utilizados por Costanza se actualizaron a precios de 2008 y se substituyó el valor de los humedales por una estimación local efectuada por Campanella y Lanzilotta (2002) para los humedales del río Santa Lucía.

En los escenarios futuros, el impacto económico de los cambios en la biodiversidad se estimó a partir de la diferencia entre el valor económico actual y los correspondientes valores estimados para 2020, 2050 y 2080.

**CUADRO IV.6**  
**BIODIVERSIDAD: IMPACTOS ECONÓMICOS, POR ESCENARIO**

Período	Escenario dinámico con cambio climático (A2)	Diferencias respecto del escenario dinámico sin cambio climático		
		Por año	En el costo anual (en dólares de 2008)	Porcentaje del valor de la biodiversidad de 2008
Actual	7 836			
2020	4 780	-3 056	-39,0	-9,5
2050	5 798	-2 037	-26,0	-6,4
2080	6 582	-1 254	-16,0	-3,9
Período	Escenario de mínima con cambio climático (B2)	Diferencias respecto del escenario de mínima sin cambio climático		
Actual	7 836			
2020	7 860	24	0,3	0,1
2050	4 879	-2 957	-37,7	-9,2
2080	5 692	-2 144	-27,4	-6,7

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos disponibles.

Del cuadro IV.6 se desprende que el impacto del cambio climático en la biodiversidad será muy significativo para el Uruguay: tras un efecto favorable al inicio del período, su costo oscilará entre el 4% y el 10% del PIB en el escenario dinámico con cambio climático (A2) y tendrá consecuencias similares en el escenario de mínima con cambio climático (B2).

## E. Recursos costeros y aumento del nivel del mar

En este estudio se tomó en cuenta un área costera de 680 km: 452 sobre el Río de la Plata y 228 sobre el océano Atlántico. La planicie costera se extiende por cinco regiones geomorfológicas: i) la cuenca sedimentaria suroccidental, de escasa extensión territorial y potencial de sedimentos; ii) la fosa tectónica del río Santa Lucía, la más importante de las fosas cretácicas de la zona continental del territorio uruguayo; iii) las sierras del Este, un complejo de plegamientos emergidos que constituye el paisaje de mayor energía de relieve existente; iv) las colinas y lomadas del Este, de base cristalina, ubicadas entre las sierras del Este, y v) la fosa tectónica de la laguna Merín.

Las playas arenosas son la forma dominante en la costa, con presencia de barras, cordones litorales y dunas, sectores con taludes y barrancas sobre variadas formaciones geológicas y, en muchos casos, amplios sectores de playa por delante. La costa del Uruguay se ve muy afectada por la dinámica del mar y es susceptible de ser modificada por los procesos atmosféricos asociados al cambio climático (López y Perdomo, 1999).

En este estudio se aplicó la guía metodológica elaborada por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza para la valoración económica de los ecosistemas y se efectuaron los análisis y cálculos necesarios para aproximarse a una valoración económica de los impactos en los recursos y ecosistemas costeros en diversos escenarios climáticos que suponen una elevación del nivel del mar hacia 2100 (Sención, 2002). Para ello, se utilizó una hipótesis de máxima donde el nivel medio del mar se elevaría un metro frente a la costa uruguaya hasta 2100, que se asignó al escenario socioeconómico dinámico intermedio asociado al escenario climático A2. También se definió un área de inundación y se tomó en cuenta el capital que podría verse afectado por la erosión provocada por el fenómeno y la incertidumbre asociada a este tipo de eventos.

Se inició el estudio con las estimaciones de los impactos que podría ocasionar una inundación, para lo que se aplicó un modelo digital de elevación y se analizaron datos secundarios sobre la costa —económicos, sociales y sobre la infraestructura— y las opiniones de expertos acerca de los probables impactos<sup>1</sup>.

La metodología consistió en obtener un resultado a partir de las curvas de nivel y una referencia para la línea de la costa que luego permitiera calcular la curva de nivel correspondiente a un metro<sup>2</sup>.

Una vez obtenida la curva, se determinó el área afectada por la suba del nivel del mar en las zonas costeras urbanizadas y no urbanizadas a partir de la información digital del Instituto Nacional de Estadística, para lo que se calcularon los impactos en la superficie, las poblaciones, la infraestructura y las viviendas.

Luego, se consultaron datos oficiales y la información de los mercados sobre los precios de los inmuebles —terrenos, viviendas, obras públicas e infraestructuras— para valorar las pérdidas en zonas costeras urbanas y no urbanas, que se estimaron en casi 1.600 millones de dólares<sup>3</sup>.

Por otra parte, se analizaron los efectos en las vías de comunicación, los puertos, sobre todo de Montevideo, y las grandes obras de saneamiento de Montevideo y Punta del Este, con una pérdida de activos estimada en más de 400 millones de dólares.

En segundo término, se procedió a estimar el impacto del proceso de erosión que causaría el mayor nivel del mar utilizando datos previos calculados con la regla de Brunn y el modelo de equilibrio dinámico desarrollado por Andrés Saizar (CNCG, 1997) en escenarios con una elevación del mar de 0,30 m a 1 m, que correspondería asimilar al escenario dinámico con cambio climático (A2), y que afectarían más de 11.000 hectáreas, con una pérdida estimada en 1.194 millones de dólares.

Por otra parte, también se tomó en cuenta el impacto en el turismo, dado que el 80% de los ingresos turísticos se generan en la costa: la pérdida de playas por la inundación y la erosión determinaría un menor ingreso —438 millones de dólares acumulados a 2100— en el escenario de mayor afectación, a partir de los cálculos que se presentan más adelante al analizar este sector.

---

<sup>1</sup> Modelo digital de elevación elaborado con el programa ILWIS 3.31 Academic, a partir de curvas de nivel cada 10 m para la costa y cada 2 m para Montevideo.

<sup>2</sup> Se utilizaron los programas informáticos gvSIG 1.1.2 (<http://www.gvsig.gva.es/>), ILWIS 3.31 Academic (<http://www.ilwis.org/>) y Kosmo 1.2 (<http://www.opengis.es/>).

<sup>3</sup> Precios medios del metro cuadrado para la compraventa de propiedad horizontal en 2008 (Dirección Nacional de Catastro de Montevideo).

Por último, se agregó un posible impacto en los ecosistemas costeros, partiendo de los resultados del estudio sobre biodiversidad y se asignó como impacto el valor de los servicios ecosistémicos correspondiente al área perdida por la elevación del mar, que alcanzará los 75 millones de dólares en el período de pronóstico.

En síntesis, los impactos totales por la elevación del nivel medio del mar ascenderían a casi 4.000 millones de dólares, acumulados a 2100, en el escenario dinámico con cambio climático (A2), que representan algo más del 12% del PIB de 2008.

**CUADRO IV.7**  
**RECURSOS COSTEROS: IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO**  
**EN EL ESCENARIO DINÁMICO CON CAMBIO CLIMÁTICO (A2), 2100**

Concepto	Costo (en miles de dólares de 2008)	En porcentajes	En porcentajes del PIB de 2008
<b>Inundación</b>			
Urbana	1 114 922	28,70	3,46
No urbana	469 230	12,08	1,46
Puertos	342 000	8,80	1,06
Saneamiento	60 000	1,54	0,19
Vías de tránsito	189 500	4,88	0,59
Población	3 252	0,08	0,01
Subtotal	2 178 904	56,08	6,77
<b>Erosión</b>			
Turismo	437 601	11,26	1,36
Ecosistemas	74 646	1,92	0,23
Totales	3 885 120	100,00	12,07

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos disponibles.

Los costos por la inundación equivalen al 56% del valor total calculado y el impacto urbano es el mayor contribuyente de este grupo. Respecto del total, los dos mayores impactos son el provocado por la erosión —el 31%— y la inundación de zonas urbanas —el 29%—. En orden de importancia relativa, les siguen la inundación no urbana, la afectación de puertos y el turismo.

Estos impactos fueron distribuidos en los escenarios dinámico con cambio climático (A2) y de mínima con cambio climático (B2), con horizonte temporal en 2030, 2050, 2070 y 2100, según la probabilidad de que ocurrieran para distintas elevaciones en el nivel medio del mar, tal como se describe a continuación (véase el cuadro IV.8).

En el escenario de mínima con cambio climático (B2) se tomaron en cuenta los impactos de los niveles de elevación de 0,2 m y 0,3 m en 2030 y 2050 —incluidos el turismo y los ecosistemas—. También se agregaron las zonas costeras urbanas y no urbanas y la población en 2070, así como los demás impactos en 2100, salvo algunos efectos de los procesos de inundación y erosión y una menor afectación del puerto de Montevideo.

**CUADRO IV.8**  
**RECURSOS COSTEROS: IMPACTO TOTAL, POR ESCENARIO, 2010-2100**  
*(En metros y dólares de 2008)*

<b>A. Escenario dinámico con cambio climático (A2)</b>			<b>B. Escenario de mínima con cambio climático (B2)</b>		
Año	Elevación del nivel medio del mar	Costo	Año	Elevación del nivel medio del mar	Costo
2010	0,1	0	2010	0,1	0
2030	0,2	72 005 231	2030	0,2	24 623 709
2050	0,4	760 590 141	2050	0,3	334 818 995
2070	0,6	1 182 854 794	2070	0,5	851 445 442
2100	1,0	1 869 670 175	2100	0,7	1 632 080 670
Total		3 885 120 340	Total		2 842 968 815

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos disponibles.

Aquí se incluye tanto la estimación de los impactos del cambio climático en el turismo como los efectos de la elevación del nivel del mar.

En los últimos 20 años, el Uruguay ha experimentado considerables variaciones en el ingreso de visitantes, pues el crecimiento de la década de 1990 estuvo seguido de una merma ocasionada por la crisis de 2002. A partir de entonces y pese al bloqueo del puente Fray Bentos-Puerto Unzué, las cifras han mejorado y llegado en 2008 a casi 2 millones de turistas e ingresos por 1.029 millones de dólares —el 3% del PIB—.

Los escenarios sin cambio climático para el turismo se basaron en una ecuación que vinculaba el ingreso de turistas con el PIB de la Argentina y los tipos de cambio de ambos países, a partir de los escenarios socioeconómicos elaborados con la coordinación del estudio equivalente para la Argentina. En el caso de los escenarios con cambio climático, se recurrió a otra ecuación que calculaba la elasticidad del ingreso de turistas en función de la temperatura y que suponía un aumento de los turistas conforme subía la temperatura, situación lógica en el turismo de sol y playa que caracteriza al Uruguay. Los gastos anuales de los turistas se extrajeron del trabajo realizado por la Oficina de Planeamiento y Presupuesto.

**CUADRO IV.9**  
**SECTOR TURISMO: IMPACTOS TOTALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO, 2006-2100**  
*(En número de visitantes y millones de dólares)*

<b>Escenario dinámico sin cambio climático</b>			<b>Escenario de mínima sin cambio climático</b>		
Año	Visitantes	Ingresos	Año	Visitantes	Ingresos
2008	1 815 281	704	2008	1 815 281	704
2030	2 889 826	1 445	2030	2 259 509	904
2050	3 565 219	1 783	2050	2 757 030	1 103
2070	4 271 215	2 136	2070	3 364 101	1 346
2100	5 009 173	2 505	2100	4 104 843	1 642

(Continúa)

**Cuadro IV.9 (conclusión)**

<b>Escenario dinámico con cambio climático (A2)</b>			<b>Escenario de mínima con cambio climático (B2)</b>		
Año	Visitantes	Ingresos	Año	Visitantes	Ingresos
2006	1 917 049	827	2006	0	827
2007	1 824 340	761	2007	0	761
2008	1 815 281	704	2008	1 815 281	704
2030	3 070 160	1 535	2030	2 399 333	960
2050	3 741 427	1 871	2050	2 973 695	1 189
2070	4 503 436	2 252	2070	3 593 772	1 438
2100	5 251 333	2 626	2100	4 322 512	1 729

<b>Escenario dinámico con cambio climático (A2)</b>				<b>Escenario de mínima con cambio climático (B2)</b>			
	Por mayor temperatura	Por elevación del nivel medio del mar	Total		Por mayor temperatura	Por elevación del nivel medio del mar	Total
2030	90	-38	53	2030	56	-25	31
2050	88	-70	19	2050	87	-46	40
2070	116	-148	-32	2070	92	-100	-8
2100	121	-182	-61	2100	87	-120	-33

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos del Ministerio de Turismo y Deporte, el programa EcoPlata y el Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

En la primera sección del cuadro IV.9 se presentan los resultados de los escenarios expresados en número de visitantes e ingresos de divisas por estos conceptos ante los aumentos de temperatura considerados en cada caso. En la segunda sección se exponen los impactos en el turismo provocados tanto por el aumento de la temperatura como por la elevación del nivel medio del mar, que causa erosión e inundación de las playas.

De esta manera, se llega a determinar el impacto neto del cambio climático —mayor temperatura y elevación del nivel del mar—, que arroja pérdidas de ingresos turísticos por hasta 61 millones de dólares anuales en el escenario dinámico con cambio climático (A2) y por hasta 33 millones anuales en el escenario de mínima con cambio climático (B2), tras producir efectos favorables en las primeras décadas, ya que la mayor temperatura traía aparejados aumentos de los ingresos superiores a las pérdidas por el mayor nivel del mar, situación que luego se revierte.

## F. Eventos extremos

La información histórica sobre las repercusiones económicas de los eventos extremos en las principales variables económicas del Uruguay —PIB, finanzas públicas y sector externo, entre otras— es muy limitada y se refiere a acontecimientos específicos pero sin continuidad en el tiempo, lo que impide disponer de series temporales con valores económicos comparables. Se cuenta, sobre todo, con estimaciones parciales relativas a diversos eventos de los últimos tiempos sin continuidad histórica.

Desde el punto de vista económico, entre los principales eventos se destaca la sequía de 1999-2000, cuyo costo se estimó en el orden de los 200 millones de dólares; sin embargo, si bien se calculó que los costos de la sequía de 2003-2004 serían similares, no se tienen datos confiables, mientras que los de la actual (2008-2009) podrían rondar los 950 millones de dólares, según cálculos de la Asociación Rural del Uruguay y del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca y sobre la base de la mayor compra de petróleo.

Por otra parte, a raíz de las inundaciones de 2007 —las peores desde 1959—, hubo alrededor de 14.000 evacuados y la población afectada superó las 110.000 personas. Además, en un estudio se mostró que tuvieron un costo de 21 millones de dólares en tres zonas del país, es decir casi el 3% del PIB de esa región. Respecto de eventos anteriores, se relevaron costos que oscilaron entre uno y dos millones de dólares anuales.

Otros eventos han tenido impactos profundos, pero no se dispone de suficiente información económica para formar parte de este estudio.

Frente a estas restricciones, la metodología adoptada consistió en simular un modelo que incorporara las cadenas de Markov para los desastres naturales. Con los datos mencionados y la opinión de expertos, se partió de una frecuencia media de 10 años (promedio actual) y se estimó que la influencia del cambio climático la disminuiría a 5 años en el caso del escenario dinámico con cambio climático (A2) y que la mantendría en un decenio en el escenario de mínima con cambio climático (B2), con costos crecientes que iban de los 200 a los 1.000 millones de dólares. Respecto de las inundaciones, se supuso que se repetían cada cinco años (similar al comportamiento actual) en ambos escenarios y con costos que oscilaban recurrentemente entre 4 y 100 millones de dólares en el escenario A2 (actualmente entre 2 y 20 millones de dólares) y entre 2 y 50 millones en el escenario B2. Bajo estos supuestos, se simularon 160.000 escenarios y se obtuvieron los resultados para A2 y B2 que representan entre 6% y 15% del PIB de cada año considerado.

**CUADRO IV.10**  
**IMPACTOS DE LOS EVENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS EXTREMOS ASOCIADOS**  
**AL CAMBIO CLIMÁTICO, 2030-2100**  
*(En miles de dólares de 2008)*

**A. Impactos económicos de los eventos extremos en el escenario dinámico con cambio climático (A2)**

Período	PIB sin cambio climático	Costo de los eventos en el escenario con cambio climático (A2)	Costo de los eventos en el escenario sin cambio climático	Diferencia acumulada	Costo anual del cambio climático en el escenario A2
2030	49 034 098	3 235 005	1 916 314	1 318 692	54 945
2050	82 916 958	8 720 411	2 945 908	5 774 503	131 239
2070	131 515 147	16 973 917	4 672 524	12 301 393	192 209
2100	243 720 534	36 604 973	12 988 504	23 616 468	251 239

**B. Impactos económicos de los eventos extremos en el escenario de mínima con cambio climático (B2)**

Período	PIB sin cambio climático	Costo de los eventos en el escenario con cambio climático (B2)	Costo de los eventos en el escenario sin cambio climático	Diferencia acumulada	Costo anual del cambio climático en el escenario B2
2030	34 723 570	1 534 713	1 357 041	177 672	7 403
2050	48 281 822	3 782 718	1 715 376	2 067 342	46 985
2070	68 134 160	7 003 892	2 420 698	4 583 193	71 612
2100	103 553 486	13 246 426	5 518 636	7 727 790	82 211

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos disponibles.

Los resultados obtenidos de los impactos de los eventos extremos se compararon con los costos sufridos en las últimas décadas —tanto de las sequías como de las inundaciones—, para lo que se tomó en cuenta un promedio de una sequía cada 10 años y una inundación cada 5, con los costos medios verificados en el pasado reciente según la información relevada, expresados como un porcentaje del PIB del año base. Luego se aplicaron al PIB de los escenarios correspondientes —dinámico y de mínima— para captar los efectos en los aumentos de actividad.

## G. Salud

En el Uruguay, la autoridad responsable del manejo de los temas de salud vinculados al cambio climático es la División Salud Ambiental y Ocupacional de la Dirección General de la Salud del Ministerio de Salud Pública, cuyos técnicos brindaron colaboración institucional para realizar este estudio.

Según el Ministerio de Salud Pública, en el Uruguay históricamente se ha registrado un número acotado de casos de enfermedades vinculadas al cambio climático, tanto por sus condiciones climáticas como por las campañas de prevención y vacunación general que el sistema de salud suele llevar adelante.

En relación con dichas enfermedades, se destaca que no existe transmisión de dengue, —pero sí presencia del vector— en el territorio nacional. En este caso, desde 2007 se instrumentaban campañas de difusión y prevención.

No hubo casos de rabia hasta la causada por murciélagos insectívoros en 2007 en los departamentos de la zona norte. Además, desde el primer diagnóstico de hantavirus en 1997, se han confirmado 86 casos, en descenso gracias al diagnóstico precoz y un tratamiento eficaz. Se ha identificado un aumento de la incidencia de la leptospirosis a nivel nacional, con 120 casos en 2009 y una clara relación con las inundaciones y la falta de saneamiento y basurales endémicos.

Por otra parte, no se poseen registros de las afecciones y accidentes vinculados a los eventos extremos, aunque se supone que el incremento de la mortalidad infantil por causas respiratorias obedeció a la ola de frío de 2007. En 2005 se reportaron 2.877 casos de hepatitis A, ante lo que el Ministerio de Salud Pública implementó la inmunización como parte del certificado nacional de vacunación, medida que en 2008 redujo los casos a 410.

Es escasa la experiencia e información en estos temas, lo que ha dificultado el análisis de este sector en el presente estudio, por lo que no se tienen estimaciones de los impactos del cambio climático. Sin embargo, algunas enfermedades —como la leptospirosis y, en cierta forma, la hepatitis, los problemas respiratorios e, incluso, el hantavirus— están preanunciando la vulnerabilidad del país en esta materia, sin tomar en cuenta aún los problemas que podrían propiciar un brote de dengue o malaria cuando la temperatura alcance los niveles de algunos países de la región, donde estas enfermedades están presentes y ejercen potentes impactos que, según estudios de dichos países, se profundizarán en el futuro.

Frente a ello, las autoridades han implementado campañas nacionales permanentes para difundir la vacunación y medidas preventivas frente al dengue, con el objeto de colocar barreras que impidan el avance de estas enfermedades y frenar su penetración. Las mayores dificultades radican en la posibilidad de contenerlas e impedir que se extiendan, al menos en el norte del país, en el futuro próximo.

Es importante destacar que la división encargada del tema entabló un vínculo directo con los responsables del estudio y proporcionó el análisis y los datos disponibles, a la vez que ha iniciado tareas tendientes a costear las medidas de adaptación necesarias ante los riesgos que implican en este campo los escenarios de cambio climático.

## H. Finanzas públicas, sector externo y empleo

En esta oportunidad no se han podido cuantificar en su totalidad los impactos del cambio climático en las finanzas públicas en virtud del herramental utilizado, ya que deberían haberse desarrollado modelos específicos para su análisis cuantitativo. A modo de ejemplo, la reciente sequía tuvo como resultado un conjunto de acciones públicas y un gasto significativo asociado para atender estos problemas, que no son analizados en este estudio de esa manera.

Por tanto, en el estudio actual solo se han manejado algunas hipótesis básicas para aplicar los modelos de insumo–producto a los escenarios considerados. Se supuso que el gasto público, sin considerar las inversiones, se elevaría del actual 11% del PIB al 12% o 13% en 2100 para atender los mayores desarrollos económicos del país y, a su vez, continuar las políticas sociales inclusivas, ya que el mantenimiento del perfil agroindustrial del Uruguay podría causar un impacto negativo en la distribución del ingreso y ciertas exclusiones sociales. Además, el desarrollo tecnológico tal vez no contribuya a evitar estos problemas en la distribución del ingreso. Lógicamente, estos problemas serían menores en el caso del escenario de mínima.

Por su parte, los impactos sectoriales del cambio climático ejercerían efectos negativos, como en el caso de la sequía, y generarían un mayor gasto para enfrentarlos, pero la forma del modelo no nos permite cuantificarlo de manera adecuada. Sin duda, las inversiones públicas crecerían en el escenario A2 y deberían contribuir al esfuerzo de enfrentar los impactos del cambio climático en la infraestructura. No se han calculado tampoco los ingresos públicos, pero también se observarían impactos adversos al verse afectado el desempeño de la mayoría de las actividades del país, según ya se ha visto.

Con respecto al sector externo, en los escenarios socioeconómicos se ha supuesto que las exportaciones se elevarán de 5.800 millones de dólares en 2006 a unos 75.000 millones —en el escenario dinámico— y a 38.000 millones —en el escenario de mínima— hasta 2100, sobre todo por la influencia preponderante de las exportaciones de materias primas del sector primario y ciertos productos elaborados. Cabe destacar que las exportaciones de origen agrícola pasan a ser casi el 13% del total en 2030, tras lo cual pierden importancia relativa, mientras que en 2100 la carne vacuna mantiene una ponderación del orden del 20% del total de las exportaciones en el escenario dinámico. El sector con mayor dinamismo es el forestal-maderero-papelero, cuya relevancia se incrementa hasta alcanzar un tercio del total en 2100, tras tener una escasa importancia en 2008 y trepar hasta el 15% del total en 2030.

Aunque el modelo utilizado no permite cuantificar el impacto del cambio climático en el sector externo, puede concluirse que las exportaciones se verían afectadas en forma más profunda que el consumo interno al final del período por los impactos negativos del cambio climático en las exportaciones, que constituían la clave del desarrollo del período considerado.

Por otra parte, los demás impactos tendrían consecuencias adversas para el sector externo —un incremento de las importaciones para paliar los problemas de infraestructura y la necesidad de atender la mayor demanda energética y los eventos extremos—, aunque estos también afectarían, entre otras actividades, las exportaciones, donde la pérdida de ingresos por turismo jugaría un papel destacado.

Por lo tanto, aunque no se posee una cuantificación clara de los impactos del cambio climático en el sector externo, puede concluirse que probablemente se generarán déficits significativos en la cuenta corriente, tanto a causa de déficits comerciales como turísticos y mayores costos de intereses, ya que se deberían incrementar los niveles de deuda para enfrentar esta coyuntura.

Con respecto al empleo, tampoco se posee una cuantificación de los impactos del cambio climático, pero debe tenerse en cuenta que el menor nivel de crecimiento del producto afectará este rubro. En el Uruguay, se ha calculado que la elasticidad-ingreso de la demanda de empleo se ubica en el orden de 0,6 (Amarante, 2000), lo que haría pensar en caídas del nivel de empleo de dos dígitos, lo que provocaría un considerable aumento de la actual tasa de desempleo, que fluctúa entre el 7% y el 8% de la población económicamente activa. A su vez, podría pensarse que estos problemas de demanda podrían tener un efecto más directo entre las poblaciones de menores ingresos y de baja capacitación, ya que los impactos considerados en este estudio en general afectarían, sobre todo, a quienes tienen menores posibilidades de adaptarse a los nuevos fenómenos y que suelen encontrarse por debajo de la línea de pobreza o en condiciones de marginalidad.

En el futuro, aumentarán la frecuencia y la intensidad de este tipo de problemas, lo que elevará el gasto público requerido para atenderlos. Ante esta situación, se plantea la necesidad, entre otras, de lograr el fortalecimiento institucional y operativo de la Dirección Nacional de Meteorología, responsable de la información climática, imprescindible para elaborar escenarios y monitorear los problemas, a fin de dotar al servicio de la infraestructura y la capacidad necesarias para cumplir adecuadamente su rol.

## I. Impacto agregado esperado

El fenómeno del cambio climático provoca impactos socioeconómicos muy diversos, que se extienden por todos los sectores de la economía. Dada su amplitud, es una tarea ímproba intentar captarlos, por lo que en este estudio se hace hincapié solo en los de mayor relevancia que pueden medirse en términos económicos. A esta dificultad se agregan la acotada información sobre los fenómenos físicos y también su valoración en términos económicos, además de la falta de herramientas y modelos que permitan captar estos movimientos y valuarlos, sobre todo, en el futuro más lejano.

Por tanto, dadas estas restricciones, en este estudio se analizan los impactos socioeconómicos más relevantes para el Uruguay, que en esta oportunidad se pudieron mensurar en función de los datos disponibles que, si bien resultaron bastante limitados, sirvieron a estos fines. Se abordaron los siguientes sectores:

- i) Agropecuario: los impactos económicos se analizaron a partir de los cambios en la productividad y la producción de los subsectores agrícola, pecuario y forestal;
- ii) Energía: se calcularon los impactos económicos tomando en cuenta los costos de las fuentes energéticas renovables, gas natural e importaciones, en forma inicial, y carbón, energía nuclear e importaciones, a más largo plazo;
- iii) Turismo: se midieron las variaciones en el ingreso de turistas y su costo futuro ante la mayor temperatura, contrarrestado por los efectos de la erosión y las inundaciones de las playas;
- iv) Agua potable: los costos del mayor abastecimiento correspondieron a los impactos económicos considerados;
- v) Recursos costeros: los impactos económicos se obtuvieron de la cuantificación de las pérdidas de terrenos, viviendas, ingresos de la población, infraestructura, erosión e inundación de las playas y biodiversidad, entre otros factores, valorados económicamente. Los efectos en la biodiversidad costera no se incluyeron en este sector para evitar la doble contabilidad, ya que se los tomó en cuenta en el sector dedicado a la biodiversidad;
- vi) Biodiversidad: se contabilizaron las pérdidas económicas de los productos generados por los servicios ecosistémicos de la biodiversidad terrestre del Uruguay, y
- vii) Eventos hidrometeorológicos extremos: se estimaron los impactos económicos diferenciales a largo plazo mediante la valoración de las pérdidas ocasionadas por las sequías e inundaciones extremas.

No se tomaron en cuenta los impactos económicos de los cambios en los recursos hídricos por falta de un análisis e información que pudieran definir las interrelaciones con otros sectores, por ejemplo, la energía eléctrica. Tampoco se incluyó el sector de la salud, sobre todo, por falta de información, la inexistencia de antecedentes claros y las posibilidades de incluir enfermedades desconocidas en el país.

También debe tenerse en cuenta la falta de análisis de la biodiversidad acuática por problemas de herramental y escasa información para abordarla; por motivos similares tampoco se incluyeron otros eventos extremos relevantes.

A partir de ello, en el cuadro IV.11 se resumen los impactos esperados en los distintos sectores, hayan sido tenidos en cuenta o no en este estudio para su valoración económica.

### CUADRO IV.11 RESUMEN DE LOS IMPACTOS SECTORIALES

#### A. Sectores incluidos en la cuantificación de los impactos económicos:

Sector	Impactos esperados	Supuestos de la valoración económica
Agropecuario	Cambio en la productividad de los cultivos, la producción pecuaria y la forestación.	Los cambios en las producciones valuados a precios de mercado probables a largo plazo determinan los valores agregados sectoriales.
Energía	Aumento de la demanda y cambios en la oferta, atendidas mediante la inclusión de fuentes térmicas adicionales.	Las nuevas necesidades energéticas se valúan sobre la base del precio esperado del petróleo.
Turismo	Mayor ingreso de turistas de sol y playa a causa del aumento de la temperatura, pero menos turistas debido a la erosión y las inundaciones.	Se estimó un gasto por turista adicional.
Agua potable	Cambios en la demanda de agua potable.	Se aplicó el costo marginal del consumo de agua potable a los cambios calculados.
Recursos costeros	Destrucción de viviendas e infraestructura, inundación de terrenos, inundación y erosión de playas, afectación del turismo.	Asignación de precios de mercado y valores económicos a cada ítem perdido o afectado.
Biodiversidad	Cambios en los productos que generan en el Uruguay los servicios ecosistémicos terrestres.	Uso de distintos criterios de valoración económica de estos productos a nivel internacional, excepto en el caso de los humedales, a los que se asignó una valoración local.
Eventos hidrometeorológicos extremos	Afectación de los ingresos de la población, las producciones agropecuarias y sus cadenas industriales y comerciales, las viviendas, el equipamiento de los hogares, los activos de las empresas, los traslados, los alojamientos, la alimentación, la infraestructuras y la atención de la salud, entre otras áreas.	Estimación de salarios perdidos, costo de reparación o construcción de viviendas, precios de equipamientos, pérdidas económicas de activos y lucro cesante de las empresas, costo de atención a inundados, costo de infraestructura y reparaciones, y pagos de exoneraciones y subsidios, entre otros.

#### B. Sectores no incluidos en la cuantificación de los impactos económicos:

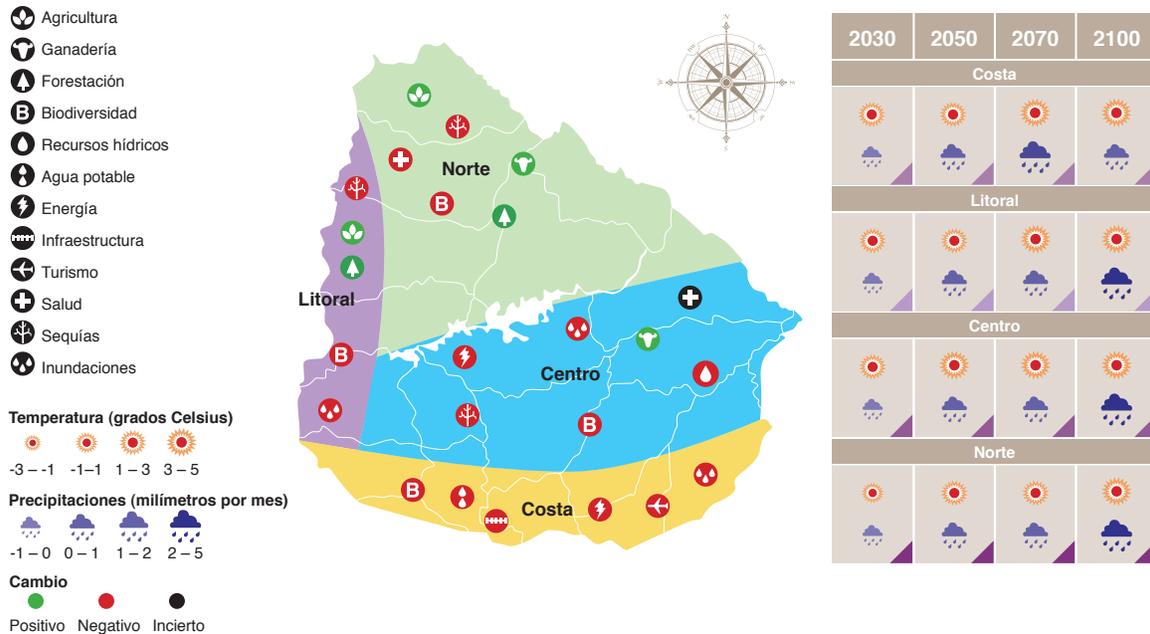
Sector	Impactos esperados	Nivel de conocimiento
Recursos hídricos	Menor disponibilidad de agua en algunas cuencas y contaminación de otras por diversas causas.	Alta probabilidad de ocurrencia en alguna cuenca específica. No se dispone de análisis al respecto.
Recursos pesqueros	Cambios en la productividad y riesgo de desaparición de especies.	No se contaba con información y análisis.
Biodiversidad acuática	Cambios en las especies y los servicios ecosistémicos.	No se cuenta con información y herramientas para su análisis.
Salud	Aumento de enfermedades por eventos extremos, ingreso de enfermedades conocidas o nuevas por el aumento de la temperatura, sin experiencia ni conocimiento en el país.	No se posee información sobre algunas enfermedades y es escasa en otras. Dificultades para aplicar experiencias de realidades cercanas por las particularidades locales.
Eventos extremos	Lucro cesante, pérdida de activos, rentabilidad, producciones, enfermedades, heridos o muertes causados por otros eventos extremos, sin incluir las sequías o inundaciones.	Escasa información histórica sobre los eventos, dificultades para su valuación económica posterior y falta de herramientas para evaluar estos impactos.

Fuente: Elaboración propia.

Para resumir los resultados de este estudio, se ha confeccionado un mapa que sintetiza gráficamente los impactos económicos del cambio climático determinados en el estudio en las cuatro regiones en que se dividió el Uruguay: la costa, el litoral, el centro y el norte. En cada una se incluye un indicador del sector que ejerce el mayor impacto según los alcances ya comentados, y se especifica si el efecto es positivo, negativo o incierto, utilizando diferentes colores.

A su vez, se acompaña el mapa con una diferenciación gráfica de los escenarios climáticos, expresados en temperatura y precipitaciones para cada una de las regiones. Las oscilaciones de estas variables climáticas analizadas para 2030, 2050, 2070 y 2100 se representaron en el gráfico IV.3.

**GRÁFICO IV.3**  
**URUGUAY: RESUMEN DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO, 2030-2100**



Fuente: Elaboración propia.

A partir de los impactos económicos obtenidos para cada sector, se presenta a continuación el resultado agregado a modo de guía para el diseño de políticas y acciones sobre el fenómeno del cambio climático en el futuro inmediato.

En el propio informe Stern se presentó un cálculo de este tipo que demostró la importancia atribuida, ya que su divulgación provocó diversos cambios en las políticas gubernamentales y en la postura de las sociedades ante este fenómeno.

La incertidumbre del fenómeno climático en todos los trabajos realizados y, en especial, en este estudio implica que estos resultados gozan de una validez relativa. Para relativizar en cierta forma la incertidumbre de los cálculos, se considera que los impactos tienen un mayor valor en el presente que en el futuro. Para expresarlos en términos actuales se aplican tasas anuales de descuento que, a fin de homogeneizar los resultados con los del resto de los países que participaron en el Estudio Regional de Economía del Cambio Climático en Sudamérica, son del 0,5%, el 2% y el 4%.

Por otra parte, los impactos sectoriales calculados deben incorporar los efectos indirectos que provocan en otros sectores productivos y de servicios, y tomar en cuenta sus interrelaciones con el resto de la sociedad. Para ello, se ha recurrido al modelo de insumo-producto utilizado para elaborar los escenarios socioeconómicos y calcular los efectos indirectos. Este modelo se aplicó a los datos acumulados a 2050 y 2100 ya descontados para cada tasa y escenario, y se los consideró un cambio en la demanda final, dado que este modelo incluye una matriz de efectos directos e indirectos que permite calcularlos.

Al efectuar los cálculos, en los sectores primarios se incluyeron los impactos en la biodiversidad, ya que a largo plazo estos efectos se reflejarían en dichas producciones. Los efectos en los recursos costeros se dedujeron de la inversión del país por considerar que la afectaban, y los cálculos tampoco incluyeron los eventos extremos porque su costo ya contenía los impactos directos e indirectos. Debe tenerse en cuenta que en este cálculo se han incluido ciertas consecuencias que no tienen necesariamente precios de mercado, tales como los impactos en la biodiversidad.

En los cuadros IV.12 y IV.13 pueden verse, en primer lugar, los resultados correspondientes a cada uno de los escenarios considerados, expresados en dólares de 2008 y acumulados a 2050 y 2100, descontados a cada una de las tasas de descuento utilizadas. De estos datos se desprende que en 2100 los costos acumulados del cambio climático se ubicarían en casi 19.500 millones de dólares en el caso del escenario dinámico con cambio climático (A2) y en algo más de 2.500 millones de dólares en el escenario de mínima con cambio climático (B2) a una tasa de descuento del 4%. Se podría obtener una aproximación menos incierta con un promedio de ambos escenarios, que, con esta tasa de descuento, arrojaría un costo de alrededor de 11.000 millones de dólares. Si se utiliza la tasa de descuento menor —el 0,5% anual—, este promedio se elevaría a casi 54.000 millones.

**CUADRO IV.12**  
**COSTOS TOTALES ACUMULADOS DE LOS IMPACTOS**  
**DEL CAMBIO CLIMÁTICO HASTA 2050**  
*(En millones de dólares de 2008)*

Sectores	Tasa de descuento: 0,5		Tasa de descuento: 2		Tasa de descuento: 4	
	A2	B2	A2	B2	A2	B2
Agropecuario	-2 950	-5 023	-2 386	-3 403	-1 795	-2 120
Energía	5 164	3 286	3 466	2 189	2 128	1 333
Turismo	-1 157	-805	-831	-607	-555	-430
Agua	295	238	203	161	129	100
Recursos costeros	825	356	802	346	772	333
Biodiversidad	4 531	2 375	3 296	1 268	2 301	554
Eventos extremos	3 430	961	2 413	635	1 602	384
Subtotal	10 136	1 388	6 963	589	4 581	153
Impactos indirectos	9 982	559	6 445	-100	3 717	-994
Subtotal	9 982	559	6 445	-100	3 717	-994
Total	20 118	1 947	13 408	488	8 298	-841

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO IV.13**  
**COSTOS TOTALES ACUMULADOS DE LOS IMPACTOS**  
**DEL CAMBIO CLIMÁTICO HASTA 2100**  
*(En millones de dólares de 2008)*

Sectores	Tasa de descuento: 0,5		Tasa de descuento: 2		Tasa de descuento: 4	
	A2	B2	A2	B2	A2	B2
Agropecuario	6 399	-13 218	905	-6 532	-901	-3 066
Energía	20 693	12 094	9 098	5 452	3 722	2 283
Turismo	-86	-955	-483	-718	-473	-485
Agua	807	719	395	343	186	155
Recursos costeros	3 823	2 795	3 644	2 656	3 422	2 485
Biodiversidad	5 406	3 872	3 598	1 783	2 375	682
Eventos extremos	11 515	3 741	5 430	1 684	2 486	696
Subtotal	48 556	9 047	22 587	4 669	10 817	2 750
Impactos indirectos	41 863	8 146	21 982	3 090	8 612	-207
Subtotal	41 863	8 146	21 982	3 090	8 612	-207
Total	90 419	17 193	44 569	7 759	19 429	2 543

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en los cuadros IV.14 y IV.15, se presentan estos resultados comparados con el nivel actual del PIB de 2008 —32.000 millones de dólares—. Por ende, dadas las incertidumbres y riesgos considerados, a una tasa de descuento del 4% anual el cambio climático tendría en 2100 —como promedio de ambos escenarios— un impacto acumulado del 25% del PIB de 2008, lo que muestra la significancia relativa del fenómeno para el Uruguay más allá de las incertidumbres y los condicionamientos de los cálculos.

**CUADRO IV.14**  
**COSTOS TOTALES ACUMULADOS DE LOS IMPACTOS**  
**DEL CAMBIO CLIMÁTICO HASTA 2050**  
*(En porcentajes del PIB de 2008)*

**Porcentajes del PIB de 2008 acumulados a 2050**

Sectores	Tasa de descuento anual: 0,5			Tasa de descuento anual: 2			Tasa de descuento anual: 4		
	A2	B2	Promedio de los escenarios	A2	B2	Promedio de los escenarios	A2	B2	Promedio de los escenarios
Agropecuario	-9,3	-15,7	-12,5	-7,5	-10,6	-9,0	-5,6	-6,6	-6,1
Energía	16,0	10,2	13,1	10,4	6,6	8,5	6,2	3,9	5,0
Turismo	-3,6	-2,5	-3,1	-2,6	-1,9	-2,3	-1,8	-1,4	-1,6
Agua	0,9	0,7	0,8	0,6	0,5	0,6	0,4	0,3	0,4
Recursos costeros	2,1	0,9	1,5	1,2	0,5	0,8	0,6	0,2	0,4
Biodiversidad	14,2	7,4	10,8	10,3	4,0	7,1	7,2	1,7	4,5
Desastres	10,7	3,0	6,9	7,5	2,0	4,8	5,0	1,2	3,1
Subtotal	31,0	4,0	17,5	20,0	1,0	10,5	11,9	-0,6	5,6
Indirectos	31,2	1,7	16,5	20,1	-0,3	9,9	11,6	-3,1	4,3
Totales	62,2	5,8	34,0	40,1	0,6	20,4	23,5	-3,7	9,9

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO IV.15**  
**COSTOS TOTALES ACUMULADOS DE LOS IMPACTOS**  
**DEL CAMBIO CLIMÁTICO HASTA 2100**  
*(En porcentajes del PIB de 2008)*

**Porcentajes del PIB de 2008 acumulados a 2100**

Sectores	Tasa de descuento anual: 0,5			Tasa de descuento anual: 2			Tasa de descuento anual: 4		
	A2	B2	Promedio de los escenarios	A2	B2	Promedio de los escenarios	A2	B2	Promedio de los escenarios
Agropecuario	20,0	-41,3	-10,7	2,8	-20,4	-8,8	-2,8	-9,6	-6,2
Energía	64,0	37,4	50,7	27,3	16,4	21,9	10,8	6,6	8,7
Turismo	-0,3	-3,0	-1,6	-1,5	-2,3	-1,9	-1,5	-1,5	-1,5
Agua	2,5	2,3	2,4	1,3	1,1	1,2	0,6	0,5	0,6
Recursos costeros	8,5	6,1	7,3	3,2	2,1	2,6	1,0	0,6	0,8
Biodiversidad	16,9	12,1	14,5	11,2	5,6	8,4	7,4	2,1	4,8
Desastres	36,0	11,7	23,9	17,0	5,3	11,2	7,8	2,2	5,0
Subtotal	147,7	25,3	86,5	61,3	7,8	34,5	23,2	1,0	12,1
Indirectos	130,8	25,5	78,1	68,7	9,7	39,2	26,9	-0,6	13,1
Totales	278,5	50,8	164,6	130,0	17,4	73,7	50,2	0,3	25,2

Fuente: Elaboración propia.

Los impactos del cambio climático ofrecen ciertos beneficios a los sectores primarios por el efecto de la mayor temperatura, que incrementa los rendimientos de los cultivos y las pasturas. A partir de cierta temperatura —alrededor de 2 °C más que la actual—, se revierte el impacto beneficioso, por lo que ello no sucede en el escenario de mínima con cambio climático (B2). Además, estos beneficios se ven contrarrestados en cierta forma por los efectos del cambio climático en los productos de los servicios ecosistémicos de la biodiversidad terrestre.

Por otra parte, si bien la incertidumbre de las proyecciones de los eventos extremos es muy alta, dado que los modelos fueron evaluados para aproximarse lo más adecuadamente posible a los valores medios, los supuestos de este cálculo permiten visualizar la relevancia de los costos de los eventos extremos para la economía uruguaya.

Por último, cabe destacar los costos ocasionados por los impactos del cambio climático en el sector energético, que se constituyen en uno de los principales efectos negativos para la economía del Uruguay en el futuro.

En síntesis, la mayor preocupación por el cambio climático se centraría, según estos resultados, en los impactos en la energía, los eventos extremos y la biodiversidad, seguidos por el turismo después de 2050, mientras que los sectores primarios empezarían a representar una fuente de intranquilidad cuando la temperatura aumente más de 2 °C respecto de sus niveles actuales.

## V. Procesos de adaptación en curso y medidas propuestas

La importancia del cambio climático para el futuro del Uruguay que se desprende de los resultados de este estudio implica poner de manifiesto la necesidad de dedicar esfuerzos y recursos a diseñar y planificar políticas de adaptación. Cabe resaltar que ya se han encaminado algunas medidas y políticas, aunque es un proceso incipiente y, en algunos casos, constituyen medidas de adaptación autónomas. Sin embargo, se han activado acciones en respuesta a ciertos eventos climáticos recientes y se ha empezado a asignar a este tema mayor relevancia en el ámbito gubernamental.

### A. Evidencia de los procesos de adaptación: ejemplos y cuantificación

Hoy ya se encuentra alguna evidencia de procesos y medidas de adaptación al cambio climático, que, en algunos casos, tuvieron un origen autónomo y natural, mientras que en otros obedecieron a objetivos diferentes, aunque en instancias ya más recientes se definieron políticas y acciones con el objetivo de adaptarse al cambio climático.

Entre las primeras, se destaca a grandes luces el desarrollo de la siembra directa, que ya cubre el 85% del área cultivada y posibilitó el gran crecimiento de la soja —que en la actualidad representa el primer producto agrícola tras haber desencadenado un proceso de adaptación casi automático que incentivó los cultivos de invierno a fin de evitar los efectos contraproducentes para el suelo de la soja como monocultivo—. Además, se observan evidencias de incorporación de pasturas mejoradas en la producción vacuna, con mejor uso de fertilizantes, intensificación de los sistemas de producción ganadera mediante el uso de sistemas de pastoreo o del confinamiento total o parcial.

Por otro lado y con un objetivo explícito, se destaca un proyecto piloto de medidas de adaptación al cambio climático en la zona costera. También cabe mencionar aquí la creación efectiva del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Uruguay el año pasado. Aunque menos relacionado estrictamente con el cambio climático, puede mencionarse en el sector agropecuario el Proyecto Producción Responsable que lleva adelante el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, con el apoyo del Banco Mundial,

orientado a fomentar una producción respetuosa del medio ambiente entre los pequeños establecimientos agropecuarios, con buen éxito en el sur del país.

A su vez, se destaca también la política del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca relativa a los seguros agrícolas, que atienden las pérdidas de activos ante eventos extremos y otros problemas climáticos. En la actualidad, también se llevan a cabo diversas investigaciones en el área agrícola para medir las productividades de emergencia, por ejemplo, y desarrollar aún más los seguros y otros instrumentos financieros destinados a gestionar los riesgos climáticos.

## **B. Propuestas de adaptación: descripción y estimación de los costos**

En el estudio se han identificado medidas de adaptación para los sectores agropecuario y uso del suelo, biodiversidad y recursos costeros, según se describe a continuación.

### **1. Sector agropecuario y uso del suelo**

En 2004, el Programa de Medidas Generales de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático en Uruguay propuso dos medidas de adaptación: i) el mejoramiento genético de los cultivos, y ii) la promoción del manejo sostenible de los suelos, incluida la siembra directa. Más tarde, Giménez (2006) identificó algunas acciones adicionales para el maíz y la soja, y una medida adaptativa para mejorar los pronósticos climatológicos estacionales.

Sobre la base de dichos antecedentes y a efectos de presentar este resumen ejecutivo, de un gran conjunto se han seleccionado las principales propuestas de adaptación al cambio climático:

- i) Almacenaje de agua y expansión de la infraestructura de riego: la mayor variabilidad climática y la creciente asiduidad de los eventos extremos producirían una alternancia periódica de excesos y déficits hídricos que, pese a la tendencia a una mayor pluviosidad, podrían causar frecuentes sequías;
- ii) La intensificación de la producción ganadera mediante el mejoramiento de las pasturas parece ser también una respuesta natural para adaptarse a una mayor variabilidad climática;
- iii) Adopción de prácticas mejoradas en sistemas agrícolas que apunten a conservar el suelo y lograr un uso eficiente del agua, entre las que se destacan la implementación de sistemas de laboreo reducido o de siembra directa y una rotación más generalizada de cultivos y pasturas;
- iv) Desarrollo de nuevas variedades: es muy probable que para obtener las cualidades necesarias para adaptarse al cambio climático se deban abrir nuevas líneas de mejoramiento que impliquen costos extras en este sector;
- v) La siembra de bosques constituye de por sí una medida de adaptación, sobre todo, por su aporte a la regulación del ciclo hidrológico, por ejemplo, en sitios con una vegetación de pradera y disminuye el escurrimiento superficial de las precipitaciones, y
- vi) Desarrollo de seguros y otros instrumentos financieros para gestionar los riesgos climatológicos, como los índices climáticos, los derivados climáticos o los fondos de reaseguro para eventos catastróficos por parte del Estado, para lo que se requieren datos sobre las variables climáticas, las pérdidas económicas causadas por eventos climáticos adversos, mapas de vulnerabilidad al riesgo de las diferentes comunidades agrícolas y una modelación de los riesgos, entre otros.

La mayoría de las medidas consideradas apuntan tanto a la adaptación como a la mitigación en general, ya que tienen como objeto intensificar la producción ganadera, aumentar la productividad por medio del riego, adoptar prácticas de laboreo conservacionista, expandir los bosques, incrementar las rotaciones entre cultivos y pasturas, y prevenir los incendios forestales. Además, como se dispone de información sobre varias de ellas y en este estudio se han calculado los costos correspondientes, para simplificar la tarea se ha optado por abordar sus impactos y costos en el capítulo donde se analiza la mitigación del cambio climático.

Por ende, en este capítulo se trata solo aquella propuesta que se puede asociar en forma directa con la adaptación al cambio climático: incrementar la capacidad de almacenaje de agua y expandir la infraestructura de riego. Según estimaciones, el costo previsto de las inversiones y la implementación de esta medida en el período 2010-2100, a una tasa de descuento del 4% anual, es de casi el 7% del PIB de 2008.

## 2. Biodiversidad

En lo que respecta a la biodiversidad, se proponen medidas de adaptación, sobre todo preventivas, centradas en tres aspectos principales, que pueden sintetizarse de la siguiente manera: i) acciones tendientes a mejorar e incrementar la investigación y el monitoreo; ii) atención de los ecosistemas más valiosos, en general incluidos en los sistemas de áreas protegidas, y iii) manejo de los procesos productivos.

Antes de llevar a cabo este estudio, se elaboró el Programa de Medidas Generales de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático en Uruguay, donde también se incluyeron medidas respecto de la biodiversidad, que cubrían específicamente las tres primeras vertientes —por lo que serán tomadas en cuenta— y que fueron validadas mediante el aporte de los principales técnicos y expertos del Uruguay en aquella oportunidad.

A los fines de este trabajo, se han actualizado sus costos económicos a precios de 2008, por lo que representan un total de 16,5 millones de dólares —algo menos del 1% del PIB de aquel año—, ya que son medidas preventivas y de investigación y monitoreo. Por consiguiente, sobre la base de la información producida por estas medidas podrían considerarse otras acciones, ya con intervención en el territorio y costos mucho más significativos, como la compra de tierras para su protección.

**CUADRO V.1**  
**BIODIVERSIDAD: COSTOS DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN**  
*(En millones de dólares de 2008)*

Medidas de adaptación	Inversión	Costo total
Monitoreo de los cambios en los principales ecosistemas	223	985
Delimitación, implementación y gestión de las áreas protegidas	866	10 074
Diversificación productiva	745	5 547
<b>Total</b>	<b>1 834</b>	<b>16 606</b>

Fuente: Elaboración propia sobre la base del Programa de Medidas Generales de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático en Uruguay.

### 3. Recursos costeros

La identificación de los potenciales impactos y de la vulnerabilidad de las zonas costeras sugiere que la adaptación al cambio climático se debe centrar en medidas de tipo anticipatorio, que también ayudarían a facilitar la adopción futura de medidas reactivas.

Al igual que en el caso anterior, se ha decidido en esta oportunidad abordar aquí las acciones del Programa de Medidas Generales de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático en Uruguay (2002), es decir, la gestión integrada de la costa, el monitoreo y las áreas costeras degradadas, que se resumen a continuación:

- i) Promover la gestión en forma integrada de la zona costera, basada en la coordinación de los diferentes organismos y sus responsabilidades, a partir de un análisis exhaustivo de la vulnerabilidad de la zona costera al cambio climático;
- ii) Establecer un sistema de monitoreo sistemático de la evolución del oleaje y los perfiles de las playas, para complementar las mediciones del nivel del mar y los recursos bióticos, y
- iii) Estudiar las áreas costeras degradadas con el fin de aportar las soluciones necesarias para superar los problemas actuales de estas zonas y los futuros impactos del cambio climático en las playas.

Con estas medidas, se procedió a actualizar a 2008 —según la evolución de la inflación y los tipos de cambio— los costos determinados en aquel plan para utilizarlos en este estudio. En función de ello, las medidas de adaptación al cambio climático implican costos por 123 millones de dólares —casi el 4% del PIB de 2008—, lo que indica su bajo costo.

**CUADRO V.2**  
**RECURSOS COSTEROS: COSTOS DE**  
**LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN**  
*(En dólares de 2008)*

Medidas de adaptación	Costo incremental neto
Gestión integrada de la costa	22 669 558
Monitoreo	4 574 800
Áreas costeras degradadas	95 598 645
Total	122 843 004

Fuente: Elaboración propia sobre la base del Programa de Medidas Generales de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático en Uruguay.

## **VI. Procesos orientados a mitigar el cambio climático**

En esta sección, se analizarán, en particular, los sectores energético, uso del suelo y cambios en el uso del suelo —incluido el sector agropecuario— y desechos, que son los principales responsables de las emisiones de gases de efecto invernadero en el Uruguay.

### **A. Escenarios base de dióxido de carbono equivalente**

#### **1. Energía**

Dada la falta de medidas específicas de mitigación, el análisis del escenario energético de base —tendencial— que recoge las tendencias históricas del sector, se efectuó, desde el punto de vista metodológico, con el Sistema de Planificación de Alternativas Energéticas de Largo Plazo, de uso generalizado en este tipo de estudios, y se utilizó como base el escenario socioeconómico dinámico con cambio climático (A2), además de diversos supuestos para los subsectores tomados en cuenta.

Los resultados muestran que en este escenario la demanda final de energía crecerá durante el período 2006-2030 a una tasa del 3,1% anual, menor a la del PIB —3,7%—, a raíz de una mayor eficiencia en la producción y el consumo energético, que se traduce en una menor intensidad energética. Los sectores más dinámicos serán la industria y los comercios y servicios, en tanto que el sector residencial perderá participación por la baja tasa de crecimiento demográfico. En lo que respecta a la evolución de la demanda de fuentes energéticas, la dependencia de los hidrocarburos seguirá siendo preponderante en el escenario tendencial.

**CUADRO VI.1**  
**ESCENARIO TENDENCIAL: PROSPECTIVA DE LA DEMANDA FINAL TOTAL**  
**DE ENERGÍA, POR SECTOR, 2006-2030**  
*(En miles de toneladas equivalentes de petróleo y porcentajes)*

	2006	2010	2015	2020	2025	2030	Tasa de crecimiento acumulativo anual
Residencial	260	272	292	303	320	335	1,1
Comercios y servicios	197	231	275	327	383	449	3,5
Industria	150	179	222	283	359	467	4,8
Transporte	0	0	0	0	0	0	No incluido
Agropecuario	20	22	25	29	32	37	2,6
Minería	6	6	7	8	9	10	2,3
Pesca	9	12	16	22	28	36	6,0
Construcción	2	3	3	4	5	5	4,2
Total	642	725	840	975	1 136	1 337	3,1

Fuente: Elaboración propia sobre la base de resultados elaborados con el Sistema de Planificación de Alternativas Energéticas de Largo Plazo (LEAP).

Sobre la base de estos resultados, se determinaron los requerimientos del sistema de abastecimiento energético: en el sector eléctrico se observa una creciente participación de la generación térmica a partir de derivados del petróleo, ya que se trata de un escenario sin disponibilidad de gas natural. Como consecuencia de ello, se estima que aumentará el consumo de los derivados del petróleo y que se utilizará carbón mineral para producir energía eléctrica. En este escenario también se incorpora la generación de energía a partir de fuentes renovables no convencionales. Por otra parte, no se incorporaron proyectos destinados a incrementar la capacidad de la refinería, por lo que los faltantes se cubren con importaciones.

**CUADRO VI.2**  
**ESCENARIO TENDENCIAL: ESTRUCTURA DE LA DEMANDA FINAL,**  
**POR FUENTE, 2006-2030**  
*(En porcentajes)*

	2006	2010	2015	2020	2025	2030
Biodiésel	0,0	0,6	1,0	1,0	0,9	0,9
Biomasa	21,1	20,6	20,9	21,4	22,4	24,0
Combustibles sólidos	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Derivados del petróleo	47,2	47,1	46,2	45,7	44,6	43,1
Electricidad	24,1	24,0	24,0	23,9	23,8	23,5
Energía eólica	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Etanol	0,0	0,1	0,4	0,4	0,4	0,4
Gas natural	3,3	3,5	3,9	4,3	4,8	5,4
Energía solar	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Otras fuentes	4,1	3,7	3,4	3,1	2,8	2,5
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fuente: Elaboración propia sobre la base de los resultados obtenidos con el Sistema de Planificación de Alternativas Energéticas de Largo Plazo (LEAP).

Para cuantificar las emisiones correspondientes al escenario de base en el período 2006-2030, se analizaron los resultados anteriores y la información sobre factores de emisión de gases de efecto invernadero correspondientes al Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de 2002. Las emisiones son un 181% superiores a las estimadas para 2006 y alcanzan los 17 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente en 2030, lo que supone una tasa de crecimiento acumulativa anual del 4,4%.

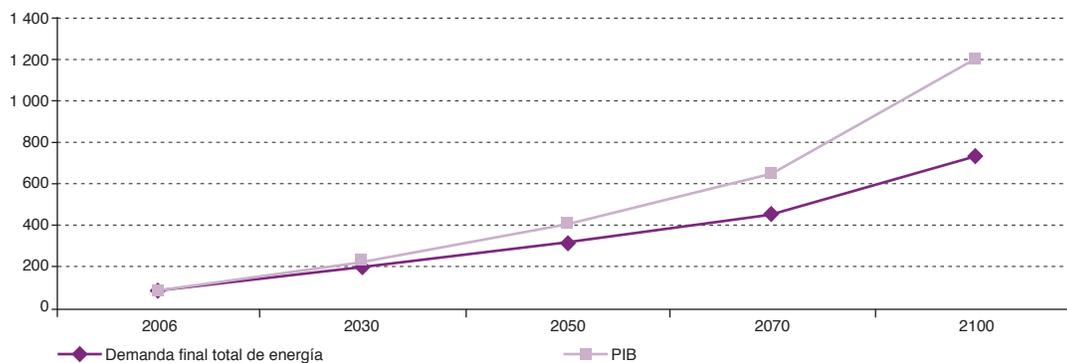
**CUADRO VI.3**  
**ESCENARIO TENDENCIAL: EMISIONES DE GASES**  
**DE EFECTO INVERNADERO, 2006-2030**

	2006	2010	2015	2020	2025	2030	Emisiones acumuladas (en porcentajes)
Emisiones de gases de efecto invernadero (en miles de toneladas de dióxido de carbono equivalente)	6 055	6 916	7 803	10 612	13 464	17 010	181,0
Demanda final total (en toneladas equivalentes de petróleo)	2 714	3 073	3 557	4 153	4 866	5 795	113,5
Emisiones de gases de efecto invernadero por demanda final total (en miles de toneladas de dióxido de carbono equivalente por tonelada equivalente de petróleo)	2,23	2,25	2,19	2,56	2,77	2,94	31,6

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos disponibles.

Con menor grado de detalle, se pasó a determinar la demanda agregada de energía en el período 2030-2100, tomando en cuenta los resultados del desempeño del escenario socioeconómico A2 en forma más global que en el cálculo anterior y la evolución prevista de la población, suponiendo una reducción de la intensidad energética.

**GRÁFICO VI.1**  
**ESCENARIO TENDENCIAL: DEMANDA FINAL TOTAL DE ENERGÍA, 2006-2100**  
(Año base 2006=100)



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos disponibles.

Para determinar las emisiones de gases de efecto invernadero correspondientes a este escenario de base en 2030-2100, se partió del supuesto de que los factores de emisión que se obtenían al realizar el cálculo global para el final del período anterior —2030— permanecían constantes en el lapso de pronóstico y que las emisiones hasta 2100 tenían un valor de más de 59 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente por año, a una tasa media de crecimiento anual del 2,46%.

## 2. Uso del suelo y cambios en el uso del suelo

Para analizar el proceso de mitigación del cambio climático en el sector de uso del suelo y cambios en el uso del suelo, incluido el sector agropecuario, se definió como escenario de base el dinámico intermedio hasta 2100 —el escenario socioeconómico de mayor dinámica adoptado en este estudio, ya descrito al examinar los impactos del cambio climático, que sintetiza las tendencias históricas del uso del suelo, los aumentos de productividad, con incrementos decrecientes, y la posterior estabilidad—. Dicho escenario presenta un cambio en el uso del suelo debido a la expansión agrícola, el uso del sistema de rotación de cultivos y pasturas, un incremento de las áreas de pasturas mejoradas y una mayor superficie forestal.

A partir de allí, se asignó a cada sector las emisiones y remociones correspondientes, según los criterios rectores utilizados por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático y aplicados a los inventarios de gases de efecto invernadero del Uruguay. Así, se observó la siguiente evolución de los saldos netos de los gases de efecto invernadero en el escenario de base de 2030 a 2100, que muestra casi un estancamiento de las emisiones netas a partir de mediados de siglo según los supuestos adoptados (véase el cuadro VI.4).

**CUADRO VI.4**  
**ESCENARIO DE BASE: EMISIONES NETAS DE GASES DE EFECTO**  
**INVERNADERO DEL SECTOR AGROPECUARIO, 2030-2100**  
*(En millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente)*

Fuentes	2030	2050	2070	2100
Emisiones	33,7	37,1	37,1	36,0
Remociones	-6,7	-1,6	-3,3	-0,4
Saldo	26,9	35,5	33,9	35,6

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos disponibles.

## 3. Residuos

En materia de residuos, en el estudio se han identificado cinco subsectores: i) residuos sólidos urbanos; ii) residuos sólidos industriales; iii) aguas residuales domésticas y comerciales; iv) aguas residuales industriales, y v) aguas residuales agroindustriales. Los residuos sólidos urbanos corresponden a vertederos a cielo abierto y escasos ejemplos de rellenos sanitarios. Los residuos industriales recién ahora se están utilizando en proyectos orientados a generar energía eléctrica. En cuanto a los efluentes, la cobertura de saneamiento de Montevideo está en franco crecimiento, mientras que en el interior del país, la mayor parte de las capitales departamentales han actualizado sus plantas de tratamiento. Por su parte, en lo que se refiere a los efluentes industriales, no se tiene una política que permita tratarlos y, por ende, reducirlos.

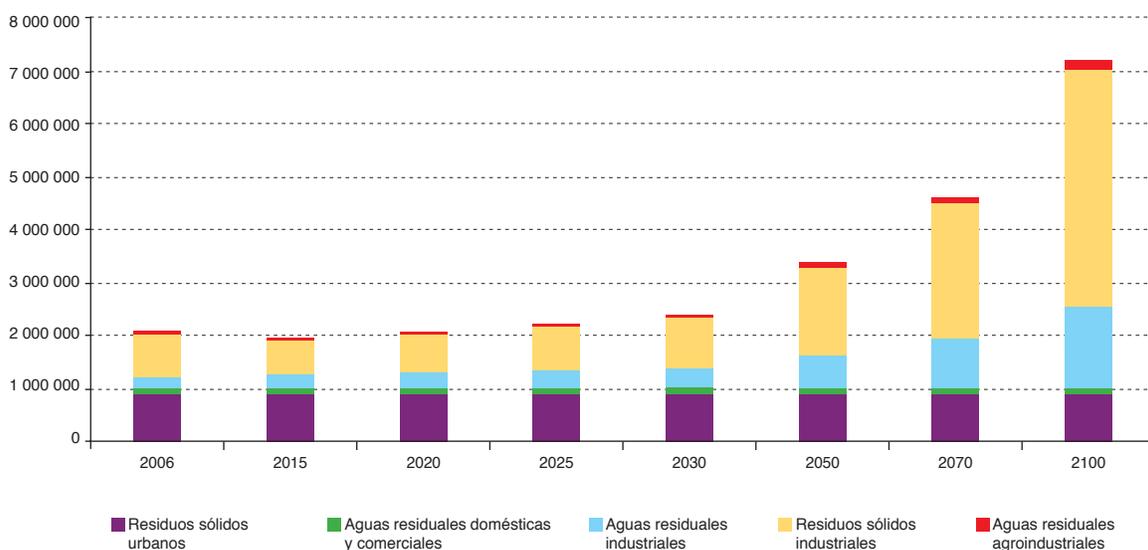
En cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero de estos sectores, el subsector que más se destaca es el de los residuos sólidos urbanos, que representa el 85% de las emisiones de metano del sector, del cual poco más del 51% se origina en Montevideo —la capital nacional—, que concentra el 45% de la población urbana y tiene una tasa de generación de residuos por habitante también superior a la del resto del país.

La metodología de trabajo utilizada fue la construcción del escenario de base partiendo de la situación actual y luego se establecieron los criterios de crecimiento por subsector sobre la base de los escenarios socioeconómicos de este estudio.

Para los residuos sólidos urbanos, las aguas residuales domésticas y comerciales, y las aguas residuales industriales, se tomaron como punto de partida los datos y las metodologías incluidos en los anteriores Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. En cuanto a los residuos sólidos industriales y las aguas residuales agroindustriales, se realizaron las cuantificaciones correspondientes al período base en función de los datos de la Dirección Nacional de Medio Ambiente y trabajos y consideraciones efectuados para tal fin. En estos casos, las proyecciones se basaron en las metodologías del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

Los resultados muestran que en el escenario tendencial, en el período 2006-2030 el sector pasaría a emitir casi 2,4 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente —casi un 17% más que en 2006—, mientras que en 2100 alcanzaría los 7,2 millones de toneladas —un 1,3% anual más que en el escenario de base—, por la influencia del bajo crecimiento poblacional y la dinámica de los sectores de actividad del escenario socioeconómico analizado (véase el gráfico VI.2).

**GRÁFICO VI.2**  
**EVOLUCIÓN DEL SECTOR RESIDUOS, 2006-2100**  
(En toneladas de dióxido de carbono equivalente)



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos disponibles.

## B. Opciones y costos de los procesos de mitigación del cambio climático: curva de costos de abatimiento

A continuación, se analizan los escenarios de largo plazo que incluyen las medidas de mitigación para cada uno de los sectores analizados y, por último, se agrega el cálculo de los costos totales de mitigación para el conjunto de los escenarios analizados.

## 1. Energía

Una vez determinado el escenario de base, se construyó un escenario de mitigación que incorpora las principales opciones identificadas, a saber:

### a) Sector residencial, comercios y servicios

- i) Mejorar la eficiencia de los equipos mediante la implementación de un programa de etiquetado energético y estándares mínimos de eficiencia;*
- ii) Cambiar la modalidad de uso de los equipos —uso racional de la energía—;*
- iii) Reducir las pérdidas de energía mediante mejoras en el aislamiento térmico de las viviendas, y*
- iv) Aumentar la eficiencia del alumbrado público.*

### b) Sector industrial

- i) Mejorar la eficiencia de los sistemas de generación de vapor y calor;*
- ii) Reemplazar los motores eléctricos de baja eficiencia por motores eficientes mediante un programa de etiquetado energético y niveles mínimos de eficiencia, e*
- iii) Incrementar el uso del gas natural en reemplazo del fueloil, el gasoil y la leña.*

### c) Transporte

- i) Reducir el consumo específico de los vehículos;*
- ii) Utilizar gas natural comprimido en sustitución de gasolina, y*
- iii) Usar agrocombustibles —biodiésel y etanol— para reemplazar el gasoil y la gasolina.*

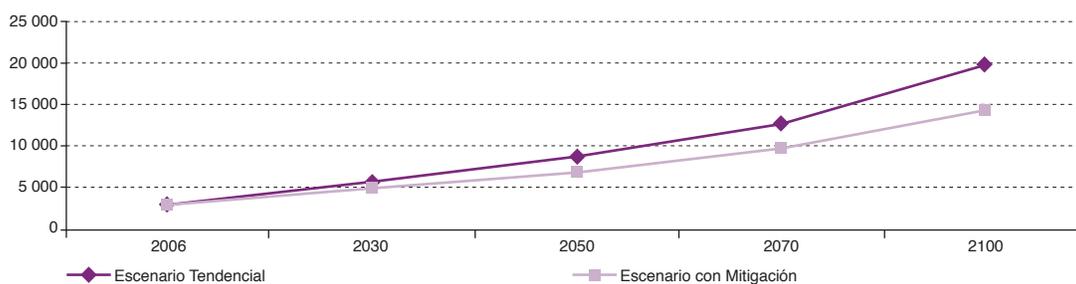
### d) Oferta de energía

- i) Reconvertir las centrales térmicas de gas natural a partir de la entrada en funcionamiento de la planta de regasificación (2015);*
- ii) Aumentar la participación de las fuentes de energía renovables, en particular la energía eólica, y*
- iii) Reducir las pérdidas en la transmisión y distribución de la energía eléctrica y el gas natural.*

Se estima que hacia 2030 menguará la participación del consumo de derivados del petróleo a causa de la penetración del biodiésel y el etanol y el consumo de gas natural comprimido en el transporte, además de mejoras en la eficiencia. La electricidad perdería participación como resultado de una mayor eficiencia y ahorro de energía. En cuanto al gas natural, se registraría un aumento de su participación en la demanda final de energía.

En el sector eléctrico, se observan cambios en la estructura de abastecimiento por la entrada en funcionamiento de la planta de regasificación de gas natural y la reconversión de las centrales de gas natural, al tiempo que se prioriza la generación energética a partir de fuentes renovables no convencionales. En lo que respecta a la refinería, los menores requerimientos de consumo de derivados a raíz de las opciones de mitigación determinan que no se requiera expandir la capacidad. Se supone que en el período 2030-2100 se verá la penetración de la energía nuclear y un mayor desarrollo de las fuentes renovables, en particular la energía eólica, solar y fotovoltaica.

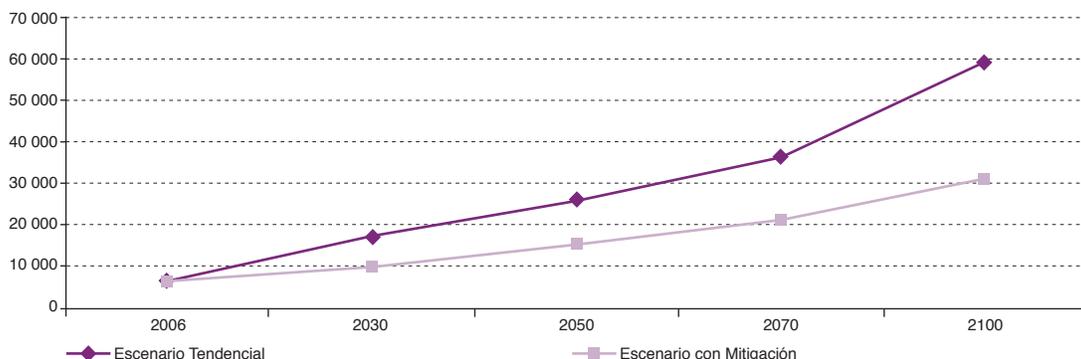
**GRÁFICO VI.3**  
**DEMANDA FINAL TOTAL DE ENERGÍA, POR ESCENARIO, 2006-2100**  
*(En miles de toneladas equivalentes de petróleo)*



Fuente: Elaboración propia.

En lo que respecta a la evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero, si se sigue aplicando la metodología de cálculo del escenario de base, se concluye que durante el período 2006-2100 crecerían a una tasa del 1,75% anual, algo menor a la prevista en el escenario tendencial —2,46% anual—, y en 2100 llegarían a los 31 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente, mientras que en el escenario de base tendencial esta cifra asciende a 59 millones.

**GRÁFICO VI.4**  
**EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DEL SECTOR ENERGÉTICO, POR ESCENARIO**  
*(En miles de toneladas de dióxido de carbono equivalente, año 2000=100)*



Fuente: Elaboración propia.

Los costos totales de las medidas de mitigación en este sector fueron determinados a partir de los costos de reducción de las emisiones por tonelada de dióxido de carbono equivalente respecto de las emisiones anuales de gases de efecto invernadero evitadas correspondientes a cada una de las medidas de mitigación analizadas. Estos costos se estimaron a partir de la información correspondiente a proyectos e ideas de proyectos nacionales elaborados en el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto, según datos de la Unidad de Cambio Climático del Uruguay. En su defecto, se utilizó como referencia la información brindada por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático en este campo, según se presenta en el cuadro VI.5.

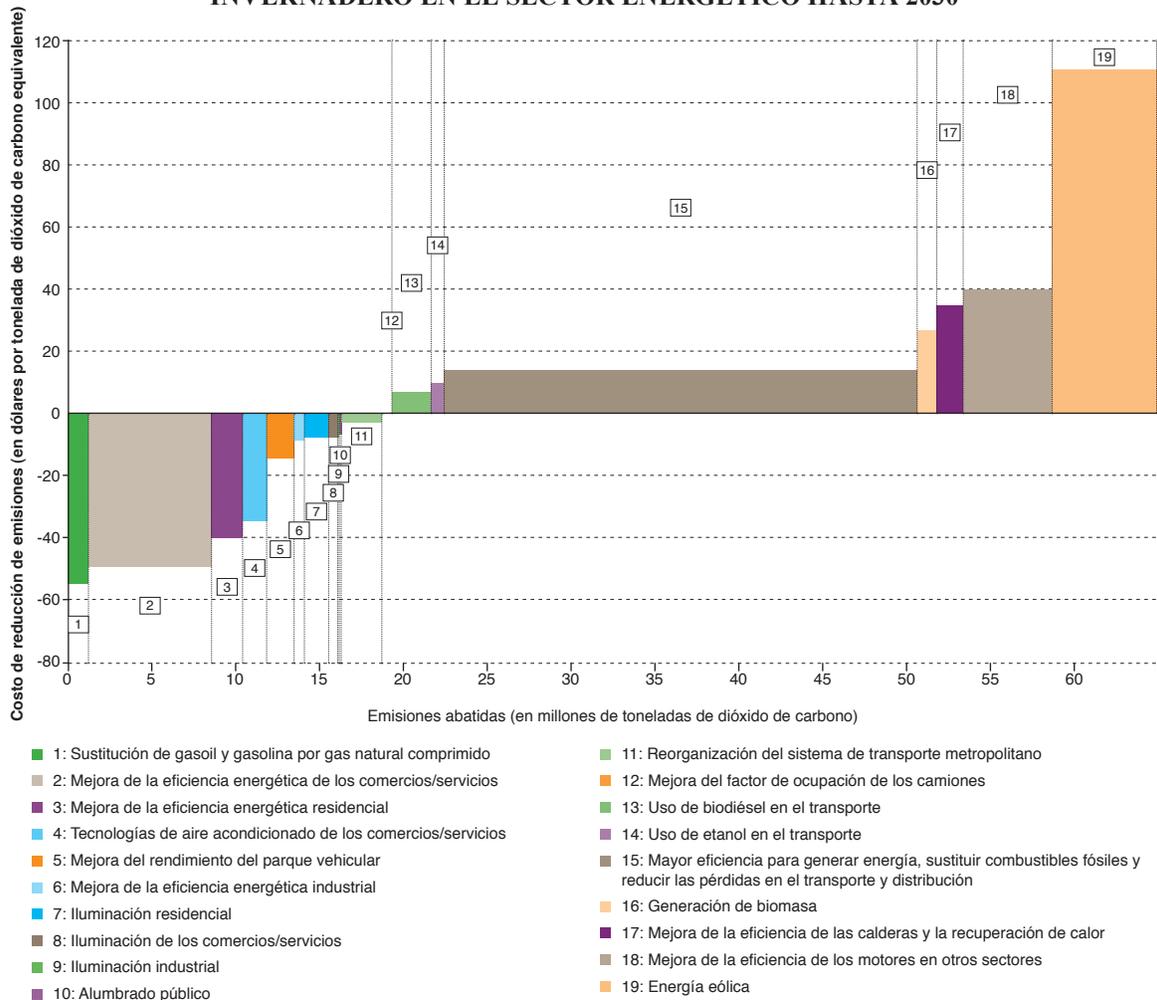
**CUADRO VI.5**  
**MEDIDAS DE MITIGACIÓN DEL SECTOR ENERGÉTICO: EMISIONES EVITADAS Y**  
**COSTOS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES**

MEDIDA	Emisiones evitadas hasta 2030 (en miles de toneladas de dióxido de carbono equivalente)	Costo de reducir las emisiones (en dólares por tonelada de dióxido de carbono equivalente)
<b>RESIDENCIAL</b>		
Mejora de la eficiencia energética	1 789	-40
Iluminación (lámparas fluorescentes compactas (LFC))	1 501	-8
<b>COMERCIOS Y SERVICIOS</b>		
Mejora de la eficiencia energética	7 308	-50
Tecnologías de aire acondicionado	1 420	-35
Iluminación (lámparas fluorescentes compactas (LFC))	525	-8
Alumbrado público (lámparas de vapor de sodio a alta presión (VSAP))	146	-7
<b>INDUSTRIA</b>		
Iluminación (lámparas fluorescentes compactas (LFC))	95	-8
Mejora de la eficiencia energética industrial	587	-9
Mejora de la eficiencia de las calderas y la recuperación de calor	1 573	35
<b>TRANSPORTE</b>		
Sustitución de gasoil y gasolina por gas natural comprimido	1 301	-56
Mejora del rendimiento del parque vehicular	1 613	-15
Reorganización del sistema de transporte metropolitano	2 388	-3
Mejora del factor de ocupación de los camiones (mayor a cinco toneladas)	586	0
Sustitución de gasoil por biodiésel	2 316	7
Sustitución de gasolina por etanol	791	10
<b>OTROS SECTORES</b>		
Mejora de la eficiencia de los motores	5 301	40
<b>GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA</b>		
Mejora de la eficiencia de la generación (ciclo combinado), sustitución de combustibles fósiles (carbón mineral, fueloil y gasoil) y reducción de las pérdidas técnicas de transporte y distribución	27 834	14
Generación de biomasa	1 166	27
Energía eólica	6 246	111

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de la Unidad de Cambio Climático y el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

A partir de esta información se determinó la curva de costos de abatimiento de emisiones de dióxido de carbono equivalente en 2030 (véase el gráfico VI.5).

**GRÁFICO VI.5**  
**CURVA DE COSTOS DE ABATIMIENTO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO**  
**INVERNADERO EN EL SECTOR ENERGÉTICO HASTA 2030**



Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, con los costos y las emisiones evitadas para cada una de las medidas consideradas, se determinó que el costo total del programa de mitigación se ubicará en 796 millones de dólares en 2030, o sea, un costo medio de 12,3 dólares por tonelada de dióxido de carbono equivalente del conjunto de estas medidas.

Luego, se valorizaron las reducciones de las emisiones calculadas para el escenario de largo plazo que incluía el período 2030-2100 y se adoptó como criterio el costo promedio de mitigación por tonelada de dióxido de carbono correspondiente al período 2006-2030, establecido previamente, dada la información disponible en la actualidad que no permite estimar costos futuros diferentes fiables.

No obstante, es esperable que en ese período, a partir de 2030, el costo de abatimiento de las emisiones resulte superior al valor adoptado en esta oportunidad, dado que surge del promedio del costo incremental de diversas medidas de mitigación —que incluyen tanto las de bajo costo como las de costo negativo—, por lo que es probable que al inicio se implementen estas medidas y luego vayan quedando las más costosas. Por tanto, cabe esperar que para lograr reducciones adicionales de emisiones de dióxido de carbono en el futuro se deba acceder a tecnologías de mayor costo de inversión y, por ende, con un mayor costo de abatimiento.

En función de lo expuesto, se consideró adecuado incorporar un segundo escenario con un costo de abatimiento de emisiones de 30 dólares por tonelada de dióxido de carbono equivalente como referencia.

### **CUADRO VI.6**

#### **COSTOS TOTALES DEL PROGRAMA DE MITIGACIÓN EN EL SECTOR ENERGÉTICO**

Costo de reducción (en dólares por tonelada de dióxido de carbono equivalente)	Costo total actualizado de reducción de emisiones (en millones de dólares de 2008)		
	Tasa de descuento anual		
	4,00	2,50	0,50
12,3	1 649	3 346	10 501
30	4 011	8 137	25 535

Fuente: Elaboración propia.

## **2. Sector agropecuario y uso del suelo**

La actividad ganadera —el principal sector responsable de las emisiones— es la que ofrecería, en principio, las mayores oportunidades de mitigación. Sin embargo, no existen tecnologías adecuadas para reducir estas emisiones, a menos que se fije un objetivo de intensidad de carbono, es decir, disminuir las emisiones por unidad de producto. Se estima que por cada kilo de carne vacuna producida en el Uruguay se generan emisiones de metano y óxido nitroso por más de 30 kg de dióxido de carbono equivalente, que podrían ser objeto de una reducción considerable si se intensifican los sistemas productivos.

El secuestro biológico de carbono, tanto en biomasa como en suelos, aparece como la actividad con mayor potencial de mitigación. El Uruguay tiene un considerable potencial para expandir las áreas forestadas, en especial los suelos degradados.

En la agricultura, la principal actividad de mitigación ha sido la puesta en práctica del sistema de siembra directa, que ha causado una merma de las emisiones asociadas al laboreo de los suelos y un secuestro neto de carbono. Existe un potencial para aumentar este nivel de remoción de carbono mediante el diseño de sistemas productivos que incluyan la incorporación de pasturas, sobre todo, gramíneas perennes y leguminosas.

Valdría la pena analizar otras medidas complementarias, tales como promover la generación de datos sobre emisiones en diferentes sistemas productivos, en particular el campo natural.

Además, también se puede aumentar la remoción de carbono mejorando el manejo del campo natural, con acciones que apunten a fortalecer la productividad y la resistencia a los eventos de estrés; asimismo, una mayor eficiencia productiva en el campo natural contribuye a reducir la emisión de metano por unidad de producto.

A partir de esas consideraciones, se han identificado las siguientes medidas de mitigación:

- i) Intensificar la producción de carne, manteniendo la dominancia de los sistemas pastoriles y un moderado desarrollo de los corrales de engorde, lo que entraña, sobre todo, extender las áreas de pasturas sembradas y campo natural mejorado;
- ii) Incrementar el uso de las rotaciones de cultivos y pasturas en los sistemas agrícolas, combinadas con una mayor adopción del sistema de siembra directa permanente y del riego;
- iii) Expandir las áreas forestadas en suelos degradados del litoral oeste y del sur del país;

- iv) Ampliar las plantaciones destinadas a producir madera rolliza apta para elaborar productos de madera maciza;
- v) Promover los sistemas integrados de ganadería y forestación, ya sea natural o plantaciones—, y
- vi) Usar los fertilizantes nitrogenados de forma más eficiente.

De manera similar al escenario de base, se elaboró el de mitigación, donde los niveles de producción aumentarían como consecuencia de una producción ganadera más intensa y la expansión de las plantaciones forestales, lo que implicaría un incremento de las emisiones netas de gases de efecto invernadero de casi 24 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente hasta 2100.

**CUADRO VI.7**  
**EMISIONES NETAS TOTALES DEL PROGRAMA DE MITIGACIÓN DEL SECTOR**  
**AGROPECUARIO, 2030-2100**

*(En millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente por año)*

<b>Emisiones y remociones de gases de efecto invernadero</b>				
	2030	2050	2070	2100
<b>Fuentes</b>				
Emisiones del escenario de base	33,7	37,1	37,1	36,0
Emisiones en el escenario con mitigación	42,1	63,2	62,2	60,2
Diferencia (reducción de emisiones)	-8,4	-26,1	-25,0	-24,2
<b>Sumideros</b>				
Remociones del escenario de base	-6,7	-1,6	-3,3	-0,4
Remociones en el escenario con mitigación	-13,8	-6,8	-5,9	-0,9
Diferencia (reducción de emisiones)	7,1	5,2	2,7	0,5
Saldo	-1,3	-20,9	-22,4	-23,7

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos disponibles.

Sin embargo, en el caso de la actividad ganadera la mitigación se basa en el hecho de que se reduce la intensidad de las emisiones por unidad de producto. Este enfoque se fundamenta en el mandato del artículo 2 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que establece que el objetivo último de la Convención y de todo instrumento jurídico conexo debería lograrse asegurando que la producción de alimentos no se vea amenazada. Se supone que la demanda de alimentos sufrirá un marcado crecimiento en los próximos decenios y las medidas de mitigación que se implementen no deben interferir con este proceso. Surge de ello que la mitigación en la agricultura debe abordarse mediante objetivos relacionados con la intensidad de las emisiones y no con emisiones absolutas, que, naturalmente, experimentarán un incremento.

En razón de ello, la reducción de emisiones en el sector agrícola se estimó a partir de la producción esperada en el escenario con mitigación multiplicada por la merma de las emisiones por unidad de carne producida. Por ende, se prevé una reducción de las emisiones por 400 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente, por lo que, sumadas a las remociones, el sector experimentará una merma de sus emisiones de 738 millones de toneladas en el período de pronóstico.

**CUADRO VI.8**  
**ESCENARIO CON MITIGACIÓN: ESTIMACIÓN DE LAS**  
**REDUCCIONES NETAS DEL SECTOR GANADERO**  
*(En millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente)*

Reducciones netas	
Fuentes	
Reducción de emisiones en la ganadería	400
Remociones del escenario con mitigación	338
<b>Total de reducciones netas</b>	<b>738</b>

Fuente: Elaboración propia.

Así, a precios actuales, los costos de implementación rondarían los 56 millones de dólares al año, que, acumulados para todo el período y a una tasa de descuento del 4% anual, representan un 4,2% del PIB de 2008.

**CUADRO VI.9**  
**COSTOS DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN DEL SECTOR AGROPECUARIO, 2030-2100**  
*(En millones de dólares)*

Costos	2030	2050	2070	2100
Siembra de pasturas	19	19	19	19
Gestión de pasturas mejoradas (adicional)	19	19	19	19
Plantación de bosques	2	2	0	0
Gestión de bosques	6	7	8	8
Manejo mejorado de bosques (turnos largos)	8	9	10	10
<b>Total</b>	<b>54</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>56</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 3. Residuos

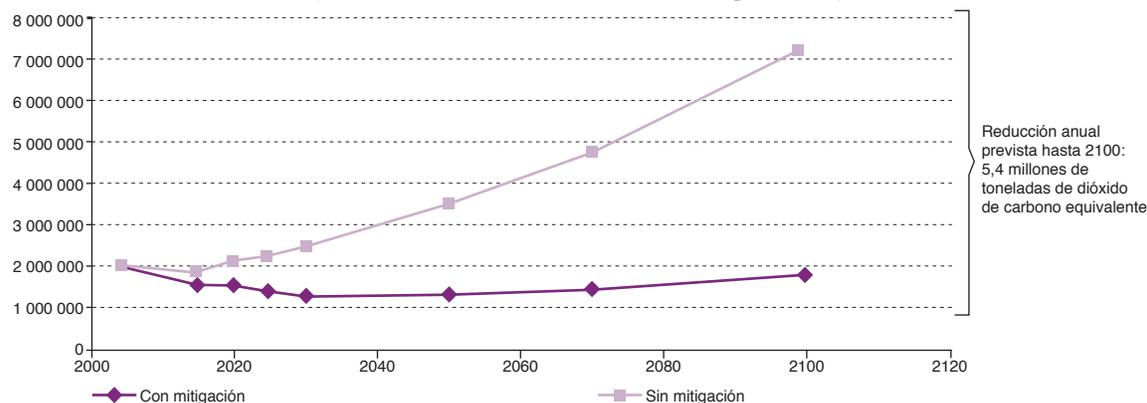
Después de construir el escenario de base según ya se describió, se identificaron y propusieron una serie de medidas para abatir las emisiones de cada subsector, que representan el escenario con medidas de mitigación.

Las principales acciones se centraron en acelerar el relleno de Montevideo y la captura de metano, la construcción de varios rellenos sanitarios en el interior, el tratamiento de aguas residuales de las principales industrias del país y el uso de los residuos de biomasa para generar energía eléctrica y calor.

Si se aplican estas medidas, se estima una marcada reducción de las emisiones en los distintos subsectores tratados, concentrada, sobre todo, en los residuos sólidos —urbanos e industriales—, que constituyen más del 80% del total reducido, que se ubica en 1,3 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente; es decir que el potencial de abatimiento de emisiones acumuladas supera las 11 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente.

De 2030 a 2100, se estableció un crecimiento lineal de los abatimientos hasta llegar a un porcentaje máximo posible para cada subsector en el año horizonte. Los resultados obtenidos con estos escenarios muestran que el potencial de abatimiento del sector en el período 2006-2100 alcanzaría las 206 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente, que representan un 55% del total de las emisiones del escenario de base.

**GRÁFICO VI.6**  
**ESCENARIOS PROYECTADOS: EMISIONES DE GASES DE EFECTO**  
**INVERNADERO DEL SECTOR RESIDUOS, 2006-2100**  
(En toneladas de dióxido de carbono equivalente)



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos disponibles.

Los costos para implementar las medidas de mitigación propuestas se calcularon tomando en cuenta los costos de inversión y de operación, y se observó que la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero del sector presenta un costo medio de 22 dólares por tonelada de dióxido de carbono equivalente a precios de 2008. Los proyectos para el tratamiento de los residuos sólidos urbanos y de efluentes tienen un costo aproximado de 3 dólares por tonelada de dióxido de carbono equivalente, mientras que los de uso de biomasa rondan los 30 dólares, sin tomar en cuenta los ingresos por la venta de energía eléctrica.

#### 4. Costo total de la mitigación

Basados en los resultados sectoriales comentados y en los costos de la mitigación del cambio climático, se presenta aquí su resultado agregado con el objeto de que constituya un elemento adicional para elaborar políticas e implementar acciones futuras, dada la importancia que se le otorga en la actualidad a este tipo de información.

De todas maneras, deben tenerse en cuenta las incertidumbres asociadas tanto al fenómeno del cambio climático como a este tipo de cuantificación, sobre todo cuando se toman en cuenta los resultados agregados para distintos sectores, con diferentes grados de aproximación y de profundidad en los análisis y cálculos en cada caso analizado.

Con respecto a las reducciones analizadas en el escenario de mitigación, se ha recurrido a un cambio en el caso del sector agropecuario, ya que se incluyeron allí las disminuciones de emisiones de gases de efecto invernadero por unidad de producto durante la prognosis realizada, donde se sustituyó el aumento de emisiones previsto por una mayor actividad ganadera ante las medidas de mitigación implementadas. Por tanto, para obtener las reducciones de emisiones netas del sector agropecuario en el escenario de mitigación deben agregárseles las mayores remociones de los sumideros implementadas a raíz de las medidas de mitigación correspondientes.

En el cuadro VI.10 puede verse que las emisiones totales de los escenarios de base de este trabajo alcanzan casi los 6.000 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente en 2100, mientras que las medidas producen una reducción de emisiones netas de los gases de efecto invernadero correspondientes a un 35% de las emisiones del escenario de base.

**CUADRO VI.10**  
**ESCENARIO DE BASE: MITIGACIÓN EN LA ECONOMÍA URUGUAYA,**  
**POR SECTOR HASTA 2100**  
*(En millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente y porcentajes)*

Sector	Escenario de base	Mitigación	Porcentaje del escenario de base
Energía	2 740	-1 174	-42,9
Uso del suelo y cambios en el uso del suelo	2 883	-738	-25,6
Desechos	372	-206	-55,4
Totales	5 995	-2 119	-35,3

Fuente: Elaboración propia.

Los datos sobre los costos de las medidas de mitigación de los sectores permitieron valorizar el escenario de mitigación hacia 2100. Al incorporar los costos de mitigación y las reducciones de emisiones de todos los sectores, el costo medio de las medidas se ubicaría en los 11,4 dólares por tonelada de dióxido de carbono equivalente (véase el cuadro VI.11).

**CUADRO VI.11**  
**COSTOS DE LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA ECONOMÍA**  
**URUGUAYA, POR SECTOR HASTA 2100**  
*(En millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente y porcentajes)*

Sector	En millones de dólares	En millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente	En dólares por tonelada de dióxido de carbono equivalente
Energía	14 483	1 174	12,3
Uso del suelo y cambios en el uso del suelo	5 054	738	6,8
Desechos	4 625	206	22,4
Totales	24 162	2 119	11,4

Fuente: Elaboración propia.

Luego, al igual que en el caso de los impactos del cambio climático, se aplicaron tasas de descuento del 0,5%, el 2% y el 4% anual para actualizar los costos de ese escenario hasta 2100, los que se presentan en forma acumulada a 2050 y 2100 en los cuadros VI.12 y VI.13, respectivamente.

**CUADRO VI.12**  
**COSTOS ACUMULADOS DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN**  
**EN LA ECONOMÍA URUGUAYA HASTA 2050**  
*(En porcentajes)*

**Porcentajes del PIB de 2008 acumulados a 2050**

Sector	Tasa de descuento anual		
	0,5	2	4
Energía	7,9	5,1	3,0
Uso del suelo y cambios en el uso del suelo	6,3	4,5	3,0
Desechos	6,1	4,5	3,2
Totales	20,2	14,1	9,2

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO VI.13**  
**COSTOS ACUMULADOS DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN**  
**EN LA ECONOMÍA URUGUAYA HASTA 2100**  
*(En porcentajes)*

**Porcentajes del PIB de 2008 acumulados a 2100**

Sector	Tasa de descuento anual		
	0,5	2	4
Energía	45,3	13,9	5,4
Uso del suelo y cambios en el uso del suelo	15,8	6,8	3,7
Desechos	14,5	6,5	3,7
Totales	75,5	27,2	12,8

Fuente: Elaboración propia.

Por tanto, los costos de reducir un 35% el total de emisiones en el Uruguay, con los supuestos previos —encarar cambios en las prácticas agrícola-ganaderas, mejorar la eficiencia de los equipos energéticos, introducir el concepto de eficiencia energética a todo nivel, aumentar el uso de fuentes de energía renovables y de menor impacto climático, extender los rellenos sanitarios con captura de metano y tratar las aguas residuales, entre otros—, representan el 12,8% del PIB de 2008, a una tasa de descuento del 4% anual en este caso, lo que constituye un gran esfuerzo en este tema.

Para adoptar decisiones estratégicas sobre las medidas de mitigación óptimas, se debe contar con la información relativa a las reducciones de emisiones y los costos específicos de cada medida y, a la vez, haber establecido las prioridades. Para ello, se presenta la curva de costos de abatimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero obtenida a partir del análisis de las medidas de mitigación de todos los sectores analizados, lo que permite vislumbrar posibles estrategias, ordenando las medidas por su importancia en términos de las emisiones evitadas y los costos.

En el cuadro VI.14 y el gráfico VI.7 se han incluido los costos de las principales medidas de mitigación para los sectores considerados en este estudio, a partir de los costos de las emisiones abatidas para cada una de ellas durante el período 2006-2030. Se expresaron en dólares por tonelada de dióxido de carbono equivalente evitada correspondiente a cada una de las medidas de mitigación consideradas. Las medidas incluidas provienen de cada uno de los estudios sectoriales y fueron comentadas previamente

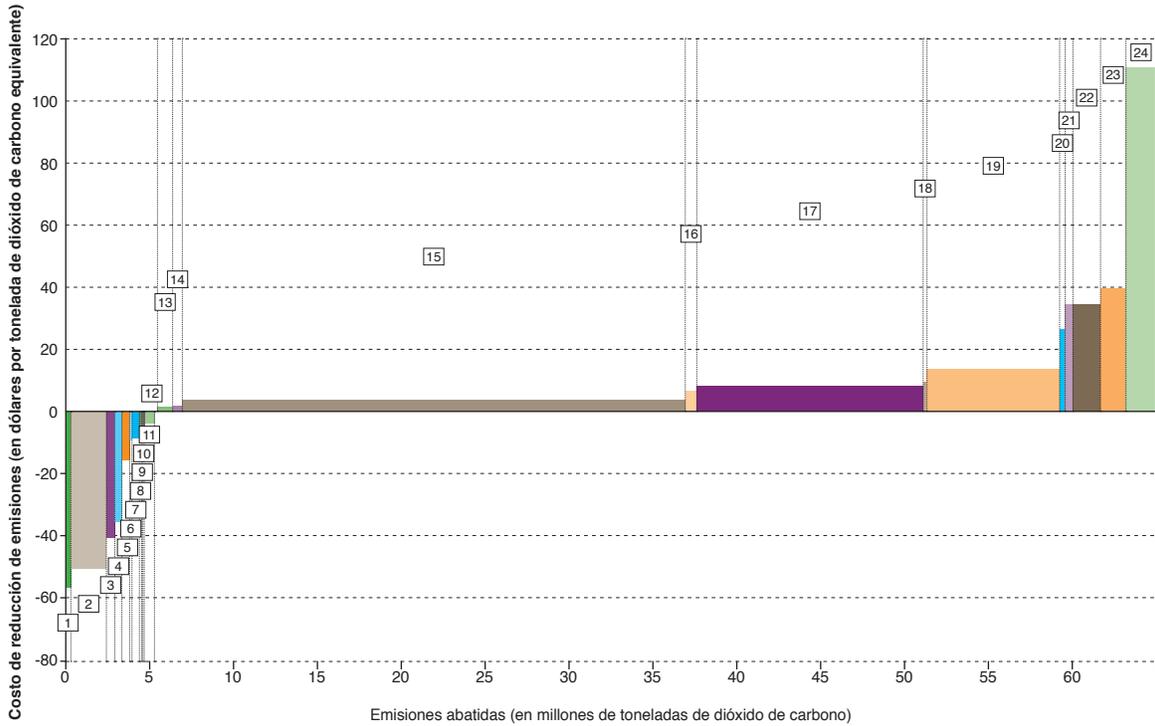
en cada caso, donde se estimaron los costos respectivos, recurriéndose a cálculos específicos realizados para esta oportunidad o, en su defecto, se estimaron con datos de proyectos e ideas de proyectos elaborados en el país para el MDL o con información del IPCC en este campo.

**CUADRO VI.14**  
**EMISIONES EVITADAS Y COSTOS DE LAS REDUCCIONES**

	Emisiones evitadas hasta 2030 (en miles de toneladas de dióxido de carbono equivalente)	Emisiones evitadas acumuladas (en miles de toneladas de dióxido de carbono equivalente)	Costo de reducción de las emisiones (en dólares por tonelada de dióxido de carbono equivalente)
Sustitución de gasoil y gasolina por gas natural comprimido	1 301	1 301	-56
Mejora de la eficiencia energética de los comercios/servicios	7 308	8 609	-50
Mejora de la eficiencia energética residencial	1 789	10 398	-40
Tecnologías de aire acondicionado de los comercios/servicios	1 420	11 818	-35
Mejora del rendimiento del parque vehicular	1 613	13 431	-15
Mejora de la eficiencia energética industrial	587	14 018	-9
Iluminación residencial	1 501	15 520	-8
Iluminación de los comercios/servicios	525	16 045	-8
Iluminación industrial	95	16 139	-8
Alumbrado público	146	16 285	-7
Reorganización del sistema de transporte metropolitano	2 388	18 673	-3
Mejora del factor de ocupación de los camiones	586	19 259	0
Aguas residuales	3 271	22 530	2
Captura de biogás	2 013	24 543	2
Implantación de pasturas	105 846	130 389	4
Uso de biodiésel en el transporte	2 316	132 705	7
Gestión de bosques	47 627	180 332	9
Uso de etanol en el transporte	791	181 123	10
Mayor eficiencia para generar energía, sustituir combustibles fósiles y reducir las pérdidas en el transporte y distribución	27 834	208 957	14
Generación de biomasa	1 166	210 123	27
Mejora de la eficiencia de las calderas y la recuperación de calor	1 573	211 695	35
Residuos sólidos industriales	5 829	217 524	35
Mejora de la eficiencia de los motores en otros sectores	5 301	222 825	40
Energía eólica	6 246	229 071	111

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático y la Unidad de Cambio Climático.

**GRÁFICO VI.7**  
**CURVA DE COSTOS DE ABATIMIENTO DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO**  
**INVERNADERO HASTA 2030**



- |  |  |
|--|--|
| 1: Sustitución de gasoil y gasolina por gas natural comprimido   | 13: Aguas residuales   |
| 2: Mejora de la eficiencia energética de los comercios/servicios | 14: Captura de biogás  |
| 3: Mejora de la eficiencia energética residencial                | 15: Implantación de pasturas   |
| 4: Tecnologías de aire acondicionado de los comercios/servicios  | 16: Uso de biodiésel en el transporte  |
| 5: Mejora del rendimiento del parque vehicular                   | 17: Gestión de bosques   |
| 6: Mejora de la eficiencia energética industrial                 | 18: Uso de etanol en el transporte   |
| 7: Iluminación residencial                                       | 19: Mayor eficiencia para generar energía, sustituir combustibles fósiles y reducir las pérdidas en el transporte y distribución |
| 8: Iluminación de los comercios/servicios                        | 20: Generación de biomasa  |
| 9: Iluminación industrial  | 21: Mejora de la eficiencia de las calderas y la recuperación de calor   |
| 10: Alumbrado público  | 22: Residuos sólidos industriales  |
| 11: Reorganización del sistema de transporte metropolitano       | 23: Mejora de la eficiencia de los motores en otros sectores   |
| 12: Mejora del factor de ocupación de los camiones               | 24: Energía eólica   |

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático y la Unidad de Cambio Climático.

## VII. Síntesis de la valuación del cambio climático en el Uruguay

A modo de resumen de los resultados expuestos en las secciones anteriores, puede concluirse que el cambio climático tendrá un impacto significativo en la sociedad uruguaya, tanto en el futuro cercano como en el lejano 2100, usado como horizonte en los análisis realizados en este estudio, independientemente de las incertidumbres que este fenómeno y, por ende, estos cálculos despierten respecto de las conclusiones.

Es muy clara la relevancia de los costos energéticos originados por la mayor demanda ante el calentamiento global y la necesidad de recurrir a fuentes de energía más caras, con un elevado precio del petróleo. A ello se agrega el gran costo que los eventos extremos —sobre todo sequías e inundaciones— tienen para la economía uruguaya, dado que se ha supuesto que en el futuro aumentará su frecuencia e intensidad. Asimismo, debe tenerse en cuenta que la biodiversidad terrestre se verá amenazada, en particular, por la mayor temperatura y la variabilidad de las precipitaciones. También sufrirá los efectos la biodiversidad acuática, pero por falta de información suficiente no se ha tratado en este estudio. Por otra parte, no es menor el impacto del aumento del nivel medio del mar en las infraestructuras costeras y el propio turismo, afectado por la pérdida de playas a causa de la erosión.

No obstante, se observarían algunos beneficios del cambio climático: un aumento del rendimiento de ciertos cultivos y de la producción pecuaria, a raíz de la mayor temperatura, aunque se revertirán cuando la temperatura exceda cierto nivel, por lo que el cambio climático también provocará pérdidas en el sector agropecuario.

En síntesis, los costos estimados de los impactos al año 2100 se ubicarían en un 25% del PIB de 2008, a una tasa de descuento del 4% anual, y rondarían el 10% acumulado a 2050 si se toma el promedio de los resultados de ambos escenarios para atenuar la incertidumbre que genera este tipo de cálculo respecto del fenómeno climático.

Por otra parte, se han propuesto en este estudio medidas de adaptación al cambio climático que se adecuan a la gravedad del problema en algunos casos. Se destacan, en primer lugar, aquellas que incrementan el conocimiento y el monitoreo del fenómeno de la biodiversidad en el Uruguay, a las que se agregan medidas de adaptación para enfrentar el impacto del cambio climático en la zona costera, sobre todo orientadas a atender las áreas degradadas con una gestión integrada de la costa y el control de las playas.

Además, se agregan las medidas de adaptación para el sector agropecuario, centradas en el uso del riego para enfrentar los menores rendimientos de los cultivos y las producciones pecuarias cuando la temperatura suba alrededor de 2°C respecto de la actual, sin deducir los beneficios de la mayor producción agropecuaria que estas medidas traen aparejados.

En síntesis, las medidas de adaptación propuestas tendrían un costo de algo más del 8% del PIB de 2008, descontadas al 4% anual; sin embargo, abarcan solo algunos sectores y, en general, son medidas iniciales para generar el conocimiento que permita pasar luego a acciones de mayor envergadura.

Por último, en lo que se refiere a la mitigación, debe destacarse que las propuestas analizadas y los cálculos realizados muestran que las medidas tendrían un costo de casi un 13% del PIB de 2008, a una tasa de descuento del 4% anual, y lograrían reducir el 35% de las emisiones de gases de efecto invernadero hasta 2100. No obstante, ello reportaría un aumento de la producción agropecuaria, en especial la ganadera, con una reducción de las emisiones por unidad de producto, a lo que se agregaría un ahorro de energía al sustituir las importaciones de petróleo y sus derivados mediante las acciones de mitigación propuestas.

## VIII. Estrategias de cambio climático en el Uruguay

El Uruguay sostiene que todos los países, sobre todo aquellos con mayores responsabilidades, deberán asumir el cumplimiento de sus compromisos, tanto en el marco de la Convención sobre Cambio Climático como del Protocolo de Kyoto. También cree que, a la luz de las evidencias científicas, la visión compartida implica el esfuerzo global de todas las partes, aun cuando se siga manteniendo el principio de las responsabilidades comunes pero diferenciadas, teniendo en cuenta que el mayor esfuerzo deberá ser realizado por los países desarrollados para alcanzar las reducciones globales establecidas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático en aras de la estabilización. Asimismo, apoya el objetivo de adoptar los cuatro pilares del Plan de Acción de Bali (diciembre 2007) —mitigación, adaptación, tecnología y financiamiento— como metas a largo plazo.

Cabe señalar que el Uruguay se ha destacado y es reconocido por la comunidad internacional por la preparación y presentación de sus Comunicaciones Nacionales: en octubre de 1997 publicó la Comunicación Nacional Inicial para la tercera reunión de la Conferencia de las Partes (CP3), celebrada en Kyoto, Japón, y fue el tercer país en desarrollo en presentarla. En mayo de 2004 presentó la Segunda Comunicación Nacional y se convirtió, así, en el primer país en desarrollo en hacerlo. En la actualidad, el Uruguay se encuentra elaborando su Tercera Comunicación Nacional y es el primer país en desarrollo que recibe apoyo financiero para ello.

A su vez, el Uruguay ha encaminado varias acciones que contribuyen a las tareas de mitigación y se espera incrementarlas en el marco del Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático y la Variabilidad. Pero al mismo tiempo se necesita reforzar los medios para llevarlas adelante en términos de apoyo financiero y tecnológico, fortalecimiento de capacidades y establecimiento de mecanismos e incentivos adecuados. Es por ello que el Uruguay pone énfasis en la necesidad de implementar arreglos institucionales y mecanismos eficaces para obtener recursos financieros predecibles, adicionales y sostenibles a fin de apoyar la mitigación y la adaptación en los países en desarrollo, en particular en lo que respecta al acceso a tecnologías menos perjudiciales para el medio ambiente.

Concretamente, el Uruguay ha sido muy activo en las últimas sesiones de las negociaciones, en lo que se refiere al sector agrícola y ha promovido junto a otros países la elaboración del documento técnico sobre oportunidades y desafíos para la mitigación en el sector agrícola —presentado en el decimocuarto período de sesiones, celebrado en Poznan en diciembre de 2008—, y la realización de un

taller específico —llevado a cabo en la reunión celebrada en Bonn en abril de 2009—, donde se hizo una presentación al respecto. Además, apoya las recomendaciones del Grupo de Trabajo Especial sobre la cooperación a largo plazo en el marco de la Convención efectuadas a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP 15).

En lo que se refiere a la adaptación, el Uruguay —al igual que otros países de la región— es vulnerable a los efectos adversos del cambio climático, por lo que cree que son necesarios nuevos recursos financieros para alcanzar el objetivo último de la Convención. Estos nuevos fondos deben mantener el criterio de cubrir los costos requeridos por estos países para la mitigación, la adaptación y la transferencia de tecnología.

El Uruguay apoya las iniciativas destinadas a fortalecer la cooperación bilateral, ya que representan una forma de compartir la experiencia adquirida en lo que hace a adaptarse a la variabilidad y los extremos climáticos. Ejemplos de ello son los acuerdos entre el Uruguay y el Japón —energías renovables—, Nueva Zelandia —mitigación en la agricultura— y el Reino Unido —diversos temas sobre implementación de las medidas nacionales—.

Dada la historia del desarrollo de América Latina, caracterizado por una baja intensidad de carbono, riqueza de recursos naturales y un nivel intermedio de ingreso, muchos países latinoamericanos están bien posicionados para liderar la respuesta del mundo en desarrollo al desafío del cambio climático. Sin embargo, para aprovechar estas oportunidades se requiere de un entorno político internacional apropiado, con una masa crítica de países de altos ingresos que desempeñen un liderazgo global.

Ello es importante no solo para que el marco global sea equitativo y creíble, sino también para generar suficientes incentivos e impulsos para que el sector privado invierta en tecnologías con baja intensidad de carbono. Buscar la forma de involucrar y comprometer al sector privado es parte del desafío que enfrentarán los países latinoamericanos para adoptar un patrón de desarrollo con reducidas emisiones de carbono, que sería beneficioso para la competitividad de la región, sobre todo si las fronteras tecnológicas globales avanzan hacia tecnologías de este tipo.

## Bibliografía

- Amarante, V. (2000), “La elasticidad producto-empleo de largo plazo en Uruguay”, *serie Documentos de trabajo*, N° 06/00, Montevideo, Instituto de Economía, Universidad de la República (UDELAR).
- Barrenechea, P. (2008), “Evaluación económica de costos de las inundaciones en Durazno, Soriano y Treinta y Tres. Segundo informe, proyecto URU/07/005”, Montevideo, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
- \_\_\_\_ (2004), “Emergencias ambientales de origen climático. Inventario de información económica, proyecto URU/98/011”, Montevideo, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
- Barros, Vicente, Ángel Menéndez y Gustavo Nagy (eds.) (2005), “Parte III. Proyecto AIACC ‘Variabilidad hidroclimática del estuario del Río de la Plata: influencia humana, ENSO y estado trófico’”, *El cambio climático en el Río de la Plata*, Buenos Aires, Centro de Investigación del Mar y la Atmósfera (CIMA)/Universidad de Buenos Aires (UBA) [en línea] [http://www.cima.fcen.uba.ar/~lcr/libros/Cambio\\_Climatico-Texto.pdf](http://www.cima.fcen.uba.ar/~lcr/libros/Cambio_Climatico-Texto.pdf).
- Bértola, Luis (2000), *Ensayos de historia económica: Uruguay y la región en la economía mundial, 1870-1990*, Montevideo, Trilce.
- Bértola, Luis y Lorenzo F. (2004), “Witches in the South: Kuznets-like swings in Argentina, Brazil and Uruguay since the 1870s”, *Exploring Economic Growth: Essays in Measurement and Analysis*, J.L. van Zanden y Heikkinen, S. (eds.), Amsterdam, Aksant.
- Bidegain, M. y otros (2005), “Tendencias climáticas, hidrológicas y oceanográficas en el Río de la Plata y Costa Uruguayaya”, *El cambio climático en el Río de la Plata*, V. Barros, A. Menéndez y G. Nagy (eds.), Buenos Aires, Centro de Investigación del Mar y la Atmósfera (CIMA)/Universidad de Buenos Aires (UBA) [en línea] [http://www.cima.fcen.uba.ar/~lcr/libros/Cambio\\_Climatico-Texto.pdf](http://www.cima.fcen.uba.ar/~lcr/libros/Cambio_Climatico-Texto.pdf).
- Blough, S.R. (1992), “Near observational equivalence of unit root and stationary processes: theory and implications”, Baltimore, Johns Hopkins University, inédito.
- Brazeiro, A. y O. Defeo (2006), “Bases ecológicas y metodológicas para el estudio de un Sistema Nacional de Áreas Marinas Protegidas en Uruguay”, *Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya*, R. Menafrá y otros (eds.), Montevideo, Vida Silvestre Uruguay/Graphis Ltda.
- Caffera, Rubén y otros (2005), “Vulnerabilidad presente de los recursos hídricos y estado trófico del río Santa Lucía a la variabilidad climática”, *El cambio climático en el Río de la Plata*, V. Barros, A. Menéndez y G. Nagy (eds.), Buenos Aires, Centro de Investigación del Mar y la Atmósfera

- (CIMA)/-Universidad de Buenos Aires (UBA) [en línea] [http://www.cima.fcen.uba.ar/~lcr/libros/Cambio\\_Climatico-Texto.pdf](http://www.cima.fcen.uba.ar/~lcr/libros/Cambio_Climatico-Texto.pdf).
- Caffera, R.M. e I. Camilloni (2001), “Patrones de circulación atmosférica asociados a principales inundaciones sobre la cuenca del Río Uruguay entre 1950 y 2000”, documento presentado en la reunión de PROSUR, Mar del Plata.
- Campanella, J. y B. Lanzilotta (2002), “Valoración económica de los bañados de Santa Lucía”, Montevideo, Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC), Universidad de la República (UDELAR).
- Carter, T.R. y otros (1994), *IPCC Technical Guidelines for Assessing Climate Change Impacts and Adaptation*, Londres, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)/ University College London (UCL).
- Castagliola M. (1995), “Programa de vigilancia del vibrión colérico en el Río Uruguay”, *Serie de divulgación*, N° 4, Paysandú, Comisión Administradora del Río Uruguay (CARU).
- CNCG (Comisión Nacional sobre el Cambio Global) (1997), “Evaluación del impacto de los cambios climáticos en Uruguay. Informe final de la primera fase del Estudio País sobre Cambio Climático”, Montevideo.
- Costanza, R. y C. Folke (1997), “Valuing ecosystem services with efficiency, fairness and sustainability as goals”, *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*, G.C. Daily (ed.), Washington, D.C., Island Press.
- Costanza, R. y otros (1997), “The value of the world's ecosystem services and natural capital”, *Nature*, vol. 387.
- De la Torre, A., P. Fajnzylber y J. Nash (2008), *Desarrollo con menos carbono: respuestas latinoamericanas al desafío del cambio climático*, Washington, D.C., Banco Mundial.
- DINAMA (Dirección Nacional de Medio Ambiente) (2009), “Climatología de base de variables climáticas, nivel medio del mar y mapas de riesgo geológico”, Informe N° 1. Proyecto URU/07/G32: *Implementación de medidas piloto de adaptación al cambio climático en áreas costeras del Uruguay*, Montevideo, Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTM)/Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
- \_\_\_\_\_ (2008), *Building Capacity in Coastal Climate Change and Variability: PRECIS-Based Climate Models Downscaling in Uruguay. Final Report*, Montevideo, Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTM)/Universidad de la República (UDELAR)/Embajada Británica.
- \_\_\_\_\_ (2006), *Inventario nacional de gases de efecto invernadero, 2002. Proyecto URU/05/G32*, Montevideo.
- \_\_\_\_\_ (2005a), “Diagnóstico nacional de residuos sólidos industriales y agroindustriales por sector productivo. Versión preliminar”, Montevideo, diciembre.
- \_\_\_\_\_ (2005b), *Análisis de la estadística climática y desarrollo y evaluación de escenarios climáticos e hidrológicos de las principales cuencas hidrográficas del Uruguay y de su zona costera*, Montevideo, Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTM)/Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM)/Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
- Faust, J. (1993), “Near observational equivalence and unit root processes: formal concepts and implications”, *International Finance Discussion Papers*, N° 447, Washington, D.C., Junta de Gobernadores de la Reserva Federal.
- Giménez, A. (ed.) (2006), *Climate Change and Variability in the Mixed Crop/Livestock Production Systems of the Argentinean, Brazilian and Uruguayan Pampas. A Final Report Submitted to Assessments of Impacts and Adaptations to Climate Change (AIACC), Project No. LA 27* [en línea] [http://www.aiaccproject.org/Final%20Reports/Final%20Reports/FinalRept\\_AIACC\\_LA27.pdf](http://www.aiaccproject.org/Final%20Reports/Final%20Reports/FinalRept_AIACC_LA27.pdf).

- Gómez, Mariana (2006), “Vulnerabilidad al dengue en algunas ciudades de Uruguay”, tesis para optar al título de doctor en salud pública, Río de Janeiro, Escuela Nacional de Salud Pública Sergio Arouca, Fundación Oswaldo Cruz.
- Hair, J.F. y otros (2004), *Análisis multivariante*, Madrid, Pearson.
- Hijmans R.J. y otros (2005), “Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas”, *International Journal of Climatology*, vol. 25, N° 15.
- IMM (Intendencia Municipal de Montevideo) (2004), *Geo Montevideo 2004*, Montevideo, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)/Grupo Ambiental de Montevideo (GAM).
- INE (Instituto Nacional de Estadística) (2005), “Censo 2004. Fase I” [en línea] <http://www.ine.gub.uy/>.
- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria) (2009), “Identificación de posibles impactos del cambio climático en la producción de pasturas naturales y de arroz en Uruguay, proyecto URU/05/G32-252”, Colonia, Unidad de Agroclima y Sistemas de Información (GRAS).
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) (2007), *Cambio climático 2007: impacto, adaptación y vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al cuarto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. Resumen para responsables de políticas y Resumen técnico*, Cambridge, Cambridge University Press.
- \_\_\_\_ (1997), *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996. Libro de trabajo*, Londres.
- López Laborde, J. y A. Perdomo (eds.) (1999), “Diagnóstico ambiental y socio-demográfico de la zona costera uruguaya del Río de la Plata”, proyecto ECOplata [en línea] <http://www.ecoplata.org/archivos/586.pdf>.
- Lorenzo, Eugenio (2002), “Medidas de adaptación al cambio climático: recursos hídricos”, *Programa de medidas generales de mitigación y adaptación al cambio climático en Uruguay*, Montevideo, Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTM).
- MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca) (2009), Anuario estadístico agropecuario 2008, Montevideo, Dirección de Investigaciones Económicas Agropecuarias (DIEA).
- MINTUR (Ministerio de Turismo y Deporte del Uruguay) (2009), *Plan nacional de turismo sostenible, 2009-2020*, Montevideo [en línea] [http://apps.mintur.gub.uy/Plantur/components/Plan%20Turismo%20Sostenible\\_final.pdf](http://apps.mintur.gub.uy/Plantur/components/Plan%20Turismo%20Sostenible_final.pdf).
- Nagy, G.J. y otros (2006), “Adaptive capacity for responding to climate variability and change in estuarine fisheries of the Rio de la Plata”, *AIACC Working Paper*, N° 36, Washington, D.C., Evaluación de los impactos y la adaptación al cambio climático (AIACC).
- Panario, D. (2000), “Las playas uruguayas. Su dinámica, diagnóstico de situación actual y tendencias a mediano plazo”, *Perfil ambiental del Uruguay, 2000*, A. Domínguez y R. Prieto (eds.), Montevideo, Editorial Nordan Comunidad.
- Patz, Jonathan A. (2001), “El cambio climático mundial y el agotamiento del ozono”, *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*, vol. 2, Montevideo, Centro Interamericano de Investigación y Documentación sobre Formación Profesional (CINTERFOR), Organización Internacional del Trabajo (OIT).
- Phillips S.J. y M. Dudík (2008), “Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation”, *Ecography*, vol. 31, N° 2.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) (2007a), *Uruguay: el cambio climático aquí y ahora*, Montevideo.
- \_\_\_\_ (2007b), *Informe sobre desarrollo humano, 2007-2008*, Nueva York.
- PNUMA/CLAES/DINAMA (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente/Centro Latino Americano de Ecología Social/Dirección Nacional de Medio Ambiente) (2008), *Geo Uruguay 2008. Informe del estado del ambiente*, Montevideo.
- Salvatella R. y R. Rosa (2003), “Culícidos y salud humana en el Uruguay”, *Entomología y Vectores*, vol. 10, N° 4.

- Sención, G. (2002), “Valoración económica de un ecosistema bosque subtropical. Estudio de caso: San Miguel la Palotada, Petén, Guatemala”, *Documento de trabajo*, N° 32, Departamento de Economía de la Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de la República (UDELAR).
- Sutton P.C. y R. Costanza (2002), “Global estimates of market and non-market values derived from nighttime satellite imagery, land cover, and ecosystem service valuation”, *Ecological Economics*, vol. 41, N° 3.
- UDELAR (Universidad de la República) (2009), *Informe de Coyuntura. Uruguay 2008-2009*, Montevideo, Instituto de Economía, Facultad de Ciencias Económicas y de Administración.
- Velarde S.J. y otros (2005), “Valuing the impacts of climate change on protected areas in Africa”, *Ecological Economics*, vol. 53, N° 1.

### **Principales sitios web del país consultados**

[www.bcu.gub.uy](http://www.bcu.gub.uy)  
[www.cambioclimatico.gub.uy](http://www.cambioclimatico.gub.uy)  
[www.dnetn.gub.uy](http://www.dnetn.gub.uy)  
[www.dinama.gub.uy](http://www.dinama.gub.uy)  
[www.mgap.gub.uy](http://www.mgap.gub.uy)  
[www.miem.gub.uy](http://www.miem.gub.uy)  
[www.mtop.gub.uy](http://www.mtop.gub.uy)  
[www.ine.gub.uy](http://www.ine.gub.uy)  
[www.inia.org.uy](http://www.inia.org.uy)  
[www.intendencias.gub.uy](http://www.intendencias.gub.uy)  
[www.opp.gub.uy](http://www.opp.gub.uy)  
[www.ose.com.uy](http://www.ose.com.uy)  
[www.pnud.org](http://www.pnud.org)  
[www.presidencia.gub.uy](http://www.presidencia.gub.uy)  
[www.udelar.edu.uy](http://www.udelar.edu.uy)  
[www.ute.com.uy](http://www.ute.com.uy)

# La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe



MINISTRY OF FOREIGN  
AFFAIRS OF DENMARK



Ministerio Federal de  
Cooperación Económica  
y Desarrollo



**BID**