



La economía del  
**cambio  
climático  
en Bolivia**

# Impactos de eventos extremos sobre infraestructura y producción agropecuaria



Banco Interamericano de Desarrollo





La economía del cambio climático en Bolivia

# Impactos de eventos extremos sobre infraestructura y producción agropecuaria

**Autor:** Juan C. Arenas

**Editores:** Carlos E. Ludeña y Leonardo Sánchez Aragón



NACIONES UNIDAS

CEPAL



**Catalogación en la fuente proporcionada por la  
Biblioteca Felipe Herrera del  
Banco Interamericano de Desarrollo**

Arenas, Juan C.

La economía del cambio climático en Bolivia: impactos de eventos extremos sobre infraestructura y producción agropecuaria / Juan C. Arenas; Carlos E. Ludeña, Leonardo Sánchez Aragón, editores.  
p. cm. – (Monografía del BID; 190)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Agriculture—Economic aspects—Bolivia. 2. Agriculture—Climatic factors—Bolivia. I. Ludeña, Carlos E., editor. II. Sánchez Aragón, Leonardo, editor. III. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Cambio Climático y Sostenibilidad. IV. Título. V. Serie.

IDB-MG-190

Número de referencia de la CEPAL, Naciones Unidas: LC/L.3810

**Palabras clave:** Cambio Climático, Eventos Climáticos Extremos, Infraestructura, Agricultura, Bolivia

**Clasificación JEL:** Q54, Q11, O54.

Este documento es uno de los análisis sectoriales que conforman la serie “La economía del cambio climático en Bolivia” del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en el marco del Estudio Regional de la Economía del Cambio Climático (ERECC) en América Latina y el Caribe, coordinado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y con el apoyo de UKAID del gobierno Británico.

Se agradece el apoyo del Ministerio de Ambiente y Agua en la realización de este estudio, en especial al Programa Nacional de Cambios Climáticos, ahora Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra.

Esta serie fue coordinada por Carlos Ludeña en colaboración con Leonardo Sánchez-Aragón (BID) y Carlos de Miguel, Karina Martínez y Mauricio Pereira (CEPAL).

El presente documento fue preparado por Juan C. Arenas, con los aportes de Lykke E. Andersen y Nashira Calvo, con comentarios de Carlos Ludeña, Sergio Lacambra y Tsuneki Hori (BID), Carlos de Miguel y Mauricio Pereira (CEPAL).

**Citar como:**

Arenas, J.C. 2014. *La economía del cambio climático en Bolivia: Impactos de eventos extremos sobre Infraestructura y producción Agropecuaria*. C.E. Ludeña y L. Sanchez-Aragon (eds), Banco Interamericano de Desarrollo, Monografía No. 190, Washington, DC.

Las opiniones expresadas en esta publicación son exclusivamente de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.

Se prohíbe el uso comercial no autorizado de los documentos del Banco, y tal podría castigarse de conformidad con las políticas del Banco y/o las legislaciones aplicables.

Copyright ©2014 Banco Interamericano de Desarrollo. Todos los derechos reservados; este documento puede reproducirse libremente para fines no comerciales.

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
2.	CAMBIO CLIMÁTICO Y DESASTRES NATURALES.....	3
3.	DESASTRES NATURALES EN BOLIVIA Y RIESGO POR INUNDACIONES .....	5
3.1	Riesgo por vulnerabilidad a las inundaciones en Bolivia.....	6
4.	RELACIÓN ENTRE CAMBIO CLIMÁTICO Y DAÑOS EN LA INFRAESTRUCTURA PÚBLICA .....	9
4.1	Plan Nacional de Rehabilitación y Reconstrucción.....	10
4.2	Estimación de los impactos del cambio climático sobre la infraestructura pública: el fenómeno de El Niño y La Niña (2007-08).....	14
4.3	Proyecciones al año 2100 .....	15
4.4	Estimación de costos al año 2100 .....	19
5.	RELACIÓN ENTRE CAMBIO CLIMÁTICO Y DAÑOS EN LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA .....	21
5.1	Proyecciones para el año 2100.....	24
6.	ESTIMACIÓN DE LOS DAÑOS ECONÓMICOS BAJO EL ESCENARIO BASE .....	27
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	32
8.	REFERENCIAS.....	34
9.	ANEXO .....	36

## Resumen

La pérdida de la infraestructura productiva representa un obstáculo para el desarrollo en Bolivia, no solo porque interrumpe el normal funcionamiento de las actividades económicas, sino porque anula la posibilidad de mejorarlas. Este estudio analiza la relación entre los desastres naturales ocasionados por el cambio climático y la pérdida económica que esto ocasiona a la infraestructura productiva y al sector agropecuario en Bolivia.

Usando los datos del modelo PRECIS, los resultados sugieren que habrá fuertes impactos sobre la infraestructura pública y la producción agropecuaria a finales del siglo, principalmente en la zona amazónica, donde se prevé un aumento en las precipitaciones, y por consiguiente de las inundaciones.

Como se ha visto en las experiencias recientes, las pérdidas económicas por las inundaciones pueden retrasar considerablemente los esfuerzos de los gobiernos para mejorar las condiciones de vida de sus habitantes.

Las investigaciones futuras deben mejorar la cuantificación de los daños económicos, tanto en situaciones de desastres como en eventos “habituales” de origen natural, para planificar la demanda de recursos que se necesitarían en tareas de reconstrucción y rehabilitación. Estas actividades también deben estar encaminadas a mejorar la adaptación del país no solamente a eventos extremos adversos.

# La economía del cambio climático en Bolivia

## Impactos de eventos extremos sobre infraestructura y producción agropecuaria

---

### 1. Introducción

La destrucción de la infraestructura productiva (como carreteras, instalaciones de abastecimiento de agua, edificios educativos o de servicios de salud) implica la pérdida de inversiones costosas que, en países como Bolivia, donde la falta de recursos económicos para la inversión es un problema permanente, ocasiona la paralización de las actividades económicas en las regiones afectadas.

La desaparición de la infraestructura productiva retarda la actividad económica en general, afectando los niveles de ingreso y empleo de la población tanto de los sectores laborales formales, como de aquellos que basan su subsistencia en esquemas informales (Cardona, 2001). Para las poblaciones que sufren desastres naturales, la pérdida de la infraestructura productiva representa un obstáculo para el desarrollo, no solo porque interrumpe el normal funcionamiento de las actividades, sino porque anula la posibilidad de mejorar estos medios de subsistencia. Por otra parte, las poblaciones no disponen de suficientes recursos económicos para hacer frente a los efectos de estos eventos extremos, lo cual repercute en la calidad de la infraestructura que se pretende reponer.

Los efectos de los desastres naturales pueden ser analizados no solamente en términos humanitarios, sino también en términos sociales y económicos (Jovel, 1989). Estos efectos pueden clasificarse en tres categorías principales:

- i) Efectos directos sobre la propiedad en la población afectada por el desastre, lo cual incluye la pérdida de *stock* de capital y de inventarios, y en algunos casos de la producción.
- ii) Efectos indirectos que resultan de la reducción en la producción y en la provisión de servicios.
- iii) Efectos secundarios que pueden aparecer algún tiempo después del desastre: reducción del crecimiento económico y del desarrollo, incremento en la inflación, problemas de balanza de pagos, aumento del gasto fiscal y del déficit, caída en las reservas monetarias, etc.

Los desastres naturales tienen ciertamente efectos sobre el crecimiento a largo plazo. Para Popp (2006), las principales variables macroeconómicas que los desastres naturales afectan son: la tecnología, la acumulación de capital humano, la acumulación de capital físico, y el *stock* de recursos naturales. Estas cuatro variables macroeconómicas ayudan a aumentar el crecimiento a largo plazo. Los desastres relativamente leves que ocurren en un área pequeña en países grandes tienen poco efecto sobre el crecimiento a largo plazo en estos países, pero la misma catástrofe podría diezmar la economía de un país pequeño.

Popp (2006) también señala que los desastres naturales destruyen el capital físico y que el cambio en el *stock* de capital físico depende de la cantidad de inversión que se produce después de la catástrofe. Los países, si pueden, tratan de reparar y reconstruir el capital físico. La evidencia empírica mostraría que la relación entre los desastres naturales y la acumulación de capital físico son negativas.

De acuerdo con Noy (2007), los desastres naturales tienen un impacto negativo y estadísticamente observable sobre la macroeconomía en el corto plazo. No es sorprendente que los acontecimientos más costosos causen caídas más pronunciadas en la producción. Los países en desarrollo, y las economías más pequeñas, se enfrentan a mayores disminuciones en la producción después de un desastre de magnitud relativa similar a la de los países desarrollados o de economías más grandes. Los países con una tasa de alfabetización más alta, mejores instituciones, mayor ingreso per cápita, mayor grado de apertura al comercio, y mayores niveles de gasto público son más capaces de resistir el shock inicial de los desastres y de prevenir por lo tanto mayores efectos secundarios en la macroeconomía, lo cual sugiere que estos países (aunque no es este el caso de Bolivia) tienen una mayor capacidad para movilizar recursos hacia una reconstrucción posterior a los desastres.

Por otra parte, para Freeman (1999), hay un vínculo claro entre los desastres naturales y la pobreza, que tiene lugar a través de la infraestructura. Este vínculo puede ser descrito en al menos tres componentes: i) el acceso a infraestructura es a menudo una de las medidas de la pobreza; ii) la infraestructura es un elemento fundamental del crecimiento económico; y iii) la pérdida de infraestructura puede implicar efectos significativos de costo que impactan directamente en la pobreza.

El propósito de este documento es analizar la relación entre los desastres naturales ocasionados por el cambio climático en Bolivia y la pérdida económica de la infraestructura productiva y del sector agropecuario. Es necesario indicar que existen muchas incertidumbres asociadas a la modelación climática, así como también a las estimaciones económicas, por lo cual los resultados se deben interpretar con mucha caución.

El resto del estudio está organizado como se detalla a continuación. En la segunda sección se hace una breve descripción de la relación entre el cambio climático y los desastres naturales. Posteriormente, se detallan los eventos de desastres naturales sufridos por el país los últimos años, analizando el riesgo por vulnerabilidad a inundaciones. En la cuarta sección se estima cómo los cambios climáticos para el período 2071-2100 (a través de la precipitación) podrían incidir sobre los daños a la infraestructura pública del país, presentando detalladamente los pasos metodológicos que se siguieron. En la quinta sección se muestra la estimación de costos con cambio climático sobre la producción agropecuaria. En la sexta sección se presentan las estimaciones de daños tanto en la infraestructura pública como en la producción agropecuaria en un escenario base, exhibiéndose los resultados de daño incremental por efecto del cambio climático. Finalmente, se proporcionan conclusiones y recomendaciones.



## 2. Cambio climático y desastres naturales

El presente estudio forma parte de un proyecto más amplio del impacto económico del cambio climático en Bolivia durante el siglo XXI (BID/CEPAL, 2014), lo cual forma parte de un proyecto aún más amplio sobre el impacto económico del cambio climático en América Latina hasta el año 2100: ERECC (CEPAL, 2010). El modelo y todos los supuestos para el escenario base común se describen en Jemio y Andersen (2014).

Todos los estudios sectoriales llevados a cabo en el marco del proyecto ERECC, incluido el presente, usan los mismos dos escenarios climáticos, A2 y B2, generados por el modelo regional PRECIS del Centro Hadley del Reino Unido, que tiene una resolución de 50 x 50 km (véanse Jones et al., 2004; Alves, 2007; Andrade, 2014). Los escenarios muestran los cambios en temperatura mensual y precipitación mensual que se esperan entre el período base (1961-1990) y el período futuro (2071-2100). Estos cambios climáticos se deben exclusivamente al aumento en las concentraciones de los gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera debido a actividades humanas.

La creciente preocupación sobre los efectos que el cambio climático tendrá en el bienestar de las personas ha generado un gran debate académico-científico en los últimos años. Esto se ha traducido en una proliferación de literatura especializada acerca de la relación entre el cambio climático y los desastres naturales.

MacDonald (1999) señalaba que se desconoce si la frecuencia y la intensidad de los eventos climáticos extremos aumentarán o disminuirán en un mundo calentado. MacDonald indicaba que las escalas espaciales de los eventos más extremos son demasiado pequeñas para que estos fuesen capturados en los modelos climáticos que se usaban en ese tiempo. Sin embargo, afirma que un pequeño aumento en la superficie de la temperatura de los océanos dará lugar a un mayor contenido de agua en la atmósfera, ya que la presión del vapor de agua se incrementa exponencialmente con la temperatura. Por lo tanto, es muy probable que al menos en algunas regiones del mundo se experimenten mayores precipitaciones e inundaciones más frecuentes, como consecuencia de un mundo más cálido. Este autor también afirmaba que el evento de El Niño puede aumentar en intensidad y frecuencia a medida que se calienta el océano.

Freeman (1999) señalaba que las consecuencias y las causas del aumento de las temperaturas en el mundo constituyen uno de los debates de política más importantes en el mundo científico. El aumento de la absorción de la humedad provoca un incremento de las precipitaciones en forma de inundaciones y tormentas, por lo cual estudiar las consecuencias del calentamiento global tiene mayor sentido si se toma en cuenta el aumento que se experimenta en las tormentas e inundaciones. Básicamente, un efecto del calentamiento mundial será la alteración de los patrones de precipitación, con lo cual la lluvia se incrementará en algunos lugares.

Freeman y Warner (2001) afirmaron posteriormente en un estudio para el Banco Mundial, y con mayor seguridad que MacDonald, que se pueden esperar dos impactos generales del cambio climático: el aumento de la intensidad de los fenómenos climáticos extremos y los cambios en los patrones climáticos regionales. El cambio climático afectará a la infraestructura a través de cambios graduales en los patrones climáticos y por el aumento de la variabilidad de los fenómenos extremos. El cambio climático afectará a los patrones climáticos sobre amplias regiones y estos cambios impactarán sobre el desarrollo de infraestructura en los países más pobres.

El estudio advierte que el impacto de las pérdidas directas debido a las catástrofes impactará en forma significativa en los pobres. En algunas de las regiones del mundo más propensas al riesgo, el aumento de este tipo de pérdidas podría negar la capacidad de desarrollo económico, al impedir la reducción del número de

personas que viven en la pobreza. Un resultado inevitable del aumento de los daños a la infraestructura por el cambio climático será, según los autores, el incremento dramático de los recursos necesarios para restaurar la infraestructura y ayudar a los pobres. Los pobres necesitan más recursos para absorber el impacto de las catástrofes, y al igual que los pobres son más dependientes de la infraestructura pública para mantener sus medios de subsistencia, se requiere más ayuda una vez que los daños a la infraestructura se multiplican.

Los eventos climatológicos extremos, como las lluvias intensas, impactarán en la infraestructura mediante el aumento de las inundaciones y debido a los daños provocados por los deslizamientos. Freeman y Warner (2001) advierten que las inundaciones asociadas con los patrones meteorológicos de El Niño afectarán la infraestructura en las zonas de peligro (entre estas, América Latina). Los ciclos de sequía y las inundaciones probablemente se intensificarán en muchas regiones, con un impacto potencial sobre la energía hidroeléctrica, los recursos hídricos y la infraestructura.

Kemfert (2005) muestra los efectos de los eventos climáticos extremos basándose en las conclusiones del Panel Intergubernamental de Cambio Climático 2001. En el caso de las precipitaciones extremas, existe una probabilidad muy alta de ocurrencia en el futuro, con un aumento de los daños causados por: inundaciones, aludes, avalanchas, y mayor erosión del suelo. Estos factores ocasionarían un mayor pago de indemnizaciones por parte de los Estados y mayores riesgos para las compañías de seguros.

Las inundaciones y sequías por los efectos de El Niño tienen también una probabilidad alta de ocurrencia en el futuro, ocasionando baja productividad agrícola en las zonas expuestas a la sequía y a las inundaciones, y haciendo que disminuyan los recursos de agua en las regiones afectadas por sequías.

En un artículo del *ScienceDaily* (2008) se recalca que los modelos climáticos habían predicho que el calentamiento global aumentaría la intensidad de los eventos extremos de precipitación. Por su parte, un estudio de la Universidad de Miami y la Universidad de Reading (Reino Unido) produjo evidencia empírica para confirmar el vínculo entre un clima más cálido y tormentas más potentes.

El artículo mencionado indica que uno de los desafíos más graves a los que la humanidad se enfrentará en respuesta al calentamiento global es la adaptación a los cambios en los fenómenos meteorológicos extremos. Un tema de preocupación tiene que ver con las lluvias torrenciales, las que serán más frecuentes y más intensas en un clima más cálido debido al aumento de la humedad disponible para la condensación. Más eventos de lluvia intensa aumentan el riesgo de inundaciones, y tendrán importantes repercusiones sociales y económicas.

Para entender cómo la precipitación responde en un clima más cálido, los investigadores utilizaron los cambios impulsados asociados con El Niño dentro de un laboratorio para probar su hipótesis. Sobre la base de 20 años de observaciones satelitales, se observó una relación distinta a lo esperado entre las lluvias tropicales extremas y la temperatura, con eventos de fuertes lluvias que aumentan durante los períodos cálidos y disminuyen durante los períodos fríos. Los modelos han encontrado un incremento de las lluvias torrenciales en respuesta al calentamiento climático.

La extensión de los efectos naturales adversos está relacionada con la capacidad de movilizar fondos importantes para las reconstrucciones posteriores. Cavallo y Noy (2009) demuestran que los países más pobres tenderán a sufrir más futuros desastres, y en estos países es poco probable que se puedan adoptar políticas fiscales contracíclicas que puedan pagar las reconstrucciones, por lo que esta limitación hará que las

consecuencias adversas de los desastres sean más graves en los países en desarrollo más pobres. Se señala que existe evidencia de que las sequías y las inundaciones serán más frecuentes y más graves.

Cavallo cita un estudio de Hallegatte, Hourcade y Dumas (2007) en el que se construyó un modelo dinámico de equilibrio general, que incluyó la posibilidad de desequilibrio durante períodos transitorios, y que considera específicamente la aparición de eventos relacionados con condiciones climáticas extremas, mostrando que los futuros cambios en la distribución de los desastres tienen el potencial de generar relaciones de gran amplificación y así efectos económicos muy grandes, si es que las magnitudes de los desastres superan un determinado umbral. Los desastres muy grandes, o una secuencia de eventos de desastres, pueden tener el potencial de desbordar la capacidad de reconstrucción de un país, dejándolo atrapado en una trampa de pobreza.

En términos de teoría económica, el modelo de crecimiento endógeno nos ayuda a identificar que el impacto económico de los desastres naturales se transmite por una reducción del *stock* de capital manifiesto a través de un mayor ritmo de depreciación del *stock* de capital, pero también indirectamente a través de la tasa de ahorro. Si una economía presenta una baja tasa de ahorro, un desastre natural de alto impacto puede reducirlo aún más, o inducir a la necesidad de obtener ahorro externo mediante el endeudamiento.<sup>1</sup>

Se puede esperar entonces, que el cambio climático se manifieste a través de lluvias torrenciales más fuertes, las que ocasionarán inundaciones más frecuentes y también más dañinas. Como se ha mencionado, las inundaciones por los efectos de El Niño podrían ser más severas como consecuencia de un clima más cálido. En regiones con vulnerabilidad ante las inundaciones, estas se constituyen en una amenaza a tomar en cuenta con prioridad, y Bolivia tiene amplias regiones vulnerables, que es de lo que se trata a continuación.

### 3. Desastres naturales en Bolivia y riesgo por inundaciones

El cuadro 1 muestra los reportes de eventos adversos de origen natural por tipo de evento, en el período 2002-08. Se observa que las inundaciones representaron el principal evento adverso (43%).

*Cuadro 1*  
*Eventos adversos de origen natural ocurridos en Bolivia, por tipo de evento, 2002-2008*

Tipo de evento	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008(p)	Total	Porcentaje
Total	1.186	968	1.444	783	1.278	3.913	2.268	11.840	100
Inundación	353	810	448	278	868	1191	1095	5.043	43
Sequía	351	43	451	151	16	651	158	1.821	15
Helada	66	5	153	132	121	1259	451	2.187	19
Granizada	311	67	261	74	194	695	419	2.021	17
Otros eventos	105	43	131	148	79	117	145	768	6

Fuente: INE (2009).

<sup>1</sup> Un tratamiento extenso de estas implicaciones se encuentra en Cabrera (2008).

La diversidad en las características fisiográficas de Bolivia genera diferentes fenómenos climáticos que están condicionados por la topografía, la pendiente y la altitud,<sup>2</sup> lo que da lugar a que cada zona se vea afectada por una amenaza específica.<sup>3</sup>

Bolivia está expuesta a una variedad de desastres naturales, incluidos las inundaciones en los departamentos situados en la zona amazónica, las sequías en la zona del Chaco, y las feroces granizadas en el Altiplano. Un estudio reciente de Oxfam (2009) menciona que Germanwatch, una organización no gubernamental (ONG) que efectúa el monitoreo de los desastres, en 2007 puso a Bolivia (por primera vez) en una lista de los 10 países del mundo más afectados por desastres. Además, se señala que durante los años 2007 y 2008 el país habría enfrentado las peores emergencias de los últimos 25 años.

Un desastre es una situación de daño grave o alteración de las condiciones normales de vida en un territorio determinado, ocasionada por fenómenos naturales, tecnológicos o por la acción del hombre, y que puede causar pérdidas de vidas humanas, materiales, económicas o daño ambiental. En el caso de las inundaciones, estas son amenazas de origen hidrometeorológico o climático (se generan en la atmósfera), que acontecen cuando el suelo y la vegetación no son capaces de absorber toda el agua y esta fluye a los cursos de agua rebasando su capacidad de conducción. Existen inundaciones por desbordamientos de ríos, lluvias torrenciales y falta de absorción y escurrimiento (Ministerio de Defensa Nacional, 2004). Estas, como se ha visto, son los fenómenos más frecuentes y que más daño causan en el país, por la frecuencia con la que se presentan y por los efectos en la población y la economía del país.

Las inundaciones son fenómenos que tienen lugar con relativa frecuencia, y no están asociadas únicamente al fenómeno de El Niño. Se presentan durante la época de lluvias, afectando a buena parte del país, principalmente en los departamentos de Beni, Cochabamba, Santa Cruz y Pando.<sup>4</sup>

Sin embargo, los desastres naturales se han producido en forma periódica en Bolivia, y según Oxfam (2009), la frecuencia y magnitud del daño causado por estos eventos climatológicos se ha incrementado en los últimos años. Durante el período 2001-04, se reportó el número más alto de declaraciones de emergencias de los últimos 70 años. Alrededor de 420.000 personas fueron afectadas por las inundaciones en el período 1997-2007. Durante el período 2006-07, el número de personas afectadas ascendió a 560.000, y luego a 618.000 durante los años 2007-08, lo que equivale al 6% de la población del país.

### 3.1 Riesgo por vulnerabilidad a las inundaciones en Bolivia

Según el *Atlas de amenazas, vulnerabilidades y riesgos de Bolivia*, 21 municipios del país fueron identificados como de alto y muy alto riesgo (Oxfam, NCCR y Fundepco, 2008). El estudio indica también que 74 municipios se encuentran en el rango de riesgo medio de inundación, en tanto que los 232 restantes se hallan en riesgo bajo.

---

<sup>2</sup> La altitud máxima se encuentra en el pico del nevado Sajama en el occidente del país (6.542 metros sobre el nivel del mar) y la altitud mínima está en la cuenca del Alto Paraguay paralelo 20, en la zona oriental del país (100 metros bajo el nivel del mar).

<sup>3</sup> De acuerdo con el *Atlas de amenazas, vulnerabilidades y riesgos de Bolivia*, la amenaza es un factor externo (a la sociedad, a la comunidad, a la familia y sus interacciones sociales), y su ocurrencia es potencialmente peligrosa. Tiene dos fuentes principales: natural (manifestaciones periódicas y circunstanciales de la naturaleza) o antrópica (humana).

<sup>4</sup> Se trata de la denominada zona de los llanos orientales, que incluye el norte del departamento de La Paz y abarca el 59% del territorio nacional.

Los municipios altamente vulnerables a las inundaciones se encuentran en los departamentos de Beni, Cochabamba y Santa Cruz (cuadro 2). Los municipios de muy alto riesgo son ocho: Chimoré en Cochabamba; Warnes, Yapacaní, Santa Rosa del Sara, San Julián y Cuatro Cañadas en el departamento de Santa Cruz; y San Ignacio de Mojos y San Andrés en Beni. Los municipios que se encuentran en el rango de alto riesgo son 13, de los cuales dos están en Cochabamba, cinco en el departamento de Santa Cruz y seis en el de Beni.

*Cuadro 2*  
*Municipios con riesgo alto y muy alto por inundación en Bolivia*

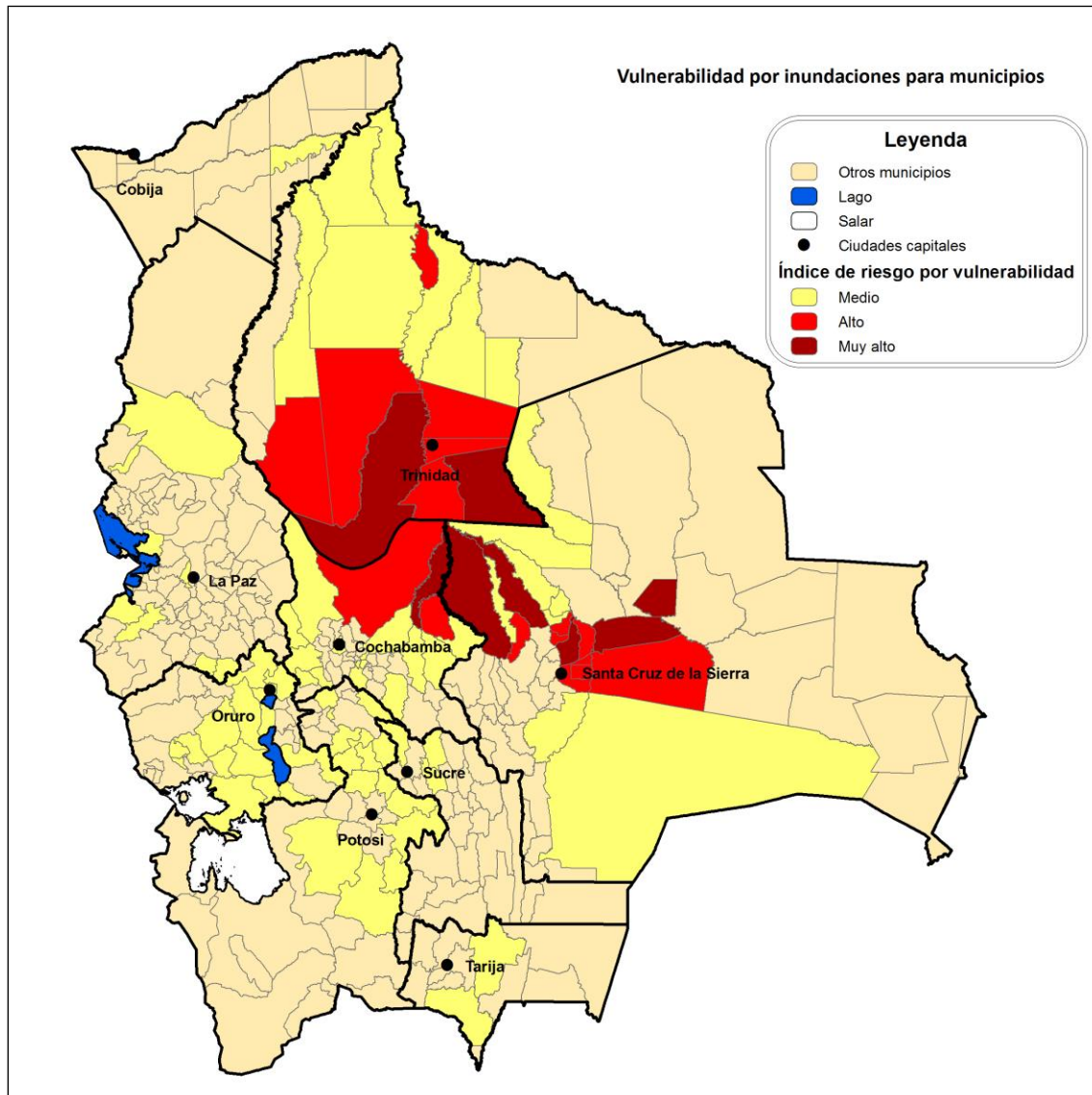
Departamento	Municipio	Índice de riesgo por inundación
Cochabamba	Chimoré	Muy Alto
Santa Cruz	Warnes	Muy Alto
Santa Cruz	Yapacaní (San Juan)	Muy Alto
Santa Cruz	Santa Rosa del Sara	Muy Alto
Santa Cruz	San Julián	Muy Alto
Santa Cruz	Cuatro Cañadas	Muy Alto
Beni	San Ignacio	Muy Alto
Beni	San Andrés	Muy Alto
Cochabamba	Villa Tunari	Alto
Cochabamba	Puerto Villarroel	Alto
Santa Cruz	Santa Cruz de la Sierra	Alto
Santa Cruz	Cotoca	Alto
Santa Cruz	Pailón	Alto
Santa Cruz	Montero	Alto
Santa Cruz	Gral Saavedra	Alto
Beni	Trinidad	Alto
Beni	San Javier	Alto
Beni	San Borja	Alto
Beni	Santa Ana de Yacuma	Alto
Beni	Loreto	Alto
Beni	Puerto Siles	Alto

Fuente: Oxfam, NCCR y Fundepco (2008).

De acuerdo con el *Atlas*, la principal causa de las inundaciones es el exceso de precipitación que resbala por la superficie debido a la baja absorción del terreno, lo que aumenta el nivel de los ríos, sobrepasando su capacidad de almacenamiento. El mapa de amenaza de inundación, del que se deriva un mapa de riesgo por amenaza de inundación, fue elaborado sistematizando, clasificando y modelando variables condicionantes y desencadenantes como el análisis de las cuencas hidrográficas, hidrografía general, evapotranspiración, cobertura y uso de la tierra, caudales y niveles históricos de agua, y modelos dinámicos de precipitación.

El mapa 1 muestra los municipios con vulnerabilidad media, alta y muy alta por inundaciones.

Mapa 1  
*Vulnerabilidad por inundaciones en Bolivia, por municipio, 2008*



Fuente: Elaborado en base Oxfam, NCCR y Fundepco (2008).

Es notorio que los departamentos de Beni y Cochabamba presentan en una porción importante de sus territorios una vulnerabilidad por inundaciones alta y muy alta. En el caso del departamento de Beni, esta vulnerabilidad alcanza el 40% del territorio, y en Cochabamba el 34%.<sup>5</sup>

Como indica Oxfam (2009), más de la mitad del país se encuentra en la zona amazónica, donde existen altos índices de deforestación, lo que incrementa la vulnerabilidad frente a las inundaciones. La deforestación

<sup>5</sup> Si además se toma en cuenta la vulnerabilidad media, en el departamento de Beni, la vulnerabilidad media-alta-muy alta está alcanzando al 77% del territorio, llega al 76% del territorio en Cochabamba y al 38% del territorio en Santa Cruz.

generalizada en las principales cuencas del área, produce lodo y sedimentación de los ríos, disminuyendo su capacidad para llevar agua.

Andersen (2014) indica que se espera un fuerte proceso de deforestación en el país en los próximos años. En las tierras bajas, producto del avance de la frontera agrícola, se ha previsto bajo un escenario base, la deforestación de 33 millones de hectáreas durante el siglo XXI, lo que dejaría solamente una cuarta parte del bosque original.

Los escenarios previstos de mayores precipitaciones a causa del cambio climático, con la inclusión de fenómenos El Niño más intensos y una mayor deforestación, implican que la vulnerabilidad hacia las inundaciones en los llanos orientales, y principalmente en los departamentos de Beni, Santa Cruz y Cochabamba, no va a reducirse en el futuro, se espera al contrario que las inundaciones sean más frecuentes en los llanos amazónicos. A continuación se estudian ejemplos recientes de los efectos que pueden tener las fuertes precipitaciones y las inundaciones, con relación a los fenómenos de El Niño y La Niña, además de los efectos económicos que estos fenómenos tuvieron sobre la infraestructura pública y la producción agropecuaria.

#### 4. Relación entre cambio climático y daños en la infraestructura pública

La CEPAL (2007) presenta una evaluación de los daños ocasionados por las alteraciones climáticas de El Niño 2006-07, observados entre enero y marzo de 2007, cuantificando la magnitud global de los daños y pérdidas. El informe detalla que el régimen pluviométrico en Bolivia se vio afectado desde 2006 por la anomalía del posicionamiento del patrón más importante en la formación de precipitaciones, identificado como la “Alta de Bolivia”. Esto generó precipitaciones sobre la Cordillera Oriental, las tierras bajas del sur, los llanos orientales y sobre Beni. Las mayores precipitaciones tuvieron lugar principalmente entre diciembre de 2006 y marzo de 2007, con grandes intensidades, que ocasionaron un fuerte ascenso en los niveles de los ríos, dando por resultado desbordes e inundaciones.

El documento de la CEPAL se refiere al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi) para explicar que las inundaciones ocurridas en Beni tuvieron su origen en dos causas. Por una parte, las fuertes precipitaciones puntuales, y por otro las lluvias fuertes que acontecieron en las áreas medias de las cuencas de los ríos de la Cordillera Oriental, las cuales se escurrieron hasta las tierras bajas ocasionando las inundaciones.

Con el fenómeno de La Niña también se presentaron fuertes precipitaciones sobre la Cordillera Oriental, las tierras bajas del sur, los llanos orientales y en la hoya amazónica. Estas áreas sufrieron deslizamientos y aludes torrenciales en las laderas, desbordes de ríos e inundaciones en las planicies. La Niña del año 2008 mostró en Bolivia un comportamiento distinto al patrón general, ya que existieron fuertes lluvias que afectaron al oriente del país.

Siguiendo la evaluación efectuada por la CEPAL (2008), desde noviembre de 2007 se produjeron lluvias intensas en todo el país, que ocasionaron el desbordamiento de ríos e inundaciones, siendo los departamentos más afectados La Paz, Cochabamba, Chuquisaca, Beni y Santa Cruz. En los departamentos de Beni y Santa Cruz hubo crecidas y desbordamientos de los ríos Beni y Mamoré. En Beni los ríos principales superaron los niveles históricos.

La combinación de granizadas, lluvias e inundaciones que ocasionaron El Niño y La Niña produjeron un impacto severo en las zonas de los llanos, en el Chaco y en las laderas de la cordillera que desciende hacia el

oriente del país. El impacto fue severo debido tanto a la topografía de las zonas afectadas, como a la elevada vulnerabilidad de la infraestructura misma.

La CEPAL (2007) destaca que, dado el grado de desarrollo de las redes de transporte troncal, secundaria y terciaria, los daños ocasionados por las lluvias e inundaciones afectaron especialmente a las carreteras y a los caminos, en niveles superiores a los usuales en la época de lluvias, que anualmente ocasionan la erosión e inundación en los valles y regiones bajas, y deslizamientos y obstrucciones en las laderas. Así, se vieron afectados puntos nodales de la red troncal y rutas en diversos departamentos.

Las zonas más afectadas, como se observará a continuación, fueron las regiones orientales del país, especialmente los departamentos de Beni, Santa Cruz y Cochabamba.

#### 4.1 Plan Nacional de Rehabilitación y Reconstrucción

Mediante el Decreto Supremo Nro. 29.627 del 2 de julio del 2008, se aprobó el Plan Nacional de Rehabilitación y Reconstrucción como instrumento para la atención de los problemas suscitados y las necesidades generadas como consecuencia de los efectos adversos provocados por el fenómeno de La Niña 2007-08.

En el marco de este Plan se efectuó un relevamiento de la demanda de proyectos de rehabilitación y reconstrucción a nivel de las regiones afectadas (departamentos y municipios). Este relevamiento estuvo a cargo del Viceministerio de Inversión Pública y Financiamiento Externo (VIPFE), lo que permitió construir una base de datos/cartera de proyectos que involucran acciones de rehabilitación, reconstrucción y otros, según el sector afectado.

Estas demandas de rehabilitación y reconstrucción se dividieron en programas sectoriales de: Transportes, Agropecuarios, Educación y Cultura, Salud, Energía, Industria-Turismo, Minero, Recursos Hídricos, Salud y Seguridad Social, Saneamiento Básico y Urbanismo-Vivienda. Para efectos del presente estudio se ha depurado la base de datos, tomando en cuenta solamente aquellas demandas relacionadas con daños a la infraestructura pública en cuanto a los sectores Transportes, Saneamiento Básico, Salud y Seguridad Social, Educación y Cultura y Agropecuario.

Las demandas en el sector de Transportes tienen que ver principalmente con la rehabilitación y reconstrucción de caminos y tramos carreteros afectados; en el sector de Saneamiento Básico los daños se refieren a la destrucción de sistemas de agua potable; en el sector de Salud y Seguridad Social los daños se refieren a la destrucción de infraestructura en hospitales, centros de salud y postas; en el sector de Educación los daños están relacionados principalmente con la destrucción de la infraestructura en escuelas y unidades educativas, mientras que en el sector Agropecuario la infraestructura destruida está focalizada en los sistemas/canales de riego.

El cuadro 3 muestra la cuantificación agregada por departamento (en dólares americanos) de los daños ocasionados por el fenómeno de El Niño el año 2007 y el de La Niña en 2008. Los departamentos más afectados por ambos fenómenos fueron Cochabamba, Beni y Santa Cruz.



*Cuadro 3*  
*Eventos-proyectos reportados y montos, en relación con los eventos de El Niño (2007) y La Niña (2008)*

Departamento	El Niño 2007		La Niña 2008	
	Eventos reportados (número)	Daños (US\$)	Eventos reportados (número)	Daños (US\$)
La Paz	85	3.500.621	181	8.116.345
Oruro	25	3.308.042	13	641.296
Potosí	158	10.007.944	95	2.775.725
Cochabamba	153	216.376.505	143	18.938.245
Chuquisaca	30	1.044.280	84	2.926.458
Tarija	8	515.912	7	620.955
Santa Cruz	173	47.810.279	597	82.549.812
Beni	97	191.825.709	253	105.247.604
Pando	1	145.040	67	9.503.217
<b>Total</b>	<b>730</b>	<b>474.534.333</b>	<b>1.440</b>	<b>231.319.657</b>

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos del Ministerio de Planificación del Desarrollo.

El cuadro 4 muestra la importancia del sector de Transportes dentro la estructura de daños reportada. El 73% de los eventos/daños a la infraestructura productiva (daños a carreteras y caminos) se encuentran en este sector, con un monto cuantificado de daños de US\$514 millones.

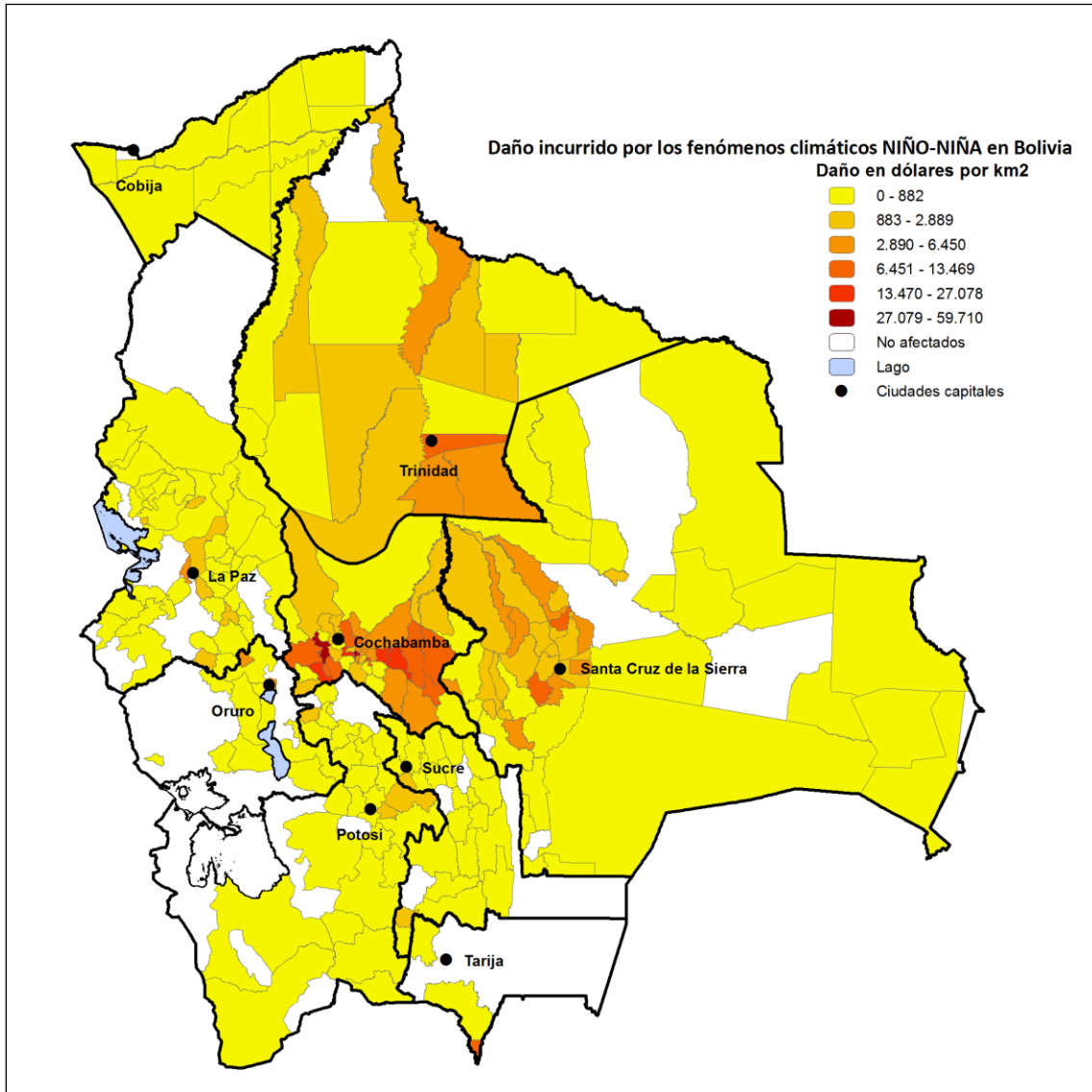
*Cuadro 4*  
*Eventos-proyectos reportados por sector (en dólares de EE.UU.)*

Sector	El Niño	La Niña	Total	Porcentaje
Transportes	291.190.221	223.116.548	514.306.769	73,1
Saneamiento Básico	2.709.755	2.070.446	2.709.755	0,4
Salud y Seguridad Social	37.465.186	1.522.785	38.987.970	5,5
Educación	130.094.511	3.462.837	133.557.348	19,0
Agropecuario	13.074.659	1.147.042	14.221.701	2,0
<b>Total</b>	<b>474.534.333</b>	<b>231.319.657</b>	<b>703.783.544</b>	<b>100,0</b>

Fuente: Elaboración propia sobre base de datos del Ministerio de Planificación del Desarrollo.

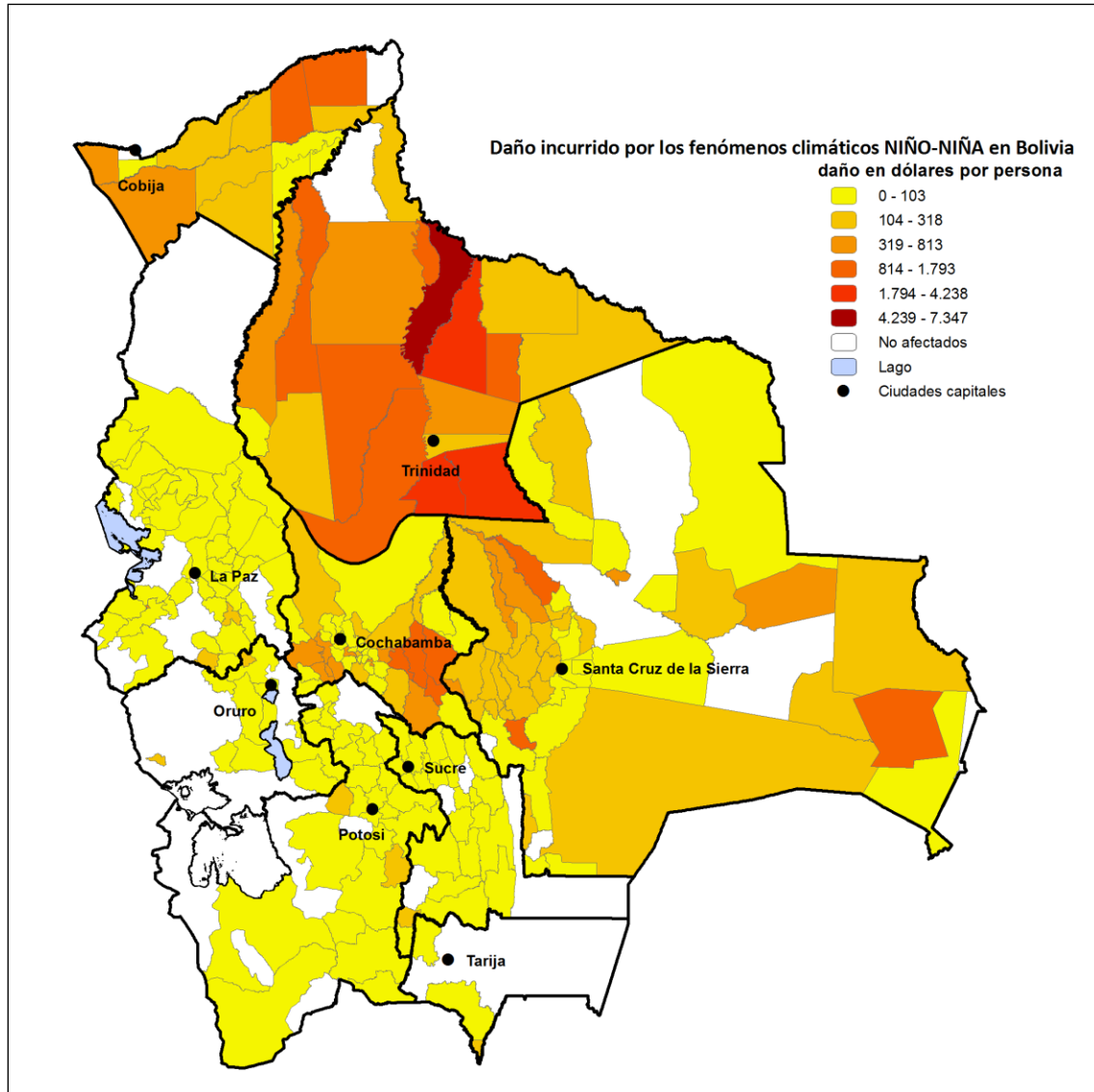
En los mapas 2 y 3 se muestran los daños en dólares por kilómetro cuadrado y en dólares por persona, respectivamente, ocasionados por los eventos de El Niño y La Niña, a nivel de municipio y sobre la base de los datos del relevamiento de demanda de proyectos de rehabilitación y reconstrucción. Las inundaciones causadas por El Niño y La Niña dejaron pérdidas económicas por US\$704 millones en la infraestructura pública.

*Mapa 2*  
*Daños ocasionados por El Niño y La Niña en Bolivia (dólares de EE.UU. por km<sup>2</sup>)*



Fuente: Elaboración propia.

Mapa 3  
Daños ocasionados por El Niño y La Niña en Bolivia (dólares de EE.UU. por persona)



Fuente: Elaboración propia.

## 4.2 Estimación de los impactos del cambio climático sobre la infraestructura pública: el fenómeno de El Niño y La Niña (2007-08)

En esta sección se describe la estimación de los impactos adicionales sobre la infraestructura pública debido al cambio climático. Primero, se detallan los impactos de El Niño y La Niña en los departamentos identificados como más vulnerables. Posteriormente, usando las proyecciones del modelo PRECIS, se estiman los daños por desastres al año 2100.

El cuadro 5 muestra la información sobre precipitación diaria promedio y el daño en infraestructura pública por kilómetro cuadrado en los departamentos de Santa Cruz y Beni. En Santa Cruz, la información de precipitación se refiere al promedio para los meses de noviembre de 2006 a abril de 2007 (El Niño) y de noviembre de 2007 a abril de 2008 (La Niña), para las estaciones meteorológicas de Santa Cruz, Camiri, Puerto Suárez, Robore, San Matías, Guarayos, San Javier, San Ignacio de Velasco, San José, Vallegrande, Comarapa, Cotoca, Gutiérrez, Mairana, Mineros, Montero y Okinawa 1. En Beni, la información de precipitación se refiere al promedio para los meses de noviembre de 2006 a abril de 2007 (El Niño) y de noviembre de 2007 a abril de 2008 (La Niña), para las estaciones meteorológicas de Trinidad, Guayaramerin, Magdalena, San Joaquín, Santa Ana y San Ignacio de Moxos.

En Santa Cruz, durante el fenómeno de El Niño, la precipitación diaria promedio fue de 4,8 mm/día, mientras que durante La Niña fue de 6,2 mm/día. Durante La Niña, la precipitación fue un 31% superior al promedio de los datos normales de 4,5 mm/día (promedio en época de lluvias durante los años 1961-90<sup>6</sup>), lo que explica que los daños en la infraestructura pública duplicaron a los causados por El Niño. En Beni, durante el fenómeno de El Niño, la precipitación diaria promedio fue de 8,4 mm/día, mientras que durante La Niña fue de 8,9 mm/día. Durante La Niña la precipitación fue un 20% superior al promedio de los datos normales de 7,4 mm/día.

El daño entre noviembre de 2006 y abril de 2007 fue de US\$123 por km<sup>2</sup> en Santa Cruz y de US\$707 por km<sup>2</sup> en Beni, mientras que entre noviembre de 2007 y abril de 2008 fue de US\$261 por km<sup>2</sup> en Santa Cruz y de US\$ 519 por km<sup>2</sup> en Beni.

*Cuadro 5*  
*Precipitación y daño en infraestructura en Santa Cruz y Beni*  
*durante El Niño y La Niña, 2007-08*

Evento	Santa Cruz			Beni		
	Precipitación (mm/día)	Daños		Precipitación (mm/día)	Daños	
		(millones de dólares)	(dólares por km <sup>2</sup> )		(millones de dólares)	(dólares por km <sup>2</sup> )
Con El Niño	4,8	45,4	123	8,4	150,9	707
Con La Niña	6,2	96,7	261	8,9	110,8	519
Normal	4,5			7,4		

Fuente: Elaboración propia.

<sup>6</sup> Se ha considerado como época de lluvias la que abarca los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril.

### 4.3 Proyecciones al año 2100

El estudio efectuado por Andrade (2014) muestra que, bajo el escenario de cambio climático más pesimista, el A2, se espera que la concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para el año 2100 sea de aproximadamente 850 ppm (partes por millón), mientras que bajo el escenario B2 sería de 600 ppm. La precipitación promedio en los dos escenarios disminuye moderadamente en la zona altiplánica pero se incrementa en las zonas bajas. Además, el modelo PRECIS prevé aumentos en la variabilidad de la precipitación en todo el territorio. El proceso de validación del mismo ha mostrado que se reproduce razonablemente bien el clima de las regiones bajas (<500 metros) pero que sobreestima la precipitación en zonas más altas.

Tomando en cuenta las estimaciones de precipitación para los escenarios PRECIS A2 y B2, se han identificado para los departamentos de Santa Cruz y Beni aquellos períodos en los que las condiciones de cambio climático van a originar situaciones de lluvias similares (o superiores en magnitud) a las que se experimentaron en el fenómeno de El Niño. Para hacer esto, se han dividido los datos en dos períodos: uno relacionado con la época general de lluvias, y que comprende los meses entre noviembre y abril, y otro generalmente no lluvioso que abarca los meses de mayo a octubre.

Los gráficos 1 y 2 muestran la evolución de la precipitación diaria promedio en época lluviosa para el departamento de Santa Cruz, en el período 1961-2100. Los datos de precipitación 1961-2009 corresponden a los datos construidos a partir de los registros históricos proporcionados por el Senamhi, y los datos a partir del año 2010 corresponden a los niveles de precipitación ajustados del modelo PRECIS.

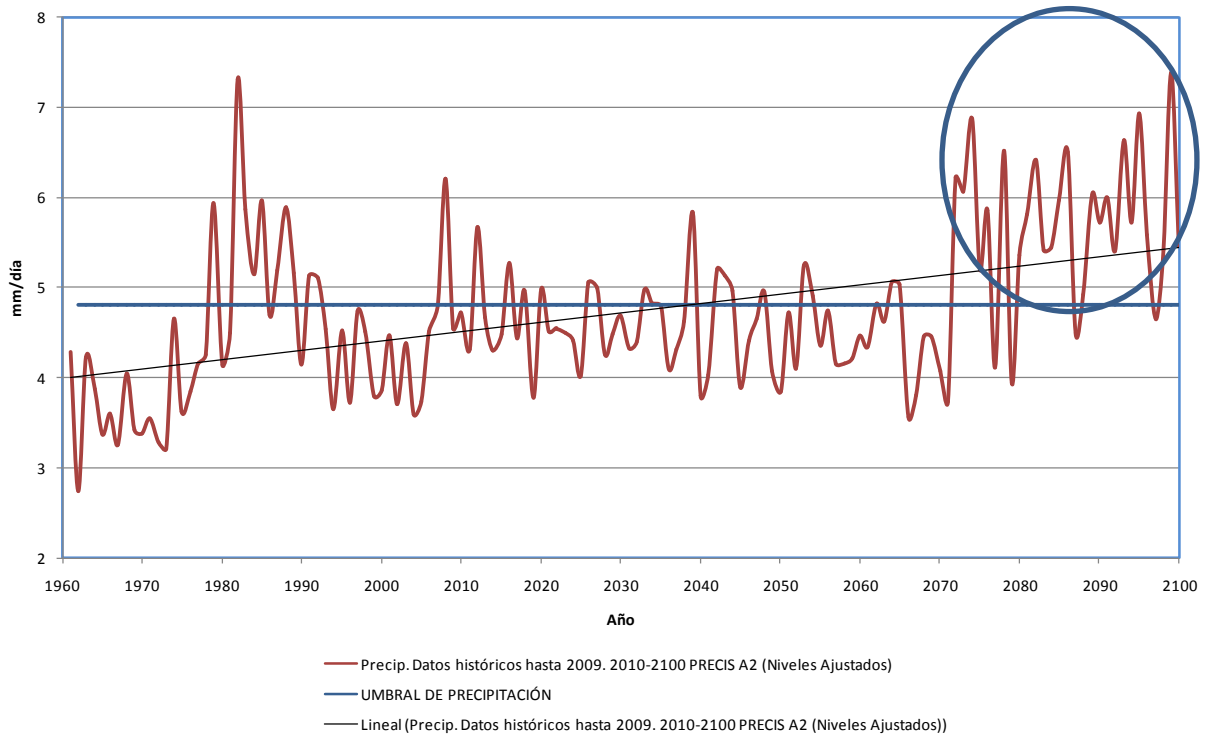
Los niveles de precipitación estimados con el modelo PRECIS han sido ajustados tomando en cuenta los datos históricos de precipitación. La diferencia media entre los registros históricos y los datos de precipitación PRECIS A2, para el caso de Santa Cruz en el período 1961-2009 es de -1,1 mm/día. Es decir: en niveles absolutos, PRECIS A2 sobreestima en promedio 1,1 mm/día con relación al valor histórico, por lo que a partir del año 2010 los datos absolutos PRECIS A2 han sido ajustados cada año por la constante 1,1 mm/día.

Por ejemplo, el valor absoluto de precipitación de PRECIS A2 para Santa Cruz en el período lluvioso del año 2071 es de 4,8 mm/día, valor al que se le resta 1,1 mm/día para obtener el valor ajustado de 3,7 mm/día. La diferencia media entre los registros históricos y los datos de precipitación PRECIS B2, para Santa Cruz en el período 1962-2009 es de -1,0 mm/día.

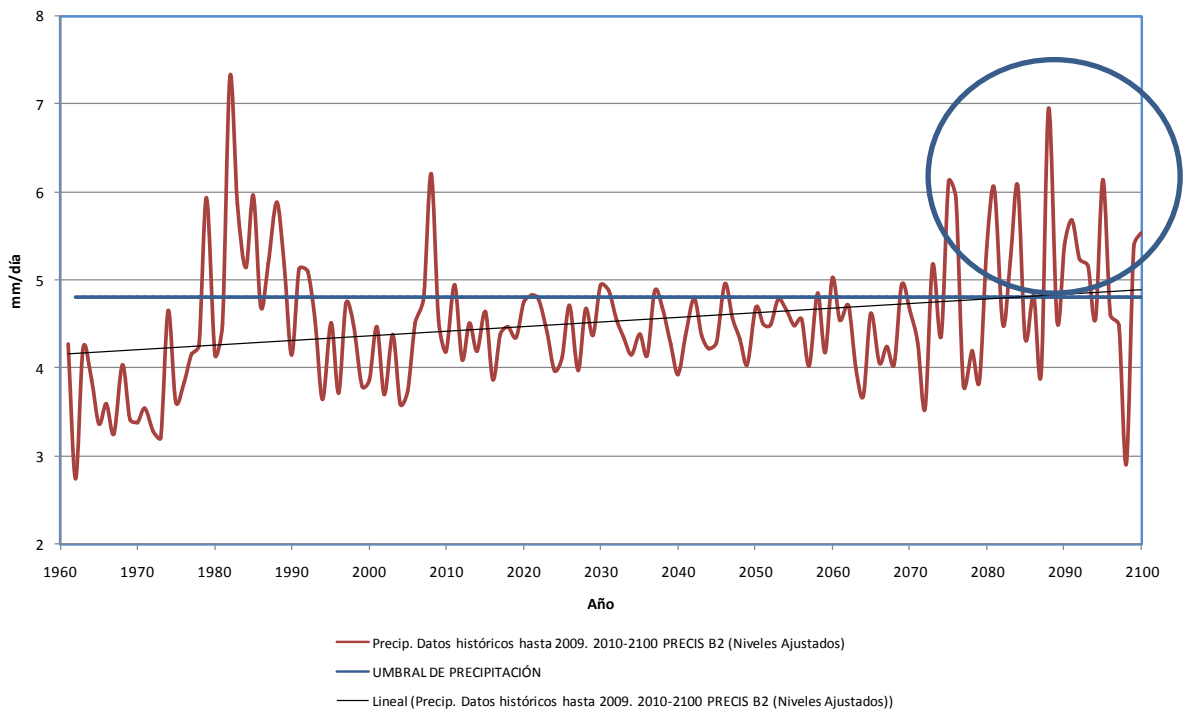
En los gráficos 1 y 2, la línea horizontal representa el nivel umbral de precipitación (4,8 mm/día) identificado para Santa Cruz. Este umbral es el nivel de precipitación diaria promedio experimentado durante El Niño 2007. Esto permite establecer que los niveles de precipitación superior a este umbral, ocasionada por efectos del cambio climático, implicarán episodios de lluvia fuertes que producirían inundaciones y, por lo tanto, pérdidas económicas en la región. Si se comparan los niveles de precipitación del evento fuerte de El Niño 1982-1983 (7,3 mm/día), con los eventos de El Niño 2007 y La Niña 2008, el menor nivel de precipitación diaria promedio se registró con El Niño 2007, motivo por el que se escoge este dato como umbral de precipitación.

El modelo PRECIS A2, ajustado en el caso de Santa Cruz, proyecta una precipitación media en época de lluvias en el período 2071-2100 de 5,7 mm/día, cifra superior a la media del período 1961-90, establecida en 4,4 mm/día, y superior al umbral de precipitación. Bajo el escenario PRECIS B2 en Santa Cruz, se tiene una precipitación media en época de lluvias de 4,9 mm/día, que también es superior a la media del período 1961-90 y al umbral de precipitación.

*Gráfico 1*  
*Precipitaciones en Santa Cruz, 1961-2100, escenario A2*



*Gráfico 2*  
*Precipitaciones en Santa Cruz, 1961-2100, escenario B2*



En el caso de Santa Cruz, se evidencia que a partir del año 2072, las estimaciones ajustadas de PRECIS A2 y B2 indican que se tendrán episodios de fuertes lluvias de mayor magnitud que los experimentados con La Niña 2008 y similares al evento fuerte de El Niño 1982-83 (véanse los gráficos 1 y 2). Bajo el escenario A2, los episodios de lluvias fuertes en Santa Cruz superarán el umbral de precipitación en 25 de los 30 años comprendidos en el período 2071-2100, mientras que en el escenario B2, el umbral de precipitación será superado en 16 de los 30 años.

Durante el período 1961-90, hubo ocho años en los que se superó el umbral de precipitación, destacando el evento de El Niño 1982-83, durante el cual se experimentaron fuertes lluvias que causaron importantes daños económicos. Esto muestra que la frecuencia de eventos extremos de precipitación se incrementará considerablemente en el período 2071-2100.

Los gráficos 3 y 4 muestran la evolución de la precipitación diaria promedio en época lluviosa para el departamento de Beni, 1961-2100. De manera similar al caso de Santa Cruz, la información de precipitación 1961-2009 corresponde a los datos construidos a partir de los registros históricos, y los datos a partir del año 2010 corresponden a los niveles de precipitación ajustados del modelo PRECIS.

Los niveles de precipitación estimados con el modelo PRECIS han sido ajustados también para Beni tomando en cuenta los datos históricos de precipitación. Para Beni la diferencia media en el escenario A2 es de 1,4 mm/día, y para el escenario B2 es de 1,5 mm/día, lo que indica que en Beni los niveles absolutos PRECIS subestiman el valor histórico.

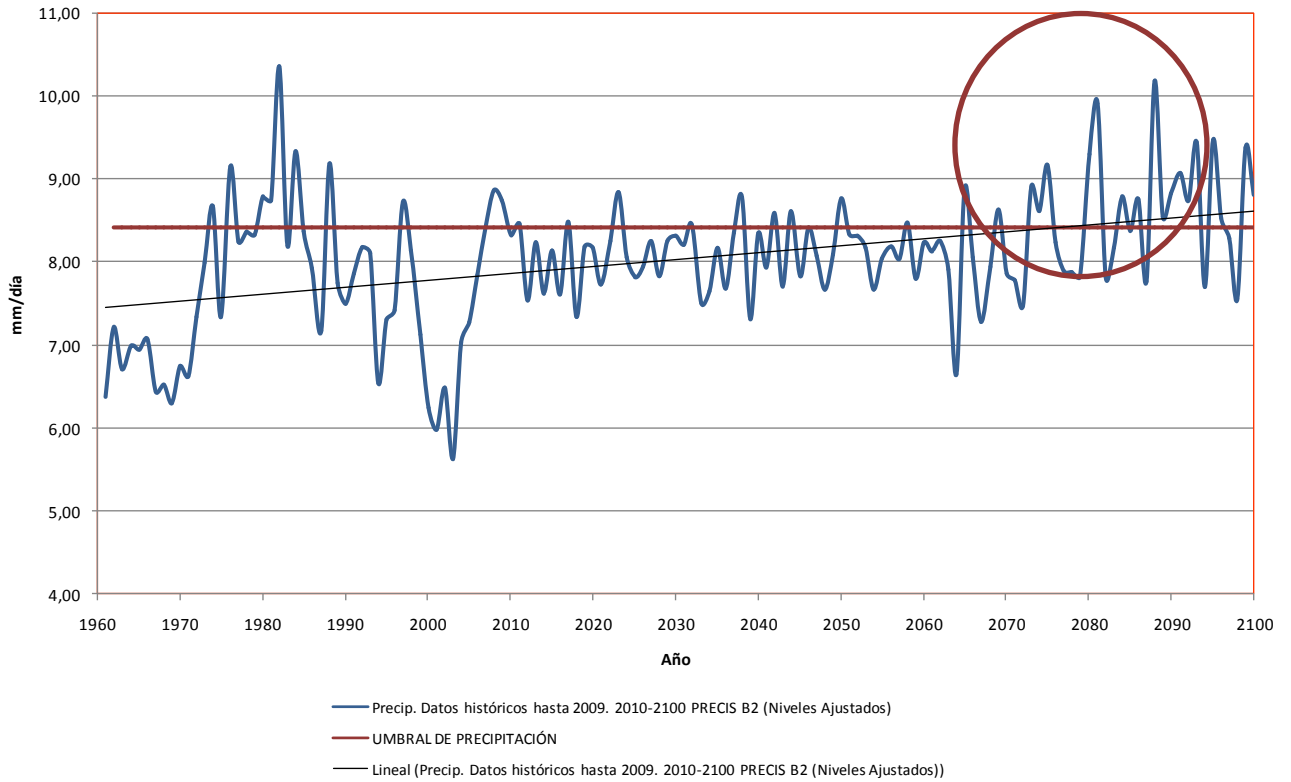
Para Beni se establece un umbral de precipitación de 8,4 mm/día, que es el nivel de precipitación diaria promedio experimentado durante El Niño 2007, dando a entender que niveles de precipitación superiores a este umbral, ocasionados por efectos del cambio climático, implicarán episodios de lluvia fuertes que ocasionarían inundaciones y por lo tanto pérdidas económicas en la región. Si nuevamente se comparan los niveles de precipitación del evento fuerte de El Niño 1982-83 (10,4 mm/día), con los eventos de El Niño 2007 y La Niña 2008, el menor nivel de precipitación diaria promedio se registró con El Niño 2007, motivo por el que se escoge este dato como umbral de precipitación.

El modelo PRECIS A2, ajustado en Beni, proyecta una precipitación media en el período 2071-2100 en época de lluvias de 9,1 mm/día, superior a la media del período 1961-1990, establecida en 7,8 mm/día, y superior al umbral de precipitación. En el escenario PRECIS B2 se tiene una precipitación media en época de lluvias de 8,6 mm/día, cifra también superior a la media del período 1961-1990 y al umbral de precipitación.

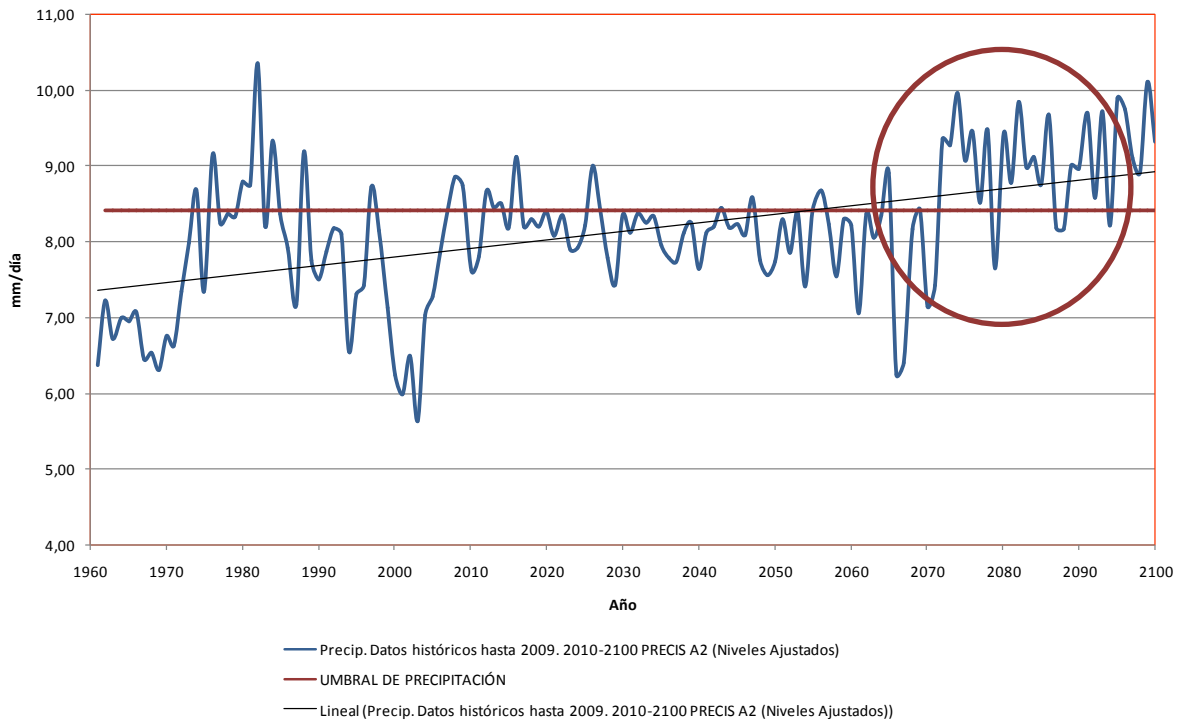
En Beni se evidencia igualmente que a partir del año 2072 (gráficos 3 y 4), de acuerdo con las estimaciones ajustadas PRECIS A2 y B2, se presentarán episodios de fuertes lluvias de mayor magnitud que los experimentados con La Niña 2008 y similares al evento fuerte de El Niño 1982-83. Bajo el escenario A2, los episodios de lluvias fuertes en Beni superarán el umbral de precipitación en 25 de los 30 años comprendidos en el período 2071-2100, mientras que en el escenario B2, el umbral de precipitación será superado en 17 de los 30 años.

Durante el período 1961-90, hubo siete años en los que se superó el umbral de precipitación, y allí se destaca también el evento de El Niño 1982-83, siendo notorio que la frecuencia de eventos extremos de precipitación se incrementará considerablemente en el período 2071-2100.

*Gráfico 3*  
*Precipitaciones en Beni, 1961-2100, escenario A2*



*Gráfico 4*  
*Precipitaciones en Beni, 1961-2100, escenario B2*





Para Santa Cruz y el evento de La Niña, una precipitación promedio de 6,2 mm/día ocasionó un daño en la infraestructura pública de US\$261 km<sup>2</sup>, lo que significó casi US\$97 millones, representando una pérdida del 0,70% sobre el producto interno bruto (PIB) nacional en 2008. El Niño, con una precipitación promedio de 4,8 mm/día, ocasionó un daño en infraestructura de US\$45,4 millones, representando una pérdida del 0,35% sobre el PIB nacional del año 2007.

Durante La Niña 2008, una precipitación promedio de 8,9 mm/día ocasionó un daño a la infraestructura pública de US\$519 km<sup>2</sup> en Beni, lo que representó una pérdida de US\$111 millones (0,80% del PIB nacional de ese año). El Niño 2007, con una precipitación promedio de 8,4 mm/día, ocasionó una pérdida en infraestructura de US\$151 millones (1,15% del PIB nacional de ese año).

#### 4.4 Estimación de costos al año 2100

Una vez ajustados los niveles de precipitación estimados con el modelo PRECIS para los escenarios A2 y B2, se simulan los efectos sobre el PIB nacional. Conociendo que durante La Niña una precipitación promedio de 6,2 mm/día en Santa Cruz ocasionó un daño del 0,70% del PIB nacional, se estima por extrapolación de datos qué porcentaje del PIB nacional se hubiera visto afectado si, por ejemplo, la precipitación en Santa Cruz hubiera sido de 6,5 mm/día (estimación de precipitación ajustada PRECIS A2 para el período que abarca de noviembre de 2077 a abril de 2078). El cuadro 6 muestra estas estimaciones para el escenario A2 (B2 en el anexo), para el período 2071-2100. Las casillas sombreadas muestran los años en los que las lluvias no superan el umbral de precipitación.

*Cuadro 6*  
*Daños estimados en infraestructura pública en Santa Cruz y Beni,*  
*e impactos en el PIB nacional, escenario A2*

Período	Santa Cruz			Beni		
	Precipitación (mm/día)	Valor Presente Neto (dólares por km <sup>2</sup> )	PIB afectado (porcentaje)	Precipitación (mm/día)	Valor Presente Neto (dólares por km <sup>2</sup> )	PIB afectado (porcentaje)
2071	3,7	-	0,26	7,4	-	0,49
2072	6,2	262,3	0,70	9,4	666,6	0,95
2073	6,1	246,8	0,66	9,3	660,4	0,94
2074	6,9	326,7	0,86	10,0	709,5	1,03
2075	5,2	161,8	0,45	9,1	646,5	0,92
2076	5,9	225,8	0,61	9,5	673,7	0,97
2077	4,1	-	0,26	8,5	606,4	0,85
2078	6,5	292,1	0,77	9,5	675,2	0,97
2079	3,9	-	0,26	7,7	-	0,49
2080	5,4	177,3	0,48	9,4	672,2	0,96
2081	5,8	221,4	0,60	8,8	625,2	0,88
2082	6,4	281,2	0,75	9,9	701,8	1,02
2083	5,4	182,6	0,50	9,0	640,0	0,91
2084	5,4	185,5	0,51	9,1	649,4	0,93
2085	6,0	237,0	0,64	8,8	624,3	0,88
2086	6,5	289,8	0,77	9,7	689,4	0,99
2087	4,5	-	0,26	8,2	-	0,49
2088	4,9	134,7	0,38	8,2	-	0,49
2089	6,0	243,1	0,65	9,0	641,2	0,91
2090	5,7	213,1	0,58	9,0	638,6	0,91
2091	6,0	239,8	0,64	9,7	691,7	1,00
2092	5,4	182,1	0,50	8,6	610,8	0,86
2093	6,6	303,1	0,80	9,7	692,4	1,00
2094	5,7	213,2	0,58	8,2	-	0,49
2095	6,9	332,4	0,88	9,9	704,9	1,02
2096	5,6	199,0	0,54	9,8	694,7	1,00
2097	4,6	-	0,26	9,1	649,2	0,93
2098	5,4	182,6	0,50	8,9	635,1	0,90
2099	7,4	377,1	0,99	10,1	720,4	1,05
2100	5,5	187,2	0,51	9,3	664,4	0,95

Bolivia no cuenta con evaluaciones de las pérdidas económicas causadas por los desastres, a excepción de los años en los que El Niño provocó fuertes pérdidas económicas. En promedio, durante los eventos de El Niño y La Niña, entre los años 2006 y 2008, los daños económicos en la infraestructura de Santa Cruz representaron el 0,52% del PIB nacional. Este estudio utiliza este porcentaje como *proxy* de los daños económicos causados por las precipitaciones cuando sobrepasan el umbral. Específicamente, se efectúa el supuesto de que en una situación “habitual” de desastres naturales (inundaciones), el PIB se verá afectado en la mitad del valor observado en los eventos de El Niño y La Niña, es decir en 0,26% cada año.

En promedio, durante los eventos de El Niño y La Niña entre los años 2006 y 2008, los daños económicos en la infraestructura de Beni representaron el 0,98% del PIB nacional. Por ello, en una situación “habitual” de

desastres naturales (inundaciones), el PIB se verá afectado en la mitad del valor observado en los eventos de El Niño y La Niña, es decir en 0,49% cada año, como se observa en el cuadro 6.

La reducción porcentual estimada del PIB, debido a las pérdidas en infraestructura, se aplica a las estimaciones del PIB nacional entre los años 2071 y 2100. Si una precipitación de X mm/día podría haber afectado en un Z% al PIB nacional entre los años 2006-08, esta precipitación X ocasionará un daño al PIB ese año de Z%.

El cuadro 7 muestra la estimación del daño en millones de dólares, por efectos del cambio climático (a través de fuertes precipitaciones e inundaciones) en el escenario A2. Se han trabajado las estimaciones con los datos de Santa Cruz y Beni. Se asume que en ambos departamentos se recogerá el 65% de los daños agropecuarios, mientras que el restante 35% tendrá lugar en los otros departamentos del país.<sup>7</sup>

Estos resultados sugieren que los daños en la infraestructura pública en el período 2071-2100 tendrán un costo económico de US\$93.000 millones. Las proyecciones del escenario B2 se presentan en el anexo.

## 5. Relación entre cambio climático y daños en la producción agropecuaria

En Beni, las inundaciones de El Niño causaron un daño de magnitud en la ganadería. El informe de la CEPAL (2007) señala que la superficie afectada por la inundación fue estimada por la Federación de Ganaderos del Beni (Fegabeni) en 8 millones de hectáreas, lo cual significa una anegación del 70% de las tierras de pastoreo de ganado. La Fegabeni estimó en 2,2 millones las cabezas de ganado que fueron afectadas, lo que representa el 74% del total del ganado del departamento. El 6% del total del ganado de Beni habría muerto a causa de las inundaciones. Estos eventos dieron como resultado una gran pérdida en la producción de carne.

---

<sup>7</sup> En función de lo observado en las experiencias de El Niño y La Niña.

*Cuadro 7*  
*Daño en infraestructura pública en Bolivia debido al cambio climático,*  
*escenario A2 (millones de dólares de EE.UU. de 2007)*

<b>Año</b>	<b>Santa Cruz-Beni</b>	<b>Bolivia</b>
2071	666	1.024
2072	1.512	2.326
2073	1.509	2.321
2074	1.829	2.813
2075	1.361	2.093
2076	1.613	2.482
2077	1.174	1.806
2078	1.892	2.911
2079	837	1.287
2080	1.666	2.562
2081	1.751	2.694
2082	2.145	3.300
2083	1.763	2.713
2084	1.845	2.839
2085	2.014	3.099
2086	2.407	3.703
2087	1.054	1.621
2088	1.253	1.928
2089	2.327	3.580
2090	2.273	3.497
2091	2.589	3.983
2092	2.204	3.391
2093	3.013	4.635
2094	1.832	2.818
2095	3.362	5.173
2096	2.816	4.333
2097	2.230	3.431
2098	2.708	4.166
2099	4.056	6.240
2100	2.998	4.613
		<b>93.380</b>

En el departamento de Santa Cruz no se reportaron muertes de animales, pero disminuyó el peso de las reses y esto ocasionó pérdidas en la producción de carne. También se reportaron pérdidas en la producción de leche y en la industria avícola.

A raíz de las inundaciones, se perdieron 110.000 hectáreas de cultivo de soya en Santa Cruz; 40.000 mil hectáreas de cultivos de arroz en Beni y Santa Cruz, y 35.000 hectáreas en otros cultivos: maíz, quinua, papa, cebada, trigo, banano, plátano, cebolla, haba, yuca, alfalfa, arveja y fréjol.

Los impactos se produjeron a través de las pérdidas de cultivos y la disminución de los rendimientos, la muerte de animales y los anegamientos de pastos. En las zonas agrícolas de Santa Cruz las lluvias superaron los promedios históricos, y se dificultó el acceso a cultivos de importancia económica en el departamento: oleaginosas, arroz y maíz. Las fuertes lluvias de Beni impidieron que bajara el nivel de las aguas inundando las llanuras de pastoreo.

Según la CEPAL (2007), algunos cultivos mostraron ser más sensibles al fenómeno de La Niña que al de El Niño. Por ejemplo, la yuca, la alfalfa, el maíz, la quinua, el trigo, el fréjol, el haba, la cebada grano y la cebada berza sufrieron mayores pérdidas estimadas (en volúmenes) con La Niña. Por su parte, El Niño acarreó mayores pérdidas en la producción de arroz, banano, arveja y soya. En valor, las pérdidas estimadas por efecto de La Niña habrían sido 2,4 veces mayores que las causadas por El Niño.

En 2008, en la ganadería se evidenció una menor cantidad de muertes de ganado vacuno y equino que durante 2007. Las pérdidas en la producción de carne y de leche no han sido muy diferentes entre los dos eventos, y destaca el hecho de que la pérdida estimada en pastos cultivados fue más grande en el caso de La Niña, debido a que el río Grande inundó 60.000 hectáreas en Santa Cruz, frente a las 3.000 hectáreas inundadas durante El Niño.

Los daños sobre pérdidas totales estimadas por la CEPAL para el sector agropecuario se presentan en el cuadro 8 desagregados por departamento. Se observa que los departamentos de Santa Cruz y el Beni representaron el 85% de las pérdidas totales estimadas durante el evento de El Niño, porcentaje muy cercano al producido en La Niña (87%). Las inundaciones en el oriente del país causadas por ambos eventos dejaron pérdidas económicas por US\$410 millones en ganadería y agricultura.

*Cuadro 8*  
*Daños agropecuarios causados por El Niño y La Niña en Bolivia, 2006-08*

Departamento	El Niño		La Niña	
	Daños (millones de dólares)	Porcentaje del total	Daños (millones de dólares)	Porcentaje del total
Chuquisaca	1,3	1,0	88	3,2
La Paz	8,2	6,1	7,5	2,7
Cochabamba	2,7	2,0	12,4	4,5
Oruro	1,3	1,0	3,9	1,4
Potosí	2,4	1,8	8,0	2,9
Tarija	1,1	0,8	1,7	0,6
Santa Cruz	73,2	55,0	151,0	54,6
El Beni	42,7	32,1	83,2	30,1
Pando	0	0,0	0	0,0
<b>Total</b>	<b>133,1</b>	<b>100,0</b>	<b>276,5</b>	<b>100,0</b>

Fuente: CEPAL (2007 y 2008).

El cuadro 9 muestra la información sobre precipitación diaria promedio y el daño agropecuario por kilómetro cuadrado en el departamento de Santa Cruz. La información de precipitación se refiere al promedio entre los meses de noviembre de 2006 y abril de 2007 (El Niño), y de noviembre 2007 a abril de 2008 (La Niña).

En Santa Cruz, la precipitación diaria promedio fue de 4,8 mm/día, durante el fenómeno de El Niño. Esto representó una pérdida de US\$73,2 millones (l 00,56% del PIB nacional en 2007). Durante La Niña, la precipitación fue de 6,2 mm/día, lo cual representó un daño agropecuario de US\$151 millones (1,09% del PIB nacional en 2008). Estos resultados sugieren que la precipitación en el caso de La Niña fue un 31% superior al promedio de los datos normales (4,5 mm/día), lo que explica que los daños agropecuarios duplicaran a los causados por El Niño.

En Beni, la precipitación diaria promedio fue de 8,4 mm/día durante el fenómeno de El Niño. Esto representó una pérdida de US\$42,7 millones (0,33% sobre el PIB nacional en 2007). Durante La Niña, la precipitación promedio ascendió a 8,9 mm/día, lo cual representó una pérdida de US\$83 millones (0,60% sobre el PIB nacional en 2008). Estos resultados sugieren que la precipitación en el caso de La Niña fue un 20% superior al promedio de los datos normales (7,4 mm/día), lo que ayuda a explicar el que los daños agropecuarios duplicaran a los causados por El Niño.

*Cuadro 9*  
*Precipitación y daño en la producción agropecuaria de Santa Cruz*  
*y Beni durante El Niño y La Niña, 2007-08*

Evento	Santa Cruz			Beni		
	Precipitación (mm/día)	Daños		Precipitación (mm/día)	Daños	
		(millones de dólares)	(dólares por km <sup>2</sup> )		(millones de dólares)	(dólares por km <sup>2</sup> )
Con El Niño	4,8	73,2	198	8,4	42,7	200
Con La Niña	6,2	151,0	407	8,9	83,2	390
Normal	4,5			7,4		

Fuente: Elaboración propia.

## 5.1 Proyecciones para el año 2100

Usando las precipitaciones estimadas del modelo PRECIS para los escenarios A2 y B2, se estiman los efectos sobre el PIB nacional, siguiendo el mismo procedimiento aplicado para la infraestructura pública. Conociendo que durante La Niña una precipitación promedio en Beni de 8,9 mm/día ocasionó un daño del 0,60% del PIB, se simula por extrapolación de datos qué porcentaje del PIB nacional se hubiera visto afectado si, por ejemplo, la precipitación hubiera sido de 9,9 mm/día (estimación de precipitación ajustada PRECIS A2 para el período de noviembre de 2094 a abril de 2095). El cuadro 10 muestra estas estimaciones para el escenario A2 (B2 en el anexo), para el período 2071-2100.

*Cuadro 10*  
*Daños estimados en la producción agropecuaria de Santa Cruz y Beni,*  
*e impactos en el PIB nacional, escenario A2*

Período	Santa Cruz			Beni		
	Precipitación (mm/día)	Daño estimado (dólares por km <sup>2</sup> )	PIB afectado (porcentaje)	Precipitación (mm/día)	Daño estimado (dólares por km <sup>2</sup> )	PIB afectado (porcentaje)
2071	3,7	-	0,41	7,4	-	0,23
2072	6,2	409,5	1,09	9,4	601,4	0,90
2073	6,1	386,0	1,04	9,3	564,2	0,85
2074	6,9	507,2	1,34	10,0	857,9	1,27
2075	5,2	257,0	0,71	9,1	480,7	0,73
2076	5,9	354,2	0,96	9,5	643,5	0,96
2077	4,1	-	0,41	8,5	240,4	0,38
2078	6,5	454,7	1,21	9,5	652,8	0,97
2079	3,9	-	0,41	7,7	-	0,23
2080	5,4	280,5	0,77	9,4	634,8	0,95
2081	5,8	347,5	0,94	8,8	353,2	0,54
2082	6,4	438,2	1,17	9,9	812,1	1,20
2083	5,4	288,6	0,79	9,0	441,6	0,67
2084	5,4	293,0	0,80	9,1	498,4	0,75
2085	6,0	371,1	1,00	8,8	347,5	0,54
2086	6,5	451,2	1,20	9,7	737,5	1,09
2087	4,5	-	0,41	8,2	-	0,23
2088	4,9	216,0	0,61	8,2	-	0,23
2089	6,0	380,3	1,02	9,0	449,0	0,68
2090	5,7	334,9	0,91	9,0	433,2	0,66
2091	6,0	375,4	1,01	9,7	751,2	1,11
2092	5,4	287,8	0,79	8,6	266,7	0,42
2093	6,6	471,4	1,25	9,7	755,5	1,12
2094	5,7	335,0	0,91	8,2	-	0,23
2095	6,9	515,8	1,36	9,9	830,3	1,23
2096	5,6	313,5	0,85	9,8	769,6	1,14
2097	4,6	-	0,41	9,1	496,7	0,75
2098	5,4	288,6	0,79	8,9	412,3	0,63
2099	7,4	583,7	1,53	10,1	923,5	1,36
2100	5,5	295,6	0,81	9,3	588,1	0,88

En promedio, durante los eventos de El Niño y La Niña, entre los años 2006 y 2008, los daños económicos en el sector agropecuario de Santa Cruz representaron el 0,82% del PIB nacional. Nuevamente se adopta el supuesto de que en una situación “habitual” de desastres naturales (inundaciones), el PIB se verá afectado en la mitad del valor observado en los eventos de El Niño y La Niña, es decir en 0,41% cada año (véase el cuadro 10). En el caso de Beni, durante los eventos de El Niño y La Niña, los daños económicos en el sector agropecuario representaron el 0,46% del PIB nacional, por lo que el PIB se verá afectado en una situación “habitual” en un 0,23% cada año (cuadro 10).

Estos porcentajes estimados del PIB que se verá afectado por pérdidas agropecuarias son aplicados a la serie de datos estimados del PIB nacional entre los años 2071 y 2100. La estimación de los daños en producción

agropecuaria por efectos del cambio climático (escenario A2) se muestra en el cuadro 11. Se han trabajado las estimaciones con los datos de Santa Cruz y Beni, asumiendo que ambos departamentos representarán el 86% de los daños agropecuarios y que un 14% de dichos daños se materializará en otros departamentos del país.<sup>8</sup> Desde al año 2071 y hasta el año 2100, el costo económico por pérdidas agropecuarias tendrá un valor de US\$82.000 millones de dólares.

*Cuadro 11*  
*Daño en la producción agropecuaria de Bolivia debido al cambio climático,*  
*escenario A2 (millones de dólares de EE.UU. de 2007)*

<b>Año</b>	<b>Santa Cruz-Beni</b>	<b>Bolivia</b>
2071	572	665
2072	1.823	2.120
2073	1.770	2.058
2074	2.524	2.935
2075	1.431	1.665
2076	1.963	2.282
2077	838	975
2078	2.368	2.753
2079	719	836
2080	1.974	2.295
2081	1.754	2.040
2082	2.883	3.353
2083	1.831	2.129
2084	2.003	2.329
2085	2.037	2.368
2086	3.134	3.644
2087	905	1.052
2088	1.214	1.412
2089	2.537	2.950
2090	2.401	2.792
2091	3.351	3.897
2092	1.965	2.284
2093	3.967	4.613
2094	1.962	2.281
2095	4.593	5.341
2096	3.639	4.232
2097	2.184	2.539
2098	2.747	3.194
2099	5.769	6.708
2100	3.465	4.029
		<b>81.771</b>

El cuadro 12 muestra la estimación del daño en el sector agropecuario como porcentaje del PIB departamental, en el período 2071-2100. El departamento más afectado será el de Beni (27,6%), mientras que en Santa Cruz el efecto promedio será de un 3,2% del PIB departamental.

<sup>8</sup> En función de lo observado en las experiencias de El Niño y La Niña.



*Cuadro 12*  
*Impacto promedio del daño agropecuario en el PIB departamental en Bolivia*  
*debido al cambio climático, 2071-2100, escenario A2*

<b>Departamento</b>	<b>Daño en el PIB departamental (porcentaje)</b>
Santa Cruz	3,2
Beni	27,6
Oruro	0,5
Potosí	0,9
Cochabamba	0,4
La Paz	0,3
Chuquisaca	1,0
Tarija	0,1

Fuente: Elaboración propia.

## 6. Estimación de los daños económicos bajo el escenario base

El escenario base para el período 2071-2100 se ha estimado utilizando los datos históricos de precipitación del período 1961-90 como representativo del cambio en las precipitaciones en los últimos años. El escenario base permite contabilizar cualquier cambio climático que haya ocurrido en los últimos años del siglo XX y endogeniza esos cambios.

Usando como base los datos históricos de precipitación, se simulan los niveles de lluvias para el período 2071-2100. A su vez, estas simulaciones son usadas para estimar los costos económicos bajo el escenario base. En el cuadro 13 se presenta la información para el sector de infraestructura pública para los departamentos de Santa Cruz y Beni. Se muestra la precipitación histórica (referente para el escenario base), el daño estimado por kilómetro cuadrado y la estimación del daño afectado como porcentaje del PIB nacional.

Las casillas sombreadas indican los años en los que las lluvias no superan el umbral de precipitación. En estos casos, para estimar el porcentaje del PIB afectado, también se supone que se trata de una situación “promedio” de desastres naturales, y el PIB se ve afectado en la mitad del valor observado en los eventos de El Niño y La Niña, es decir en un 0,26% cada año para Santa Cruz y en un 0,49% cada año para Beni.

*Cuadro 13*  
*PIB afectado por daños en la infraestructura pública*  
*en Santa Cruz y Beni, escenario base (2071-2100)*

Período	Santa Cruz			Beni		
	Precipitación (mm/día)	Daño estimado (dólares por km <sup>2</sup> )	PIB afectado (porcentaje)	Precipitación (mm/día)	Daño estimado (dólares por km <sup>2</sup> )	PIB afectado (porcentaje)
2071	4,3	-	0,26	6,4	-	0,49
2072	2,7	-	0,26	7,2	-	0,49
2073	4,2	-	0,26	6,7	-	0,49
2074	3,9	-	0,26	7,0	-	0,49
2075	3,4	-	0,26	7,0	-	0,49
2076	3,6	-	0,26	7,1	-	0,49
2077	3,3	-	0,26	6,4	-	0,49
2078	4,0	-	0,26	6,5	-	0,49
2079	3,4	-	0,26	6,3	-	0,49
2080	3,4	-	0,26	6,8	-	0,49
2081	3,5	-	0,26	6,6	-	0,49
2082	3,3	-	0,26	7,3	-	0,49
2083	3,2	-	0,26	8,0	-	0,49
2084	4,7	-	0,26	8,7	618,4	0,87
2085	3,6	-	0,26	7,3	-	0,49
2086	3,8	-	0,26	9,2	652,5	0,93
2087	4,2	-	0,26	8,2	-	0,49
2088	4,3	-	0,26	8,4	-	0,49
2089	5,9	233,8	0,63	8,3	-	0,49
2090	4,1	-	0,26	8,8	626,2	0,89
2091	4,5	-	0,26	8,7	623,3	0,88
2092	7,3	369,3	0,97	10,4	737,9	1,08
2093	5,9	228,1	0,61	8,2	-	0,49
2094	5,2	156,6	0,43	9,3	664,9	0,95
2095	6,0	236,7	0,63	8,4	-	0,49
2096	4,7	-	0,26	7,9	-	0,49
2097	5,2	160,2	0,44	7,2	-	0,49
2098	5,9	229,4	0,62	9,2	654,6	0,93
2099	5,2	158,4	0,44	7,8	-	0,49
2100	4,1	-	0,26	7,5	-	0,49

El cuadro 14 da a conocer la información para el sector agropecuario para los departamentos de Santa Cruz y Beni. Se muestra la precipitación histórica (para el escenario base), el daño estimado por kilómetro cuadrado en el departamento y la estimación del daño afectado como porcentaje del PIB nacional.

Para estimar el porcentaje del PIB afectado en los años en que las lluvias no superan el umbral de precipitación, también se supone que se trata de una situación “habitual” de desastres naturales, y el PIB se ve afectado por los siguientes valores: un 0,41% cada año en Santa Cruz y un 0,23% para Beni.

*Cuadro 14*  
*PIB afectado por daños en la producción agropecuaria en Santa Cruz y Beni,*  
*escenario base, 2071-2100*

Período	Santa Cruz			Beni		
	Precipitación (mm/día)	Daño estimado (dólares por km <sup>2</sup> )	PIB afectado (porcentaje)	Precipitación (mm/día)	Daño estimado (dólares por km <sup>2</sup> )	PIB afectado (porcentaje)
2071	4,3	-	0,41	6,4	-	0,23
2072	2,7	-	0,41	7,2	-	0,23
2073	4,2	-	0,41	6,7	-	0,23
2074	3,9	-	0,41	7,0	-	0,23
2075	3,4	-	0,41	7,0	-	0,23
2076	3,6	-	0,41	7,1	-	0,23
2077	3,3	-	0,41	6,4	-	0,23
2078	4,0	-	0,41	6,5	-	0,23
2079	3,4	-	0,41	6,3	-	0,23
2080	3,4	-	0,41	6,8	-	0,23
2081	3,5	-	0,41	6,6	-	0,23
2082	3,3	-	0,41	7,3	-	0,23
2083	3,2	-	0,41	8,0	-	0,23
2084	4,7	-	0,41	8,7	312,1	0,49
2085	3,6	-	0,41	7,3	-	0,23
2086	3,8	-	0,41	9,2	516,4	0,78
2087	4,2	-	0,41	8,2	-	0,23
2088	4,3	-	0,41	8,4	-	0,23
2089	5,9	366,3	0,99	8,3	-	0,23
2090	4,1	-	0,41	8,8	359,0	0,55
2091	4,5	-	0,41	8,7	341,5	0,53
2092	7,3	571,9	1,50	10,4	1028,3	1,51
2093	5,9	357,6	0,96	8,2	-	0,23
2094	5,2	249,2	0,69	9,3	590,7	0,88
2095	6,0	370,7	1,00	8,4	-	0,23
2096	4,7	-	0,41	7,9	-	0,23
2097	5,2	254,7	0,70	7,2	-	0,23
2098	5,9	359,5	0,97	9,2	529,3	0,80
2099	5,2	251,8	0,70	7,8	-	0,23
2100	4,1	-	0,41	7,5	-	0,23

Los porcentajes estimados de PIB afectado por pérdidas en la infraestructura y en el sector agropecuario, son también aplicados a la serie de datos estimados del PIB nacional entre los años 2071 y 2100, para obtener los valores de daño bajo el escenario base que se observan en la tabla 20.

Los resultados de la tabla 15 indican que en una situación con cambio climático A2, en el sector de infraestructura el daño promedio entre 2071 y 2100 será de US\$3.113 millones al año, mientras que bajo el escenario base el daño promedio anual estimado es de US\$2.093 millones. Es decir que en promedio cada año entre 2071 y 2100 el costo incremental por efecto del cambio climático en el sector de infraestructura será de US\$1.019 millones.

En el sector agropecuario bajo el escenario A2, el daño promedio entre 2071 y 2100 será de US\$2.726 millones al año, mientras que en el escenario base el daño promedio anual estimado es de US\$1.568 millones. Es decir que entre 2071 y 2100 el costo incremental promedio anual por efecto del cambio climático bajo el escenario A2 en el sector agropecuario será de US\$1.158 millones.

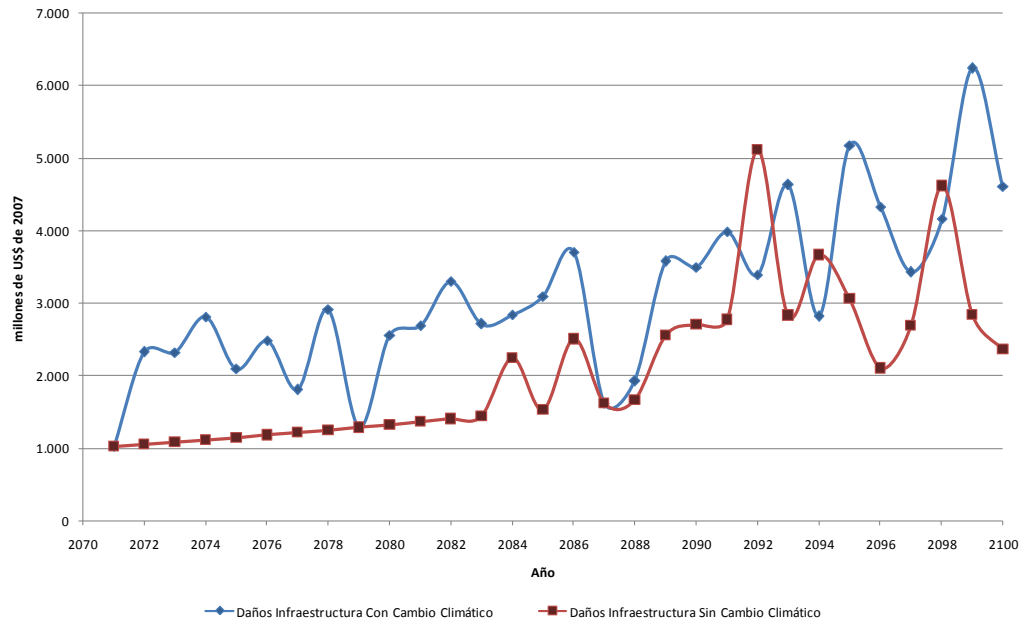
Cuadro 15

*Costo incremental en Bolivia debido a daños en la infraestructura pública y el sector agropecuario, escenario A2 (millones de dólares de EE.UU. de 2007)*

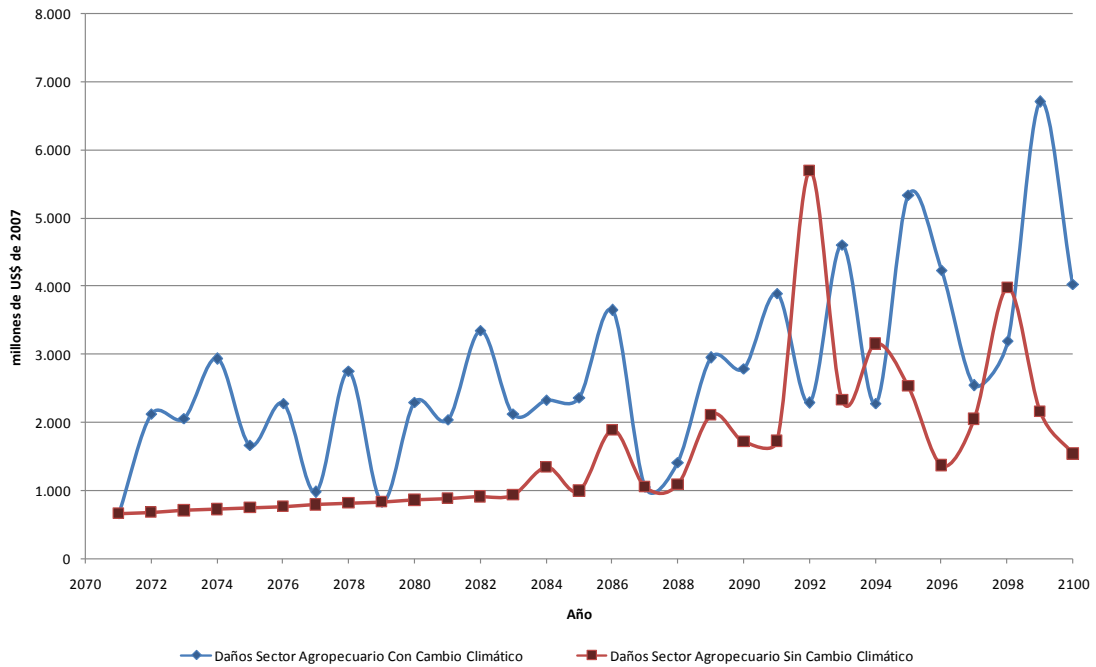
Año	Daño en infraestructura (millones de dólares de 2007)			Daño en el sector agropecuario (millones de dólares de 2007)		
	Escenario A2	Escenario base	Diferencia (costo incremental)	Escenario A2	Escenario base	Diferencia (costo incremental)
2071	1.024	1.024	0	665	665	0
2072	2.326	1.054	1.272	2.120	684	1.436
2073	2.321	1.084	1.237	2.058	704	1.354
2074	2.813	1.116	1.697	2.935	724	2.210
2075	2.093	1.148	945	1.665	745	919
2076	2.482	1.181	1.300	2.282	767	1.515
2077	1.806	1.216	590	975	789	185
2078	2.911	1.251	1.660	2.753	812	1.941
2079	1.287	1.287	0	836	836	0
2080	2.562	1.325	1.237	2.295	860	1.435
2081	2.694	1.364	1.330	2.040	885	1.155
2082	3.300	1.403	1.896	3.353	911	2.441
2083	2.713	1.444	1.269	2.129	938	1.191
2084	2.839	2.249	590	2.329	1.346	984
2085	3.099	1.530	1.569	2.368	993	1.375
2086	3.703	2.505	1.198	3.644	1.890	1.754
2087	1.621	1.621	0	1.052	1.052	0
2088	1.928	1.668	259	1.412	1.083	329
2089	3.580	2.557	1.023	2.950	2.110	840
2090	3.497	2.706	791	2.792	1.720	1.072
2091	3.983	2.773	1.210	3.897	1.725	2.172
2092	3.391	5.114	-1.723	2.284	5.697	-3.412
2093	4.635	2.834	1.801	4.613	2.326	2.287
2094	2.818	3.669	-851	2.281	3.155	-873
2095	5.173	3.063	2.109	5.341	2.534	2.807
2096	4.333	2.105	2.228	4.232	1.367	2.865
2097	3.431	2.690	741	2.539	2.047	492
2098	4.166	4.617	-451	3.194	3.973	-780
2099	6.240	2.837	3.403	6.708	2.154	4.554
2100	4.613	2.366	2.247	4.029	1.536	2.493
Promedio:	3.113	2.093	<b>1.019</b>	2.726	1.568	<b>1.158</b>

En el gráfico 5 se muestran las proyecciones del costo económico que las precipitaciones ocasionarían en la infraestructura pública. Se presenta la evolución del costo con cambio climático del período 2071-2100 (Bolivia A2 en el cuadro 7), junto con la evolución del costo bajo el escenario base en el mismo período (estimado en el cuadro 15). En el gráfico 6 se muestran las proyecciones del costo económico que las precipitaciones ocasionarían en la producción agropecuaria. Se presenta la evolución del costo con cambio climático del período 2071-2100 (Bolivia A2 en el cuadro 11), junto con la evolución del costo bajo el escenario base en el mismo período (estimado en el cuadro 15).

**Gráfico 5**  
*Proyecciones del costo económico en infraestructura pública en Bolivia al año 2100 (millones de dólares de 2007)*



**Gráfico 6**  
*Proyecciones del costo económico en el sector agropecuario de Bolivia al año 2100 (millones de dólares de 2007)*



## 7. Conclusiones y recomendaciones

En este estudio se ha mostrado que los cambios climáticos previstos por el modelo PRECIS hacia el año 2100 podrían tener impactos fuertes sobre la infraestructura pública y sobre la producción agropecuaria en Bolivia, principalmente en la zona amazónica, donde se prevé un aumento en las precipitaciones.

Se espera que el cambio climático se manifieste a través de lluvias torrenciales más fuertes, las que ocasionarán inundaciones más frecuentes y dañinas. Esto implicaría un aumento en la vulnerabilidad de Bolivia ante estos eventos.

Como se ha visto en las experiencias recientes (2006-08), las pérdidas económicas por las inundaciones pueden ser de tal magnitud que retrasarían considerablemente los esfuerzos de los gobiernos para mejorar las condiciones de vida de sus habitantes. Estos desastres y pérdidas tienen consecuencias negativas sobre el bienestar de las personas, sobre las economías regionales y nacionales, y sobre aspectos sociales y hasta políticos.

El cambio climático amenaza entonces con incrementar la pérdida directa de la infraestructura pública y afectar la seguridad alimentaria, debido a la pérdida de la producción agropecuaria.

El daño en infraestructura pública por efectos del cambio climático (a través de fuertes precipitaciones e inundaciones) se estima que tendrá un costo de US\$93.000 millones, de acuerdo con las simulaciones del escenario A2 para período 2071-2100. Esto representaría un gasto promedio anual de US\$3.113 millones. La diferencia anual promedio entre los valores de la situación con cambio climático y la estimación en el escenario base es de US\$1.019 millones, es decir que en promedio, entre 2071 y 2100, el costo incremental por efecto del cambio climático en el sector de infraestructura pública será de US\$1.019 millones cada año.

Desde el año 2071 y hasta el año 2100, el costo económico por pérdidas agropecuarias tendrá un valor de US\$82.000 millones, valor que representa un promedio anual de US\$2.726 millones. En este caso, la diferencia anual promedio entre los valores de la situación con cambio climático y el escenario base es de US\$1.158 millones, es decir que entre 2071 y 2100 el costo incremental promedio anual por efecto del cambio climático en el sector agropecuario será de US\$1.158 millones.

Las investigaciones futuras deben profundizar en el conocimiento de los impactos del cambio climático en el país. La cuantificación de los daños económicos es vital para planificar la demanda de recursos que se enfrentaría en tareas de reconstrucción y rehabilitación. Es muy importante crear mecanismos de evaluación económica de los daños, no solamente en situaciones de grandes desastres, sino en los eventos “habituales” de origen natural que enfrenta constantemente el país. Se podría mejorar la capacidad de un país como Bolivia para absorber de mejor manera el costo del cambio climático ocasionado por inundaciones, fomentando el análisis de los efectos económicos y sociales de estos eventos.

Los costos de adaptación podrían ser mucho menores que los costos de la inacción ante un desastre. Esta adaptación debería ser visualizada como la profundización de buenas prácticas en las políticas de desarrollo y la reducción de la vulnerabilidad de los más pobres. Algunas medidas pueden ser:

- Generar información climatológica oportuna y de alta calidad.
- Generar información económica y social de los eventos naturales habituales que afectan de forma negativa.

- Planificar el uso del suelo y diversificar la producción agrícola en las regiones vulnerables.
- La inversión en nueva infraestructura debe incorporar una adecuada ingeniería para enfrentar eventos extremos, como las lluvias torrenciales.
- Mejorar la planificación territorial urbana.
- Generar seguros en los sectores agrícola y pecuario.
- Generar fondos de contingencia a nivel del gobierno central, de las prefecturas y de los municipios.
- Profundizar el estudio y la aplicación de la ingeniería hidráulica y de tierras de las culturas precolombinas del Amazonas; por ejemplo, el uso de los camellones.

La adaptación para enfrentar los impactos del cambio climático es fundamental para el futuro. La capacidad de planificación y adaptación no debe aparecer solamente cuando se presenta un desastre, por lo que es necesario fortalecer (y en todo caso crear) la capacidad de adaptación en el país.

## 8. Referencias

- Alves, L. M. 2007. *Simulações da Variabilidade do Clima Presente sobre a América do Sul Utilizando um Modelo Climático Regional*. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós- Graduação em Meteorologia. São José dos Campos: INPE.
- Andersen, L.E. 2014. *La economía del cambio climático en Bolivia: Impactos sobre la Biodiversidad*. C.E. Ludeña y L. Sanchez-Aragon (eds), Banco Interamericano de Desarrollo, Monografía No. 192, Washington, DC.
- BID y CEPAL. 2014. *La Economía del Cambio Climático en el Estado Plurinacional de Bolivia*. C.E. Ludeña, L. Sanchez-Aragon, C. de Miguel, K. Martínez, y M. Pereira (eds). Banco Interamericano de Desarrollo, Monografía No. 220 y Naciones Unidas LC/W.627.
- Andrade, M.F. 2014. *La economía del cambio climático en Bolivia: Validación de Modelos Climáticos*. C.E. Ludeña y L. Sanchez-Aragon (eds), Banco Interamericano de Desarrollo, Monografía No. 184, Washington, DC.
- Cabrera, O. 2008. “El impacto de los desastres naturales en el crecimiento económico”. *Tópicos Económicos*, Año I, No. 18. San Salvador: Banco Central de Reserva de El Salvador.
- Cardona, O. 2001. “El impacto económico de los desastres: esfuerzos de medición existentes y propuesta alternativa”. Santo Domingo: Secretariado Técnico de la Presidencia y Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Cavallo, E. y I. Noy. 2009. “The Economics of Natural Disasters A Survey.” Documento de trabajo del BID Nro. 124del Departamento de Investigación y Economista Jefe. Washington, D.C.: BID.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). 2007. *Alteraciones climáticas en Bolivia: impactos observados en el primer trimestre de 2007*. Santiago de Chile: CEPAL.
- . 2008. “Evaluación del impacto acumulado y adicional ocasionado por La Niña en 2008 en Bolivia”. Santiago de Chile: CEPAL.
- Freeman, P. K. 1999. “Infrastructure, Natural Disasters, and Poverty.” ), Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA).
- Freeman, P. K. y K. Warner. 2001. “Vulnerability of Infrastructure to Climate Variability: How Does This Affect Infrastructure Lending Policies?” Report Commissioned by the Disaster Management Facility of The World Bank and the ProVention Consortium. Washington, D.C.: Banco Mundial.
- Hallegatte, S., J.-C. Hourcade y P. Dumas. 2007. “Why Economic Dynamics Matter in Assessing Climate Change Damages: Illustration on Extreme Events.” *Ecological Economics* 62(2), 330-340.
- INE (Instituto Nacional de Estadísticas). 2009. Estadísticas del Medio Ambiente 1998-2007. Santa Cruz, Bolivia: INE.
- Jemio, L.C., L.E. Andersen, C.E. Ludeña, C. de Miguel, M. Pereira. 2014. *La economía del cambio climático en Bolivia: Estimación de Impactos en Equilibrio General*. Banco Interamericano de Desarrollo, Monografía No. 201, Washington, DC.
- Jones, R. G., M. Noguer, D. C. Hassell, D. Hudson, S. S. Wilson, G. J. Jenkins, y J. F. B. Mitchell. 2004. “Generating High Resolution Climate Change Scenarios Using PRECIS, Met Office Hadley Centre.” Exeter,



Reino Unido: National Communications Support Unit. Disponible en [http://www.metoffice.gov.uk/media/pdf/6/5/PRECIS\\_Handbook.pdf](http://www.metoffice.gov.uk/media/pdf/6/5/PRECIS_Handbook.pdf).

- Jovel J. R. 1989. "Economic and Social Consequences of Natural Disasters in Latin America and The Caribbean." Santiago de Chile: CEPAL.
- Kemfert, C. 2005. "The Economic Costs of Climate Change." Reporte semanal Nro 2/2005. Berlin: German Institute for Economic Research.
- MacDonald, G. J. 1999. "Climate and Catastrophic Weather Events." Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA).
- Ministerio de Defensa Nacional. 2004. *La gestión del riesgo en Bolivia*. La Paz, Bolivia: Ministerio de Defensa Nacional.
- Ministerio de Planificación del Desarrollo. 2008. Plan Nacional de Rehabilitación y Reconstrucción 2008-2010. La Paz, Bolivia: Ministerio de Planificación del Desarrollo.
- Noy, I. 2007. "The Macroeconomic Consequences of Disasters." Documento de Trabajo del SCCIE Nro. 07-15. Santa Cruz, Bolivia y Manoa, Hawaii: Center for International Economics, University of Hawaii.
- Oxfam International. 2009. Bolivia: cambio climático, pobreza y adaptación. Boston, MA: Oxfam.
- Oxfam International, NCCR y Fundepco (Fundación para el Desarrollo Participativo Comunitario. 2008. *Atlas de amenazas, vulnerabilidades y riesgos de Bolivia*. La Paz, Bolivia: Oxfam, NCCR y Fundepco.
- Popp, A. 2006. "The Effects of Natural Disasters on Long Run Growth." *Major Themes in Economics*.
- ScienceDaily. 2008. "Climate Change: When It Rains It Really Pours." Artículo publicado el 8 de agosto.

## Anexo

*Cuadro A1*  
*PIB afectado por daños en la infraestructura pública en Santa Cruz y Beni,*  
*escenario B2, 2071-2100*

Período	Santa Cruz			Beni		
	Precipitación (mm/día)	Daño estimado (dólares por km <sup>2</sup> )	PIB afectado (porcentaje)	Precipitación (mm/día)	Daño estimado (dólares por km <sup>2</sup> )	PIB afectado (porcentaje)
2071	4,3	-	0,26	7,8	-	0,49
2072	3,5	-	0,26	7,5	-	0,49
2073	5,2	159,5	0,44	8,9	634,2	0,90
2074	4,4	-	0,26	8,6	613,6	0,86
2075	6,1	252,2	0,67	9,2	653,3	0,93
2076	5,9	233,4	0,63	8,2	-	0,49
2077	3,8	-	0,26	7,9	-	0,49
2078	4,2	-	0,26	7,9	-	0,49
2079	3,9	-	0,26	7,8	-	0,49
2080	5,4	179,7	0,49	9,3	663,3	0,95
2081	6,0	245,1	0,66	9,9	706,3	1,02
2082	4,5	-	0,26	7,8	-	0,49
2083	5,2	163,7	0,45	8,2	-	0,49
2084	6,1	247,9	0,66	8,8	626,0	0,89
2085	4,3	-	0,26	8,4	-	0,49
2086	4,8	124,4	0,35	8,8	624,2	0,88
2087	3,9	-	0,26	7,8	-	0,49
2088	6,9	334,0	0,88	10,2	725,4	1,06
2089	4,5	-	0,26	8,6	609,4	0,86
2090	5,4	182,0	0,50	8,8	628,8	0,89
2091	5,7	209,0	0,56	9,1	646,9	0,92
2092	5,2	165,7	0,46	8,7	623,1	0,88
2093	5,2	157,8	0,44	9,4	672,9	0,97
2094	4,6	-	0,26	7,7	-	0,49
2095	6,1	254,3	0,68	9,5	674,5	0,97
2096	4,6	-	0,26	8,5	608,0	0,85
2097	4,5	-	0,26	8,3	-	0,49
2098	2,9	-	0,26	7,6	-	0,49
2099	5,4	180,0	0,49	9,4	668,4	0,96
2100	5,5	194,8	0,53	8,8	627,4	0,89

*Cuadro A2*  
*PIB afectado por daños en la producción agropecuaria en Santa Cruz y Beni,*  
*escenario B2, 2071-2100*

Período	Santa Cruz			Beni		
	Precipitación (mm/día)	Daño estimado (dólares por km <sup>2</sup> )	PIB afectado (porcentaje)	Precipitación (mm/día)	Daño estimado (dólares por km <sup>2</sup> )	PIB afectado (porcentaje)
2071	4,3	-	0,41	7,8	-	0,23
2072	3,5	-	0,41	7,5	-	0,23
2073	5,2	253,6	0,70	8,9	407,0	0,62
2074	4,4	-	0,41	8,6	283,4	0,44
2075	6,1	394,1	1,06	9,2	521,7	0,79
2076	5,9	365,7	0,98	8,2	-	0,23
2077	3,8	-	0,41	7,9	-	0,23
2078	4,2	-	0,41	7,9	-	0,23
2079	3,9	-	0,41	7,8	-	0,23
2080	5,4	284,2	0,78	9,3	581,6	0,87
2081	6,0	383,3	1,03	9,9	839,0	1,24
2082	4,5	-	0,41	7,8	-	0,23
2083	5,2	259,9	0,72	8,2	-	0,23
2084	6,1	387,7	1,04	8,8	358,2	0,55
2085	4,3	-	0,41	8,4	-	0,23
2086	4,8	200,3	0,57	8,8	347,0	0,54
2087	3,9	-	0,41	7,8	-	0,23
2088	6,9	518,3	1,37	10,2	953,6	1,40
2089	4,5	-	0,41	8,6	258,8	0,41
2090	5,4	287,7	0,79	8,8	374,7	0,58
2091	5,7	328,7	0,89	9,1	483,1	0,73
2092	5,2	263,0	0,73	8,7	340,4	0,53
2093	5,2	251,0	0,70	9,4	638,9	0,95
2094	4,6	-	0,41	7,7	-	0,23
2095	6,1	397,3	1,06	9,5	648,3	0,97
2096	4,6	-	0,41	8,5	250,0	0,40
2097	4,5	-	0,41	8,3	-	0,23
2098	2,9	-	0,41	7,6	-	0,23
2099	5,4	284,6	0,78	9,4	611,7	0,91
2100	5,5	307,2	0,84	8,8	366,3	0,56

*Cuadro A3*  
*Daño en infraestructura pública y en el sector agropecuario en Bolivia*  
*debido al cambio climático, escenario B2 (millones de dólares de 2007)*

Año	Infraestructura pública		Sector agropecuario	
	Santa Cruz-Beni	Bolivia	Santa Cruz-Beni	Bolivia
2071	666	1.024	572	665
2072	685	1.054	588	684
2073	1.260	1.938	1.245	1.447
2074	1.089	1.675	829	964
2075	1.599	2.460	1.834	2.133
2076	1.142	1.757	1.246	1.449
2077	790	1.216	679	789
2078	813	1.251	699	812
2079	837	1.287	719	836
2080	1.655	2.547	1.897	2.206
2081	1.985	3.054	2.683	3.120
2082	912	1.403	784	911
2083	1.176	1.809	1.190	1.384
2084	1.997	3.072	2.052	2.386
2085	995	1.530	854	993
2086	1.685	2.593	1.507	1.752
2087	1.054	1.621	905	1.052
2088	2.801	4.309	4.013	4.666
2089	1.666	2.563	1.223	1.423
2090	2.127	3.272	2.091	2.431
2091	2.346	3.609	2.560	2.977
2092	2.171	3.341	2.034	2.366
2093	2.345	3.607	2.759	3.208
2094	1.291	1.986	1.109	1.289
2095	2.921	4.494	3.602	4.188
2096	2.037	3.134	1.477	1.717
2097	1.409	2.167	1.210	1.407
2098	1.450	2.231	1.246	1.449
2099	2.889	4.444	3.377	3.927
2100	2.908	4.473	2.873	3.341
		<b>74.922</b>		<b>57.973</b>

*Cuadro A4*  
*Costo incremental en Bolivia debido a daños en el sector de infraestructura pública y en el sector Agropecuario, escenario B2 (millones de dólares de 2007)*

Año	Daño en el sector de infraestructura (millones de dólares de 2007)			Daño en el sector agropecuario (millones de dólares de 2007)		
	Escenario B2	Escenario base	Diferencia	Escenario B2	Escenario base	Diferencia
2071	1.024	1.024	0	665	665	0
2072	1.054	1.054	0	684	684	0
2073	1.938	1.084	854	1.447	704	743
2074	1.675	1.116	560	964	724	239
2075	2.460	1.148	1.312	2.133	745	1.387
2076	1.757	1.181	576	1.449	767	682
2077	1.216	1.216	0	789	789	0
2078	1.251	1.251	0	812	812	0
2079	1.287	1.287	0	836	836	0
2080	2.547	1.325	1.222	2.206	860	1.345
2081	3.054	1.364	1.690	3.120	885	2.235
2082	1.403	1.403	0	911	911	0
2083	1.809	1.444	365	1.384	938	446
2084	3.072	2.249	823	2.386	1.346	1.041
2085	1.530	1.530	0	993	993	0
2086	2.593	2.505	88	1.752	1.890	-138
2087	1.621	1.621	0	1.052	1.052	0
2088	4.309	1.668	2.640	4.666	1.083	3.583
2089	2.563	2.557	6	1.423	2.110	-687
2090	3.272	2.706	566	2.431	1.720	711
2091	3.609	2.773	836	2.977	1.725	1.252
2092	3.341	5.114	-1.774	2.366	5.697	-3.331
2093	3.607	2.834	773	3.208	2.326	881
2094	1.986	3.669	-1.683	1.289	3.155	-1.865
2095	4.494	3.063	1.431	4.188	2.534	1.654
2096	3.134	2.105	1.029	1.717	1.367	350
2097	2.167	2.690	-522	1.407	2.047	-640
2098	2.231	4.617	-2.385	1.449	3.973	-2.525
2099	4.444	2.837	1.607	3.927	2.154	1.773
2100	4.473	2.366	2.108	3.341	1.536	1.805
Promedio:	2.497	2.093	<b>404</b>	1.932	1.568	<b>365</b>







[www.iadb.org/cambioclimatico](http://www.iadb.org/cambioclimatico)  
Síguenos en twitter @BIDcambioclima