ECONSTOR
Make Your Publications Visible.

A Service of

ZBW Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft
Leibniz Information Centre for Economics

Molina Tejerina, Oscar Jorge

Working Paper

El impacto de los cambios climáticos sobre la salud en Bolivia: Estimación de costos y beneficios hasta el 2100

Development Research Working Paper Series, No. 14/2009

Provided in Cooperation with:
Institute for Advanced Development Studies (INESAD), La Paz

Suggested Citation: Molina Tejerina, Oscar Jorge (2009) : El impacto de los cambios climáticos sobre la salud en Bolivia: Estimación de costos y beneficios hasta el 2100, Development Research Working Paper Series, No. 14/2009, Institute for Advanced Development Studies (INESAD), La Paz

This Version is available at:
https://hdl.handle.net/10419/45671

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

WWW.ECONSTOR.EU

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Instituto de Estudios Avanzados en Desarrollo

Serie de Documentos de Trabajo sobre Desarrollo

No. 14/2009

El Impacto de los Cambios Climáticos sobre la Salud en Bolivia: Estimación de Costos y Beneficios hasta el 2100

por:

Oscar Molina

Diciembre 2009

Los opiniones expresados en la Serie de Documentos de Trabajo sobre Desarrollo son de los autores y no necesariamente reflejan los del Instituto de Estudios Avanzados en Desarrollo. Los derechos de autor pertenecen a los autores. Los documentos solamente pueden ser bajados para uso personal.

LA ECONOMÍA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN BOLIVIA

El Impacto de los Cambios Climáticos sobre la Salud en Bolivia: Estimación de Costos y Beneficios hasta el 2100*

Por:

Oscar Jorge Molina Tejerina

Asistente de Investigación:

Paolo Giovanni De Ferari Patton

La Paz, diciembre del 2009

* Este estudio forma parte del proyecto regional "Economía del Cambio Climático en Sudamérica" coordinado por el CEPAL y auspiciado por el Banco Inter-americano de Desarrollo, la cooperación británica y la cooperación danesa. Los autores agradecen enormemente la colaboración de Lykke Andersen y Andrea Almanza en la elaboración del documento, así como el apoyo de Nashira Calvo en la elaboración de mapas y a los participantes en diferentes talleres sobre los impactos del cambio climático organizados por el Programa Nacional de Cambios Climáticos.

RESUMEN EJECUTIVO

Bolivia es en uno de los países con mayor vulnerabilidad a enfermedades en Latinoamérica. De los 327 municipios que se tenían el 2003, gran parte de ellos presentaron altos grados de vulnerabilidad en lo que se refiere a las Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA's) e Infecciones Respiratorias Agudas (IRA's) en el occidente del país y alta vulnerabilidad en Malaria y Dengue en los municipios del oriente.

A partir de la construcción de una base de datos a nivel municipal, en este estudio se ha modelado la relación entre factores climáticos (temperatura promedio, precipitación promedio, variabilidad de temperaturas, variabilidad de precipitación) y el nivel de vulnerabilidad de las cuatro enfermedades mencionadas anteriormente, y se ha usado el modelo estimado para simular los efectos del cambio climático previsto por el modelo PRECIS hasta el 2100. La modelación se realizó a nivel municipal para poder tomar en cuenta la gran heterogeneidad de Bolivia.

Los resultados de los modelos sugieren que los cambios climáticos previstos por el modelo PRECIS hasta el año 2100 y los cambios esperados en las variables socioeconómicas y demográficas tendrán impactos positivos sobre el grado de riesgo de las enfermedades analizadas; sin embargo tal como se demuestra en el trabajo dichas impactos positivos no pueden atribuirse al cambio climático en el caso de las EDA's y la Malaria, sino a mejoras en variables de orden socioeconómico y demográfico como son la tasa de urbanización y los años de educación que se esperan sucedan para el 2100. De hecho en el escenario sin cambio climático los resultados serían mucho más favorables para estas enfermedades.

En lo que se refiere a las EDA's, en el año base se tienen 99 municipios en Bolivia que tiene un nivel muy alto de vulnerabilidad. Los departamentos más vulnerables son Oruro, Potosí y La Paz, mientras que los menos vulnerables son Santa Cruz, Tarija y Beni. En el escenario sin cambio climático, solamente 11 municipios tendrían este nivel de vulnerabilidad el año 2100, mientras que en el escenario A2 con cambio climático, 89 tendrían un nivel muy alto de vulnerabilidad el año 2100. Esto muestra un efecto adverso del cambio climático sobre las EDAs a nivel nacional.

Para el caso de las IRA's, en el año base existen 103 municipios con un nivel muy alto de vulnerabilidad, para el 2100 sin cambio climático se esperaría que la situación se mantenga. Sin embargo en el escenario con cambio climático se tendrían 76 municipios, lo que sugiere que los cambios climáticos tendrán un efecto beneficioso sobre la vulnerabilidad de esta enfermedad, lo cual es atribuible a que estas enfermedades tienen mayor propensión en zonas frías, las cuales aumentarían su temperatura según el modelo PRECIS.

En el caso del Dengue, en el año base se tienen 87 municipios que presentaron brotes de la enfermedad, concentrados principalmente en los departamentos de Santa Cruz y Beni. Los modelos predicen que los cambios climáticos disminuirán el riesgo de la enfermedad en estos departamentos, pero la incrementarán en los municipios que en el año base no presentaron casos. Por ejemplo, el Departamento de Cochabamba pasa de 2 municipios en el año base a 11 en el 2100. Esta situación puede ser atribuida al incremento en la temperatura en zonas frías y por el otro lado a que el excesivo calor de otras zonas provoquen que estas no sean las ideales para el desarrollo de la enfermedad.

Finalmente, para la malaria en el año base se tienen 135 municipios de alta vulnerabilidad a la enfermedad, para el 2100 sin cambio climático

se espera que sólo 1 municipio tenga vulnerabilidad alta (Presto en Chuquisaca). En el escenario A2 con cambio climático la situación sería exactamente lo mismo, lo que nos muestra que en general no son las variables climáticas que son importantes para la malaria, sino el desarrollo socio-económico de los municipios.

En el documento también se estiman las pérdidas económicas que las poblaciones locales sufrirían por el incremento de estas enfermedades atribuible al cambio climático. Dichas pérdidas fueron aproximadas a través del cálculo del gasto que representa el tratamiento de estas enfermedades y la pérdida de productividad laboral que se presenta (dengue y malaria). Los cálculos indican que las pérdidas atribuibles a la productividad en el caso de la malaria estarían en el orden de 0,007% del PIB y en el caso del dengue en el orden 0,015% del PIB el año 2100 a nivel nacional. En lo referido al gasto, los cálculos indican que las perdidas estarían en el orden del -0,001% en el caso de las EDA's; -0,001% en el caso de las IRA's, 0,00% en el caso de malaria y dengue del PIB el año 2100 a nivel nacional; lo que muestra que el efecto del cambio climático sobre la salud en términos monetarios será prácticamente inexistente.

También se muestra que salvo los departamentos de Santa Cruz, Beni y Pando, todos los demás tendrán pérdidas en lo referente a la productividad atribuible al dengue. En lo referido a la Malaria salvo Beni y Pando, todos los demás tendrán pérdidas.

En el componente del gasto, se observan pérdidas en todos los departamentos, menos en Santa Cruz, Beni y Pando en el caso del Dengue y Pando en el caso de Malaria. Por otro lado, se observan ganancias en todos los departamentos, menos en Tarija tanto para EDA's como IRA's. Sin embargo, es muy importante mencionar que dichas ganancias o pérdidas son pequeñas en términos relativos.

Finalmente se recomienda que aunque, aparentemente los cambios climáticos y los cambios en las variables socioeconómicas y demográficas muestran efectos relativamente positivos sobre la salud en Bolivia es esencial implementar políticas que estén enfocadas a la educación y a la implementación de servicios de salud (relacionadas a la urbanización) que cuando se hicieron presentes sobrepasaron los efectos negativos que pueden tener los cambios climáticos.

1. Antecedentes

La geografía de Bolivia, sus condiciones climáticas, orográficas e hidrológicas contribuyen a que sea un país muy vulnerable a los efectos del cambio climático (CC). En términos generales, los efectos esperados del cambio climático incluyen aumentos en la temperatura (promedio y máxima) y cambios en el ciclo hidrológico, los cuales se pronostica que provocarán: (i) aumento en la frecuencia y severidad de inundaciones y sequías, afectando la disponibilidad de agua y la producción agropecuaria; (ii) contracción de áreas glaciales; (iii) mayor número e intensidad de incendios forestales; (iv) deterioro de ecosistemas y pérdida de biodiversidad; y (v) efectos en la salud humana por el aumento de la incidencia de enfermedades transmisibles por vectores; entre otros.

El Informe (Stern, 2006) concluyó que los beneficios de una acción decidida y temprana para enfrentar el cambio climático superarían los costos de una eventual inacción ante esos cambios. Este estudio forma parte del "Estudio Regional sobre Economía del Cambio Climático para Sudamérica (ERECC-SA)", desarrollado por la iniciativa de Energías Sostenibles y Cambio Climático (SECCI) del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), en coordinación con CEPAL y el Gobierno Británico.

Si bien el Gobierno de Bolivia (GdB) ha avanzado en varios frentes en respuesta al CC, aún no cuenta con un análisis detallado sobre los costos y beneficios de los impactos del CC en Bolivia, y ha solicitado el apoyo del BID/CEPAL para ello. En este contexto, el BID financió con recursos de la iniciativa SECCI una cooperación técnica para el desarrollo del "Estudio de los Impactos Económicos del Cambio Climático en Bolivia (BO-T1121)." Este estudio nacional cuenta con la colaboración de la Cancillería, del Ministerio de Medio Ambiente y

Agua (MMAyA) y el Ministerio de Finanzas Económicas (MFE); y se realizará en el marco del Estudio Regional de Economía del Cambio Climático para Sudamérica (ERECC-SA).

2. Introducción

En el Protocolo de Kyoto sobre el cambio climático (Naciones Unidas, 1998), se utiliza la frase "cambio climático" como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables.

El Panel Intergubernamental de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (IPCC) (Naciones Unidas, 2009) ha estimado un incremento de la temperatura entre 1,8 y 5,8 ºC durante el presente siglo. El IPCC concluyó: "Hay una gran evidencia de que las modificaciones regionales en el clima, particularmente los aumentos de la temperatura, han afectado ya a un conjunto diverso de sistemas físicos y biológicos en muchas partes del mundo." El deshielo precoz en ríos y lagos y los movimientos de las plantas y animales hacia altitudes superiores constituyen algunos ejemplos de ello. Hay también la posibilidad de que se produzcan cambios a gran escala y potencialmente irreversibles en los sistemas de la Tierra.

Con el cambio climático pueden producirse incrementos en la frecuencia de las olas de calor. El efecto del recalentamiento urbano produce que la temperatura sea más alta en las ciudades que en las áreas suburbanas y rurales, principalmente debido a la abundancia de superficies que retienen el calor, como el hormigón y el asfalto negro.

“Las poblaciones de los países en vías de desarrollo presentan más probabilidades de ser particularmente vulnerables a padecer

inundaciones debido a que habitan en áreas de riesgo alto, como las planicies tendentes a las inundaciones y las zonas costeras, cuentan con infraestructuras de salud pública deficientes y sufren proporcionalmente un daño económico mayor. El impacto sobre la salud incluye la aparición de lesiones físicas y un aumento de los síndromes diarreicos, particularmente en los países subdesarrollados, en los que puede haber ya un aumento de la desnutrición. El aumento de la incidencia de enfermedades respiratorias puede deberse al hacinamiento de la población" (Sotillo, 2000).

La sequía puede tener un impacto sobre la salud en los países en vías de desarrollo, por sus efectos adversos sobre la producción alimentaria y sobre la higiene, debido a la utilización del agua fundamentalmente para la tierra más que para la limpieza.

Los cambios en la temperatura, la humedad, la pluviosidad y el aumento de los niveles marinos pueden afectar sobre la incidencia de aparición de enfermedades infecciosas. Los mosquitos, las garrapatas y las pulgas son sensibles a los cambios sutiles de la temperatura y la humedad. Pero las enfermedades trasmitidas por vectores son igualmente dependientes de otros muchos factores que interactúan. Aunque en los últimos años que se ha producido un resurgimiento de algunas enfermedades infecciosas, no queda claro que el cambio climático haya desempeñado un papel significativo al respecto. Otros factores, como las migraciones de las poblaciones humanas y animales, las deficiencias en las infraestructuras de salud pública apoyan al incremento en infecciones.

De acuerdo con la Organización de Alimentación y Agricultura (FAO) de las Naciones Unidas, aproximadamente 790 millones de personas de los países en vías de desarrollo presentan desnutrición. Los estudios sobre los efectos del cambio climático en la producción de alimentos sugieren

que las cosechas de cereales probablemente están aumentando en las regiones de latitudes medias o altas, aunque disminuyen en los de latitudes más bajas (Sotillo, 2000).

3. Cambio Climático y Enfermedades

Para el presente estudio se incluirán las enfermedades de Dengue, Malaria, EDA's e IRA's, ya que de cierta manera estas se ven influenciadas por los cambios climáticos. Por ejemplo, el caso de las temperatura en lo que se refiere a IRA's, ya que temperaturas más bajas incrementan su prevalencia según informe del Ministerio de Salud y Deportes (Ministerio de Salud y Deportes de Bolivia, 2009), o el caso de Dengue y Malaria que es habitual que se de en zonas más cálidas (Ministerio de Salud y Deportes de Bolivia, 2009). Así mismo, por la importancia que estas tiene sobre la política actual donde se las incluye (entre otras) entre las enfermedades de mayor preocupación del gobierno. No se incluye, por ejemplo el caso de la gripe A H1N1 ya que a la fecha de terminado el estudio aun no se contaban con datos.

3.1. Malaria

Es una enfermedad producida por parásitos del género Plasmodium. Es la primera en importancia entre las enfermedades debilitantes, con más de 200 millones de casos cada año en todo el mundo (Organizacion Mundial de la Salud (OMS), 2009).

Los factores climáticos como la temperatura, la humedad y las precipitaciones desempeñan un papel importante en los países en los que se registra la malaria. Sin embargo los efectos sobre los cambios climáticos, no están totalmente claros. Primeramente, podría asumirse que la malaria se trasladará a regiones más templadas a medida que aumenten las temperaturas; pero por otro lado podría asumirse también

que si el cambio climático reduce la cantidad de lluvia y el agua estancada, también podría reducir la malaria en estas áreas (Organizacion Mundial de la Salud (OMS), 2009).

3.1.1. La Malaria en Bolivia

El sector salud ha orientado sus acciones para mejorar las condiciones de vida de la población en el marco de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODMs). Para este fin, el sector ha propuesto indicadores para medir el avance y metas hasta el 2015, principalmente en relación con los programas públicos de Inmunización, Chagas, Malaria y Tuberculosis (Ministerio de Salud y Deportes de Bolivia, 2009).

Según éstos objetivos de Desarrollo del Milenio, Bolivia presenta perfiles epidemiológicos diferenciados. La elevada morbilidad y mortalidad causada por estas enfermedades impone al país elevados costos que se derivan de los efectos directos sobre los ingresos laborales y la atención de los pacientes.

"La malaria en Bolivia se considera un problema prioritario de salud pública ya que ocurre en ocho de los nueve departamentos del país, afectaba tradicionalmente a 150 municipios de los 327 existentes en el país y una población a riesgo superior a 3,8 millones habitantes para el año 2005. A partir del año 2006 el programa malaria ha determinado focalizar las intervenciones para que el programa sea más efectivo y eficiente y ha dejado fuera del área de riesgo a los municipios donde no se reportaron ni un solo caso de malaria autóctono. Con este mecanismo han quedado solamente 83 municipios con evidencia de transmisión y la población a riesgo se redujo a 1,4 millones habitantes. El año 2007 se ha confirmado el número de municipios con transmisión de la malaria, habiéndose cuantificado una población a riesgo que

alcanza a 1,4 millones habitantes" (Ministerio de Salud y Deportes de Bolivia, 2009).

3.2. Dengue

El dengue es una enfermedad infecciosa de causa viral, que se presenta habitualmente como un cuadro febril denominado Dengue Clásico. Esta forma de dengue es benigna y no produce muertes. El 80% de las personas que se infectan con dengue serán asintomáticos, el 10% presenta fiebre indiferenciada y el 5% fiebre dengue con o sin manifestaciones hemorrágicas.

Dengue hemorrágico, menos frecuente (5% del total de casos clínicos), incluye los síntomas del dengue clásico, a los que se agregan manifestaciones hemorrágicas, es la forma grave de la enfermedad y produce shock y muerte si no se trata adecuada y oportunamente.

Según la (Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2009), el incremento de los viajes aéreos, ***las condiciones climáticas***, la urbanización no planificada, las dificultades en el abastecimiento de agua, sumados al deterioro de los programas de control del vector, la carencia de insecticidas con buena relación de costo/efectividad y la falta de educación sanitaria son algunos de los factores relacionados a la diseminación del Aedes aegypti.

Además, el calentamiento global acelera el desarrollo del virus, amplía la zona de influencia del mosquito y su capacidad de adaptarse a temperaturas más frías, dijo al IPS el científico argentino Osvaldo Canziani, integrante del Grupo Intergubernamental de Especialistas sobre Cambio Climático de Naciones Unidas (Jornada, 2007).

Los mosquitos transmisores de enfermedades son extremadamente sensibles al cambio climático. Los vientos, la temperatura y el régimen

pluvial son factores decisivos en su distribución y abundancia. Sin embargo, también es posible presumir que temperaturas demasiado altas ya no permiten el desarrollo del virus.

3.2.1. Dengue en Bolivia

En el año 2002 se registró en Bolivia una alta incidencia, con más de 1 millón de casos reportados, destacándose el brote producido en Brasil.

Los años 2007 y 2008 han vuelto a ser epidémicos, destacándose en 2008 el gran brote de Río de Janeiro (Brasil), una mega ciudad donde la dinámica de transmisión de la enfermedad se complejiza notablemente.

En el año 2008, se reportó un total de 1.050.590 casos clínicos de dengue, incluyendo 38.066 casos de dengue hemorrágico y 554 defunciones; sobrepasando lo reportado en el año 2002, siendo lo más relevante el actual brote en la región tropical de Bolivia (Ministerio de Salud y Deportes de Bolivia, 2009).

"El Aedes Aegypti, mosquito transmisor del dengue, se multiplicó en las aguas estancadas de las regiones bajas de clima tropical. Ahora se estaría desarrollando también en tierras altas a las que nunca antes había llegado. El límite de altitud (para la supervivencia) del insecto se extiende porque la temperatura va cambiando. Si bien el mosquito vive por debajo de los 2.000 metros sobre el nivel del mar, éste puede adaptarse a zonas más altas cuando se tornan más calientes" (El Observador Global, 2009).

La mayoría de los casos de dengue registrados en las regiones altas siempre han sido importados de tierras bajas, pero ahora se empieza ya a hablar de casos autóctonos. Por ejemplo el dengue llegó a la localidad provincial de Caranavi (en la región subtropical de La Paz) con un caso importado y una vez allí, el enfermo fue picado por otro

insecto que adquirió el virus. A su vez, este picó a otro poblador local y así se fue expandiendo con la complicidad de las altas temperaturas generadas por el calentamiento global. Por lo tanto, no hay que descartar que el mosquito se adapte también, por ejemplo en los valles potosinos (en la parte andina del sur de Bolivia) donde actualmente el clima está más cálido que en el pasado (El Observador Global, 2009).

Se atribuye la epidemia también a la intensidad de las lluvias. Los canales de drenaje se desbordan, el agua en mal estado anega las vías y es allí donde el mosquito se desarrolla. A esto hay que sumarle el desequilibrio ecológico, ocasionado en parte por la acción humana; por ejemplo la deforestación, la falta de servicios básicos (agua potable, alcantarillas) y los malos hábitos de higiene ambiental de la población (El Observador Global, 2009).

3.3. Enfermedad Diarreica Aguda

La enfermedad diarreica es una de las primeras causas de morbilidad y mortalidad en los menores de cinco años en gran parte de los países en vías de desarrollo.

A partir de este contexto los logros se han visto reflejados en forma radical en la tendencia de la mortalidad, en la cual se observa un descenso importante, sin embargo, la mortalidad continúa ocupando, después de las infecciones respiratorias agudas, las primeras causas de consulta e ingreso hospitalario.

Como la mayor parte de las diarreas infecciosas se deben al consumo de agua y alimentos en mal estado o contaminado, es muy importante conocer las medidas de higiene básicas para intentar prevenirlas. También es frecuente que padezcan diarrea personas que viajan a zonas tropicales o países en vías de desarrollo.

Estos factores han sido enmarcados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la población en alto riesgo de diarrea, sin embargo habrían otros aspectos sociales que se suman a aquellos factores: escasa escolaridad, madres o padres solos, ingresos económicos insuficientes para las necesidades mínimas, menores trabajadores, menores en o de la calle, hacinamiento, farmacodependencia y falta de asistencia en seguridad social. Estos son un verdadero caldo de cultivo para cualquier condición patología social, médica o humana (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2006).

Las diarreas también son asociadas a los efectos del cambio climático, pero de manera indirecta, "debido a que el aumento de la temperatura va secando las fuentes de aguas naturales (embalses) y toda la contaminación se va concentrando en estas fuentes y, a medida que el agua se evapora, puede incidir en una mayor presencia de enfermedades gastrointestinales (Sierra, 1998).

3.3.1. EDA´s en Bolivia

Según reportes del SNIS a nivel departamental, las enfermedades diarreicas agudas, un 46 por ciento de los niños bolivianos menores de cinco años padece enfermedades diarreicas causadas, principalmente, por su falta de acceso al agua segura y la carencia de hábitos de higiene saludables como lavarse las manos (Ministerio de Salud y Deportes de Bolivia, 2009).

La tasa de mortalidad por diarrea en Bolivia es una de las más altas del hemisferio occidental, siendo responsable de alrededor de 3,13 muertes por cada 1000 niños cada año.

3.4. Infección Respiratoria Aguda

Al conjunto de infecciones del aparato respiratorio causadas por microorganismos virales, bacterianos y otros, con un período inferior a 15 días; siendo la infección respiratoria aguda la primera causa de morbilidad y mortalidad en nuestro medio, como también de consulta a los servicios de salud y de internación en menores de cinco años.

3.4.1. IRA´s en Bolivia

La Acción Internacional por la Salud (Acción Internacional por la Salud Bolivia, 2007), según sus informes realizados sobre el resfrío y la tos, nos dicen que las Infecciones Respiratorias Agudas son la segunda causa de mortalidad, después de las diarreas, por esta razón se tiene dentro las actividades del Ministerio de Salud y Deportes el programa (Infecciones Respiratorias Agudas), destinado a prevenir las complicaciones de enfermedades agudas del tracto respiratorio, así como a realizar el tratamiento de aquellas infecciones bacterianas.

Existen muchos factores que predisponen a la neumonía, la mayoría de ellos son el resultado de las condiciones socioeconómicas deficientes que impiden la satisfacción de necesidades básicas y que se traducen en bajo peso al nacer, diversos grados de malnutrición que constituyen un factor muy importante que complica o favorece la presentación de esta y otras enfermedades que en un buen porcentaje son prevenibles.

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Estimar el Impacto de los cambios climáticos esperados hasta el 2100 sobre la salud en Bolivia.

4.2. Objetivos Específicos

- Revisar la literatura sobre las relaciones entre clima, salud y enfermedades.
- Construir una base de datos a nivel municipal que incluye variables climáticas, variables de salud, y un conjunto de variables de control.
- Estimar modelos econométricos a nivel municipal que explican los determinantes del nivel general de salud y el nivel de enfermedades específicas (malaria, dengue, IRA´s, EDA´s).
- Usar los modelos estimados para simular el efecto de los cambios climáticos previstos en el escenario A2 y B2 sobre los diferentes indicadores de salud.
- Estimar los costos relacionados con los cambios en salud (Perdida en la productividad y el incremento en el gasto público).
- Describir en detalle los cambios en el sector salud que se podría introducir en el modelo de equilibrio general computable para evaluar los efectos directos e indirectos sobre la economía boliviana.

5. Descripción de los cambios climáticos de acuerdo al modelo PRECIS

Los cambios climáticos utilizados para cumplir con los objetivos de éste estudio fueron los obtenidos por (Andrade, 2010), el cual se pasa a explicar a continuación:

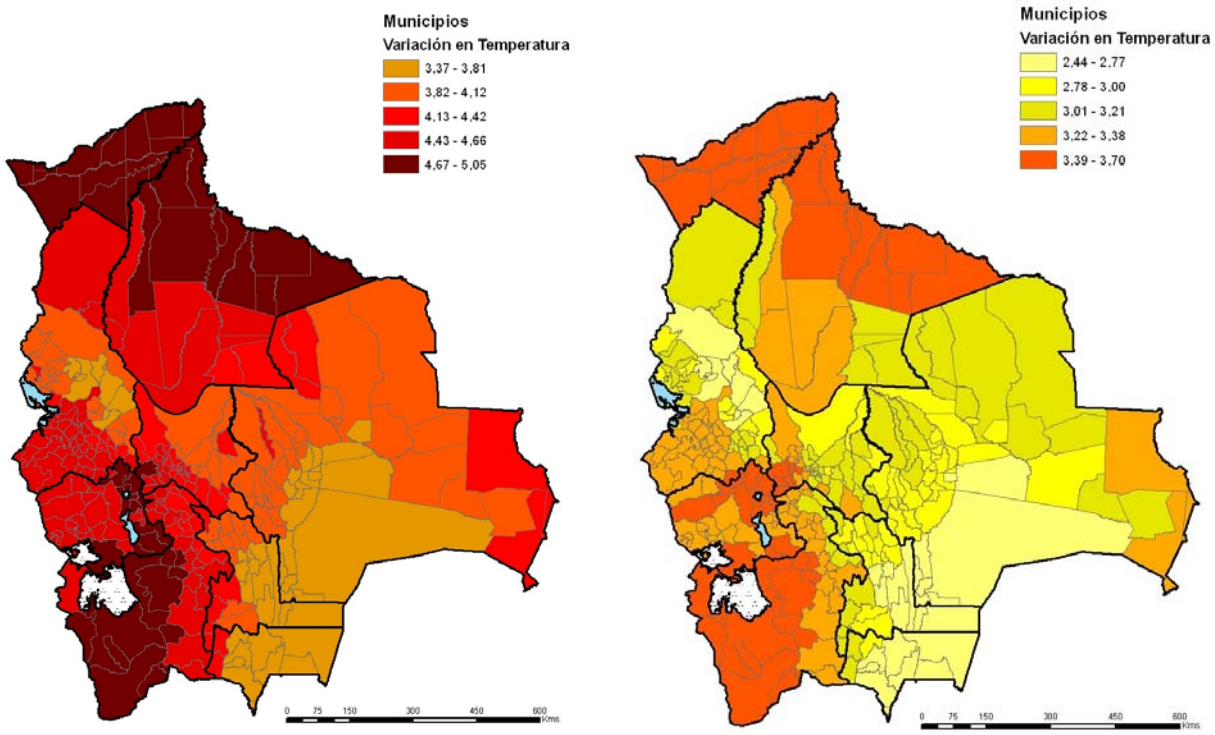
El análisis fue realizado para dos escenarios de emisiones preparados por el "Special Report on Emissions Scenarios" (SRES). El escenario A2, el escenario más pesimista, contempla una población creciente y un desarrollo económico regionalizado, mientras que el escenario B2, más

optimista, contempla un menor crecimiento poblacional y un desarrollo económico moderado. Bajo A2 se espera que la concentración de dióxido de carbono para 2100 sea de unos 850 ppm (partes por millón) mientras que bajo B2 se estima que la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera será de unos 600 ppm.

Las variables temperatura media, temperatura mínima media, temperatura máxima media y precipitación media a nivel mensual fueron analizadas para el periodo 2071-2100 para los dos escenarios climáticos citados previamente y comparados con el periodo base, 1961-1990. También se calcularon la desviación estándar de temperatura y precipitación para ver cambios en la variabilidad del clima. Los resultados obtenidos muestran un incremento de temperatura, tanto media como mínima y máxima, en todas las regiones de Bolivia tanto para el escenario B2 como el escenario A2. Mientras el incremento en temperaturas medias, mínimas y máximas es del orden de 3ºC para el escenario B2, ese incremento está entre 4.5ºC y 5ºC para el escenario A2. Los mayores incrementos de la temperatura media corresponden al sur del Altiplano y el norte de Bolivia para ambos escenarios. Hay un incremento menor en la zona de los valles, donde existe un fuerte gradiente altitudinal, mientras que las proyecciones muestran de manera sistemática un menor incremento en temperatura que la media nacional en la zona del Chaco boliviano, en la frontera del Paraguay (ver el Mapa No. 1). En todo el territorio se prevén aumentos en la variabilidad de temperaturas.

Mapa No. 1: Cambios en temperatura medio anual (ºC) entre 1961-1990 y 2071-2100 de acuerdo con el modelo PRECIS, escenarios A2 y B2

(a) Escenario A2 (b) Escenario B2



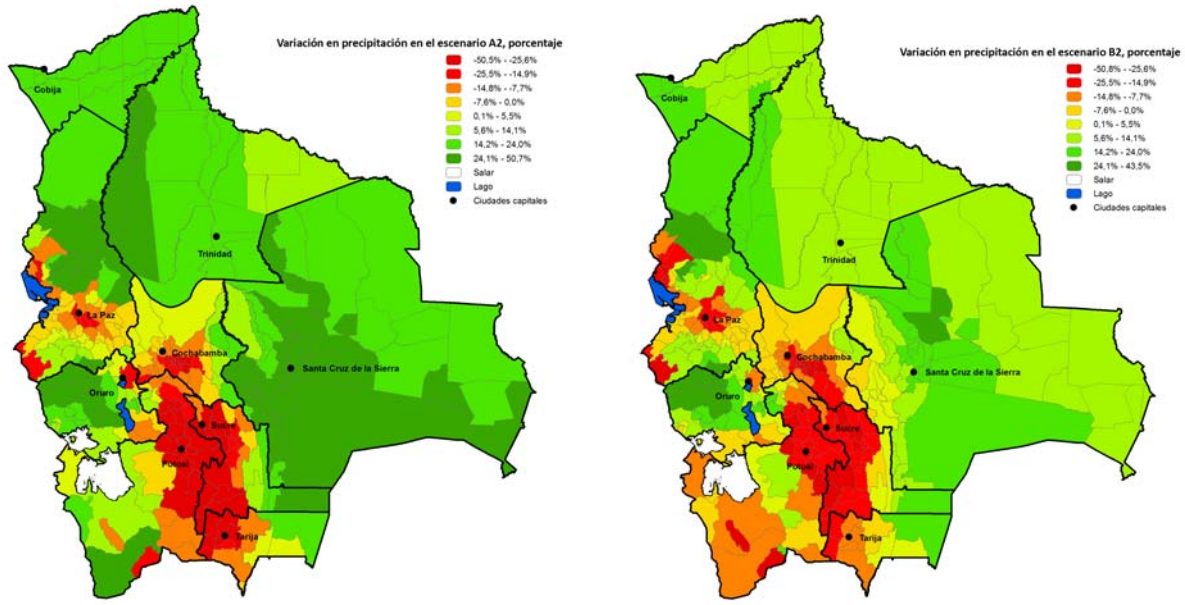
Fuente: Calculado por (Andrade, 2010) en base a corridas hechas por INPA con el modelo PRECIS.

La precipitación por otro lado muestra un cuadro más variable. Bajo los dos escenarios estudiados la precipitación promedio disminuye moderadamente en la zona altiplánica y se incrementa casi en el mismo orden en las zonas bajas. Dado que la precipitación promedio es normalmente baja en el Altiplano el descenso de precipitación observado en los resultados del modelo podría llegar a impactar hasta en un 20% a la precipitación en la región. Por el contrario, el incremento relativo en las zonas bajas es más pequeño (puesto que la precipitación es de por sí alta en la zona) y, dada la variabilidad temporal y espacial

de la precipitación, este incremento sugiere un impacto menor en la precipitación de la zona. La excepción a esta predicción es la zona del Chaco que, aunque está situada en tierras bajas es una región más seca y árida que regiones al norte. El máximo incremento en la precipitación se observa en la zona de mayor pendiente de terreno en Bolivia, principalmente en la zona este de los Andes. Aunque esta región corresponde de manera natural a la región en Bolivia donde la precipitación es máxima, el modelo sugiere un incremento relativamente grande en la zona. La región afectada es mucho más grande bajo el escenario A2 que bajo B2 (ver el Mapa No. 2). El modelo PRECIS prevé aumentos en la variabilidad de la precipitación en todo el territorio.

Mapa No. 2: Cambios en precipitación medio anual (%) entre 1961-1990 y 2071-2100 de acuerdo con el modelo PRECIS, escenarios A2 y B2

(a) Escenario A2 (b) Escenario B2



Fuente: Calculado por (Andrade, 2010) en base a corridas hechas por INPA con el modelo PRECIS.

Es importante hacer notar, especialmente para el caso de la precipitación, que el modelo muestra una gran variabilidad espacial en los cambios reportados. Dada la baja resolución espacial del modelo (~50 km^2), regiones con diferencias de alturas considerables pueden estar representadas por un punto en el modelo. Por esta razón es importante tomar con cuidado los cambios a nivel municipal. Asimismo, el proceso de validación del modelo muestra que éste reproduce razonablemente bien el clima de las regiones bajas (< 500 m) pero que sobreestima, en algunos casos fuertemente, la precipitación en zona más altas y subestima temperaturas, especialmente la máxima, en la zona de los valles y los Andes. A pesar de esto, el modelo exhibe consistencia al reproducir los ciclos estacionales por lo que la dirección de los cambios observados (incrementos o decrementos) es probablemente la variable más importante a considerar (Andrade, 2010).

Por otro lado, muchos de los cambios esperados con el calentamiento global están relacionados a eventos extremos, como sequías y heladas, antes que a valores promedio. Estos eventos no son fácilmente discernibles en valores mensuales como los usados en el presente estudio. Por ejemplo, otros estudios sugieren que el número de heladas en el altiplano boliviano tenderá a reducirse y que aunque el cambio en precipitación promedio puede ser bajo, la distribución de ésta podría cambiar en el futuro, con un alargamiento de la época seca y un acortamiento e intensificación de la época de lluvias. Cambios de intensidad y posición de los elementos que controlan el clima en Bolivia deben ser analizados para revisar la consistencia de los resultados obtenidos en este trabajo. Además estudios que proyectan condiciones climáticas futuras con un incremento en la frecuencia de condiciones El

Niño (Timmermann, Oberhuber, Bacher, Esch, Roeckner, & Latif, 1999) deben ser considerados.

Adicionalmente, incertidumbres intrínsecas asociadas al comportamiento del Sistema Tierra (tierra, océanos, formación de nubes, condiciones meteorológicas) contribuyen a la incertidumbre de los valores reportados aquí.

6. Descripción de las fuentes de información empleadas y metodología utilizada

Dadas las características del presente estudio y la información disponible para alcanzarlos, entre los modelos micro econométricos de análisis y evaluación de objetivos sociales, son los modelos Logit multinomiales ordenados los que mejor han permitido estimar un indicador sobre el comportamiento de las enfermedades a nivel municipal. A continuación se detalla la metodología que está detrás de estos modelos.

6.1. El Modelo Multinomial Logit para Datos Ordenados

En general, los modelos Logit son empleado para estimar parámetros de funciones cuyas variables dependientes son discretas, es decir, asumen un valor que corresponde a una categoría o un estado. Por ejemplo, el (Programa Mundial de Alimentos (PMA), 2008) estima un modelo Multinomial Logit para datos ordenados para el grado de vulnerabilidad alimentaria a nivel municipal, donde la primera categoría representaba el menor grado de vulnerabilidad de un municipio y la categoría cinco representaba la más alta, donde esta es la variable dependiente y se incluían una serie de variables independientes principalmente de orden socioeconómico y demográfico.

La aplicación de este tipo de modelos generalmente se da en estudios de demanda como por ejemplo para clasificar el tipo de clientes según características socioeconómicas particulares o para determinar las preferencias tarifarias de servicios públicos. Sin embargo, también existen aplicaciones para modelos sociales, como el estudio de la fuerza de trabajo y la educación o el mencionado anteriormente de vulnerabilidad alimentaria.

En Bolivia, se encontraron 3 trabajos que utilizan este tipo de modelo: (Yañez, 2002), donde se utiliza un modelo de microsimulación que emplea el multinomial Logit para categorizar el estado laboral de la población (empleado, desempleado, inactivo, etc), (Institute of Social Studies, 2005), donde se calcula la probabilidad de un niño de asistir a la escuela y el Modelo de Vulnerabilidad a la Inseguridad Alimentaria mencionado en el párrafo anterior (Programa Mundial de Alimentos (PMA), 2008).

El modelo Logit pretende encontrar los parámetros que maximicen la probabilidad condicionada de que la variable dependiente asuma una determinada categoría dados diferentes valores de las variables explicativas. Esto supone que existe la misma probabilidad de que un individuo escoja alguna de las categorías (Greene, 1993).

En el caso del presente estudio, la variable dependiente está definida como SALUD, que clasifica a los municipios según su vulnerabilidad en las enfermedades de IRA's, EDA's, DENGUE y MALARIA. Las variables independientes son variables socio-demográficas, entre otras. En especial se incorporan los escenarios de los cambios climáticos.

Si se considera un modelo Logit multinomial, no se estaría tomando en cuenta el hecho de que la variable dependiente refleja un orden, es decir, no existe la misma probabilidad de que un municipio con

características particulares tenga una calificación de 5 y que dicho municipio a la vez obtenga una calificación de 3. Para resolver este problema, se utiliza el modelo Logit multinomial para datos ordenados. Este modelo se construye a partir de una regresión latente (que presenta una variable dependiente no observable). La ecuación de partida es:

$$\mathbf{y}^* = \boldsymbol{\beta}'\mathbf{x} + \boldsymbol{\varepsilon}$$

Donde $\mathbf{y}^*$ es el vector que muestra la calificación exacta (por ejemplo 2.5 o 4.4) que se le asignaría a cada municipio que dependerá de ciertos factores medibles $\mathbf{x}$ y ciertas variables no observables $\boldsymbol{\varepsilon}$. Aunque, debido a que existen sólo 5 categorías posibles, cada uno de los valores de $\mathbf{y}^*$ deberán ser clasificados en uno de los 5 grupos. Entonces se obtendrán las siguientes clasificaciones:

$$\begin{aligned}
y &= 1 \ si \ y^* \le \mu_1 \\
y &= 2 \ si \ \mu_1 < y^* \le \mu_2 \\
y &= 3 \ si \ \mu_1 < y^* \le \mu_3 \\
y &= 4 \ si \ \mu_3 < y^* \le \mu_4 \\
y &= 5 \ si \ y^* \ge \mu_4
\end{aligned}$$

Donde $\mu_1 < \mu_2 < \mu_3 < \mu_4$ son parámetros que determinan el punto de corte entre una categoría y otra (serán los umbrales de graduación), y serán estimados al mismo tiempo que $\boldsymbol{\beta}$.

La probabilidad de que un municipio se encuentre en la primera categoría estará dada por:

$$\begin{aligned}
P(y=1) &= P(y^* \le \boldsymbol{\mu}_1) \\
P(y=1) &= P(\boldsymbol{\beta}'\mathbf{x} + \boldsymbol{\varepsilon} \le \boldsymbol{\mu}_1) \\
P(y=1) &= P(\boldsymbol{\varepsilon} \le \boldsymbol{\mu}_1 - \boldsymbol{\beta}'\mathbf{x}) \\
P(y=1) &= \Lambda(\boldsymbol{\mu}_1 - \boldsymbol{\beta}'\mathbf{x})
\end{aligned}$$

Donde, $\Lambda(t) = P(\varepsilon \leq t) = e^t/(1+e^t)$ es la función logística que refleja la probabilidad acumulada de que ocurra un determinado suceso y se asume que $\boldsymbol{\varepsilon}$ tiene una media cero y una varianza logística.

Análogamente:

$$P(y=2) = \Lambda(\boldsymbol{\mu}_2 - \boldsymbol{\beta}'\mathbf{x}) - \Lambda(\boldsymbol{\mu}_1 - \boldsymbol{\beta}'\mathbf{x})$$
$$P(y=3) = \Lambda(\boldsymbol{\mu}_3 - \boldsymbol{\beta}'\mathbf{x}) - \Lambda(\boldsymbol{\mu}_2 - \boldsymbol{\beta}'\mathbf{x})$$
$$P(y=4) = \Lambda(\boldsymbol{\mu}_4 - \boldsymbol{\beta}'\mathbf{x}) - \Lambda(\boldsymbol{\mu}_3 - \boldsymbol{\beta}'\mathbf{x})$$
$$P(y=5) = 1 - \Lambda(\boldsymbol{\mu}_4 - \boldsymbol{\beta}'\mathbf{x})$$

Una vez determinadas las probabilidades para cada una de las categorías, se procede de igual forma que si se tratase de un modelo Logit multinomial sencillo, es decir, se construye la función logarítmica de verosimilitud definida por:

$$Ln(L) = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{5} \delta_{ij} Ln(P(y=j)),$$

donde, δ_{ij} es igual a la unidad cuando la observación *i* toma el valor de *j* y *n* es el número total de observaciones que corresponde a los 327 municipios.

Al maximizar la función de verosimilitud, respecto a los parámetros β y μ se halla un sistema de ecuaciones que satisfacen las relaciones:

$$\frac{\partial Ln(L)}{\partial \mu} = 0 \quad \text{y} \quad \frac{\partial Ln(L)}{\beta} = 0;$$

A través de estas ecuaciones se determinan los valores de los parámetros del modelo y los puntos de corte. Nótese que al tratarse de funciones de probabilidad no lineales, no es posible hallar una solución analítica para el sistema antes descrito, la solución es hallada empleando métodos numéricos como ser el método de Newton.

La metodología del modelo Logit Multinomial Ordenado esta explicada en (Travin, 2005), una versión más técnica se encuentra en (Train, 2002).

6.2. Variables seleccionadas y fuentes de información

Para la estimación del modelo de SALUD a partir del modelo Logit Multinomial para datos ordenados, se consideró como variable dependiente SALUD (explicado anteriormente). Luego se empleo información que se la puede clasificar en:

- Información de periodicidad anual disponible para la gestión 2006 y 2003: porcentaje de la población de menores de 5 años con EDA's (Enfermedades Diarreicas Agudas) e IRA's (Infecciones Respiratorias Agudas), porcentaje de población con Dengue, porcentaje de la población con Malaria y años de escolaridad.
- Información censal y de encuestas, proyectada para ambas gestiones: tasa de urbanización, consumo per cápita.
- Información geográfica y climática: precipitación pluvial, superficie con riesgo de inundación, potencial agrícola, temperatura, días de helada al año y sequías.
- Información de gasto público y social e información de programas de intervención (PAN, PAE, DRIPAD, niños de la calle).
- Resultados del modelo PRECIS (A2 y B2) sobre cambios de la temperatura, cambios en las precipitaciones, y sus desviaciones estándar para el periodo (2070 – 2100).

Del total de variables empleadas, se tomaron en cuenta en el modelo final, únicamente aquellas que fueron significativas al 10% luego de realizarse una eliminación iterada de variables por nivel de significancia y aporte explicativo al modelo.

Las fuentes de información para los indicadores fueron las siguientes:

- SNIS (Sistema Nacional de Información en Salud, 2009)
- INESAD (Instituto de Estudios Avanzados en Desarrollo, 2009)

- INE (Instituto Nacional de Estadística (INE), 2009) (Instituto Nacional de Estadística (INE), 2002) (Instituto Nacional de Estadística (INE), 2003) (Instituto Nacional de Estadística (INE), 2004) (Instituto Nacional de Estadística (INE), 2005a) (Instituto Nacional de Estadística (INE), 2005b) (Instituto Nacional de Estadística (INE), 2005c) (Instituto Nacional de Estadística (INE) y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), 2005)
- PMA (Programa Mundial de Alimentos (PMA), 2008)
- PNUD (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), 2007) (Programa de Naciones Unidad para el Desarrollo (PNUD), 2008)
- Resultados del modelo PRECIS (A2 y B2). (Andrade, 2010)

6.3. Variables de Salud

6.3.1. Porcentaje de la población de 0 a 5 años con EDA's

Se encuentra definida por:

$$EDA = \frac{eda}{P}$$

Donde:

EDA es el porcentaje de niños menores a 5 años con EDA's

P es la población de menores de 5 años

eda es el número total de casos de enfermedades diarreicas agudas en menores de 5 años.

Las fuentes de información de este indicador son las proyecciones de población del INE (Instituto Nacional de Estadística (INE), 2009) y el registro de EDA's para la gestión 2006 del SNIS (Sistema Nacional de Información en Salud, 2009).

Es necesario aclarar que, en algunos casos el indicador supera el 100%. Esto sucede debido a que se utilizan registros administrativos para su cálculo y es posible que una misma persona asista al hospital por la misma causa más de una vez, además, también es probable que asista a poblaciones aledañas que no se encuentran en su municipio.

6.3.2. Porcentaje de la población de 0 a 5 años con IRA's

Se encuentra definida por:

$$IRA = \frac{ira}{P}$$

Donde:

IRA es el porcentaje de niños menores a 5 años con IRA's

P es la población de menores de 5 años

ira es el número total de casos de infecciones respiratorias agudas en menores de 5 años.

Las fuentes de información de este indicador son las proyecciones de población del INE (Instituto Nacional de Estadística (INE), 2009) y el registro de casos IRA's para la gestión 2006 del SNIS (Sistema Nacional de Información en Salud, 2009).

Al igual que en el caso de las EDA's, en algunos casos el indicador supera el 100%. Las razones para que ocurra esto son las mismas.

6.3.3. Porcentaje de la población total con Malaria

Se encuentra definida por:

$$MALARIA = \frac{malaria}{P_t}$$

Donde:

MALARIA es el porcentaje de personas con Malaria

P_t es la población total

malaria es el número total de casos de malaria en la población total

Se espera que mientras mayor sea este indicador mayor será la vulnerabilidad a contraer esta enfermedad.

Las fuentes de información de este indicador son las proyecciones de población del INE (Instituto Nacional de Estadística (INE), 2009) y el registro de casos malaria para la gestión 2006 y 2007 del SNIS (Sistema Nacional de Información en Salud, 2009).

6.3.4. Porcentaje de la población total con Dengue

Se encuentra definida por:

$$DENGUE = \frac{dengue}{P_t}$$

Donde:

DENGUE es el porcentaje de personas con Dengue

P_t es la población total

dengue es el número total de casos de dengue en la población total

Se espera que mientras mayor sea este indicador mayor será la vulnerabilidad a contraer esta enfermedad.

Las fuentes de información de este indicador son las proyecciones de población del INE (Instituto Nacional de Estadística (INE), 2009) y el registro de casos dengue para la gestión 2006 y 2007 del SNIS (Sistema Nacional de Información en Salud, 2009).

6.4. Probabilidades Condicionales

Como se señaló en el anterior apartado, las probabilidades condicionadas a la categoría de SALUD señalan la probabilidad exacta de que un determinado municipio pertenezca a una determinada categoría.

La categoría discreta asignada para SALUD para un determinado municipio será entonces aquélla cuya probabilidad sea la mayor de las 5 condicionales. Por otro lado, las variaciones en las probabilidades de pertenecer a una categoría en particular señalarán si un municipio se ha aproximado o alejado más de una determinada categoría.

Los efectos marginales del modelo Logit multinomial para datos ordenados no difieren en la forma de cálculo respecto a los de un modelo Logit multinomial sencillo. En ambos casos, la interpretación también es la misma.

Los efectos marginales representan los cambios en la probabilidad de pertenecer a una clase determinada ante variaciones unitarias de alguno de los componentes de $\mathbf{x}$. Para el caso en estudio, los cambios marginales estarían dados por (Train, 2002) y (Travin, 2005):

$$\frac{\partial P(y=1)}{\partial \mathbf{x}} = -\boldsymbol{\beta}\Lambda(-\boldsymbol{\beta}'\mathbf{x})\left[1-\Lambda(-\boldsymbol{\beta}'\mathbf{x})\right]$$

$$\frac{\partial P(y=2)}{\partial \mathbf{x}} = \boldsymbol{\beta}\left\{\Lambda(-\boldsymbol{\beta}'\mathbf{x})\left[1-\Lambda(-\boldsymbol{\beta}'\mathbf{x})\right]-\Lambda(\boldsymbol{\mu}_1-\boldsymbol{\beta}'\mathbf{x})\left[1-\Lambda(\boldsymbol{\mu}_1-\boldsymbol{\beta}'\mathbf{x})\right]\right\}$$

Posteriormente se procede al cálculo para el resto de las probabilidades de manera análoga.

7. Lectura de los Resultados

A continuación se presentan los resultados del modelo econométrico que permite un análisis y predicción de vulnerabilidad de las distintas enfermedades, incorporando como variables independientes variables

de orden socioeconómico y principalmente las variables de cambio climático y transformaciones de estas (temperatura, temperatura al cuadrado, precipitaciones, precipitaciones al cuadrado, desviaciones estándar). En función a los casos presentados en cada municipio la variable SALUD tuvo las siguientes categorías, independientemente del número de categorías de cada enfermedad la metodología es la misma y la interpretación de resultados sigue la misma lógica.

Tabla 1: Significado de las categorías del índice SALUD

Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA's)	
Categoría	Significado
Categoría 1= Nivel muy bajo de vulnerabilidad a EDA's	Nivel de riesgo muy bajo
Categoría 2= Nivel bajo de vulnerabilidad a EDA's	Nivel de riesgo bajo
Categoría 3= Nivel medio de vulnerabilidad a EDA's	Nivel de riesgo medio
Categoría 4= Nivel alto de vulnerabilidad a EDA's	Nivel de riesgo alto
Categoría 5= Nivel muy alto de vulnerabilidad a EDA's	Nivel de riesgo muy alto
Infecciones Respiratorias Agudas (IRA's)	
Categoría	Significado
Categoría 1= Nivel muy bajo de vulnerabilidad a IRA's	Nivel de riesgo muy bajo
Categoría 2= Nivel bajo de vulnerabilidad a IRA's	Nivel de riesgo bajo
Categoría 3= Nivel medio de vulnerabilidad a IRA's	Nivel de riesgo medio
Categoría 4= Nivel alto de vulnerabilidad a IRA's	Nivel de riesgo alto
Categoría 5= Nivel muy alto de vulnerabilidad a IRA's	Nivel de riesgo muy alto
Dengue Clásico	
Categoría	Significado
Categoría 0= Nivel muy bajo de vulnerabilidad a DENGUE (sin casos)	Nivel de riesgo muy bajo (inexistente a la fecha)
Categoría 1= Nivel medio, alto y muy alto de vulnerabilidad a DENGUE	Nivel de riesgo medio, alto y muy alto
Malaria	
Categoría	Significado
Categoría 1= Nivel bajo de vulnerabilidad a MALARIA	Nivel de riesgo bajo
Categoría 2= Nivel medio de vulnerabilidad a MALARIA	Nivel de riesgo medio
Categoría 3= Nivel alto de vulnerabilidad a MALARIA	Nivel de riesgo alto

Fuente: Elaboración propia.

7.1. Modelo EDA's

Para el Modelo de Enfermedades Diarreicas Agudas se tienen los siguientes resultados:

Tabla 2: Efectos Marginales EDA´s

Variables Independientes	Modelo EDA's						
			Efectos Marginales				
	Coeficientes		1	2	3	4	5
Tasa de Urbanización	-3,5890	*	0,4507	0,3985	-0,0232	-0,3767	-0,4492
	(0,4389)						
Temperatura media	0,1028	*	-0,0129	-0,0114	0,0007	0,0108	0,0129
	(0,0327)						
Desviación estándar Temperatura 1961-1990	-1,8941	*	0,2378	0,2103	-0,01225	-0,1988	-0,2371
	(0,6435)						
Precipitación media (cm/año)	-0,0093	**	0,0012	0,0010	-0,0001	-0,0010	-0,0012
	(0,0037)						
Desviación estándar precipitación 1961-1990	-0,7465	*	0,0937	0,0829	-0,0048	-0,0783	-0,0934
	(0,1613)						
Número de Observaciones	327						

Nota: Entre paréntesis la Desviación Estándar.

*** Significativo al 1%, ** Significativo al 5%, *** Significativo al 10%**

Fuente: Elaboración propia.

En el modelo de EDA´s, el incremento en la tasa de urbanización incrementa la probabilidad de seguir perteneciendo a los dos niveles de menor vulnerabilidad, sin embargo para los niveles 4 y 5 que muestran mayor vulnerabilidad a tener la enfermedad, la probabilidad de seguir perteneciendo a esos niveles disminuye. Esto indica que a mayores niveles de urbanización de los municipios el riesgo de EDAs disminuye, lo

que a su vez está relacionado con la mayor cantidad de servicios de salud y prevención de las áreas urbanas.

El incremento de la temperatura media disminuye la probabilidad de seguir perteneciendo a los niveles 1 y 2 que son de menor vulnerabilidad y la probabilidad de seguir perteneciendo a los niveles de mayor vulnerabilidad aumenta. El incremento de la variabilidad de la temperatura tiene un efecto contrario, para los niveles de menor vulnerabilidad la probabilidad aumenta y disminuye para los niveles 4 y 5. Lo que quiere decir que un incremento en la temperatura aumenta el riesgo de las EDA's, mientras que mayores variaciones de la temperatura de los municipios disminuye el riesgo.

En lo que se refiere a la precipitación media y su variación, esta aumenta la probabilidad de seguir perteneciendo a los niveles de menor vulnerabilidad y para los niveles de mayor vulnerabilidad disminuye la probabilidad de seguir perteneciendo a estos niveles. Esta situación sugiere que incrementos en las precipitaciones e incrementos de las variaciones de estas disminuyen el riesgo de las EDA's.

7.2. Modelos IRA's

Para el Modelo de IRA's se tienen los siguientes resultados:

Tabla 3: Efectos Marginales IRA´s

Variables Independientes	Modelo IRA's						
			Efectos Marginales				
	Coeficientes		1	2	3	4	5
Tasa de Urbanización	-3,4455	*	0,4331	0,3787	-0,0145	-0,3623	-0,4349
	(0,4397)						
Temperatura media	0,0902	*	-0,0113	-0,0099	0,0004	0,0095	0,0114
	(0,3300)						
Desviación estándar Temperatura 1961-1990	-1,7258	*	0,2169	0,1897	-0,0073	-0,1815	-0,2179
	(0,6401)						
Precipitación media (cm/año)	-0,0083	**	0,0010	0,0009	0,0000	-0,0009	-0,0011
	-0,0037						
Desviación estándar precipitación 1961-1990	-0,8395	*	0,1055	0,0923	-0,0035	-0,0883	-0,1060
	(0,1610)						
Número de Observaciones	327						

Nota: Entre paréntesis la Desviación Estándar.

*** Significativo al 1%, ** Significativo al 5%, *** Significativo al 10%**

Fuente: Elaboración propia.

En el modelo de IRA's el incremento de la tasa de urbanización, en los primeros dos niveles de menor vulnerabilidad a adquirir la infección respiratoria aguda, aumenta la probabilidad de seguir perteneciendo a dichos niveles. Sin embargo el efecto es contrario en el caso de los últimos tres niveles de mayor vulnerabilidad donde la probabilidad de seguir perteneciendo a esos niveles disminuye. Lo que representa que a mayores niveles de urbanización de los municipios la probabilidad de mayor riesgo disminuye al igual que en el caso de las EDA's.

En el caso de que la temperatura media aumente, provoca una disminución de la probabilidad de seguir perteneciendo a los niveles menos vulnerables, sugiriendo que el incremento de las temperaturas incrementa el riesgo de esta enfermedad.

Para el caso de la variabilidad de la temperatura, un incremento en esta tiene un efecto contrario al de la temperatura media.

Finalmente en lo que se refiere a la precipitación media un incremento de esta disminuye el riesgo de esta enfermedad, para el caso de su variabilidad este tiene un efecto similar aunque de mayor fuerza en el caso del riesgo medio.

7.3. Modelo Dengue

Para el Modelo del Dengue se tienen los siguientes resultados:

Tabla 4: Efectos Marginales Dengue

Variables Independientes	Modelo DENGUE		
	Coeficientes		Efecto Marginales 1
Temperatura media	3,64	*	0,00204
	(0.0604)		
Temperatura media al cuadrado	-0,08	*	-0,00005
	(0.0267)		
Desviación estándar Temperatura 1961_1990	2,56	*	0,00144
	(0.8986)		
Precipitación media (cm/año)	0,01	*	0,00001
	(0.0071)		
Número de Observaciones	327		

Nota: Entre paréntesis la Desviación Estándar.

*** Significativo al 1%, ** Significativo al 5%, *** Significativo al 10%**

Fuente: Elaboración propia.

En el modelo del Dengue, el incremento de la temperatura aumenta la probabilidad de riesgo de la enfermedad. Sin embargo, la temperatura media al cuadrado tiene efectos decrecientes, lo que sugiere que incrementos en la temperatura aumentan el riesgo de la enfermedad, pero a partir de cierta temperatura dicho riesgo disminuye, es decir a temperaturas demasiado altas. El modelo también muestra que ante incrementos de las variaciones de la temperatura el riesgo de la enfermedad también se incrementa.

En lo que se refiere a la variable de precipitaciones esta tiene un comportamiento similar a la de la temperatura, es decir ante mayores precipitaciones, mayor el riesgo de la enfermedad.

7.4. Modelo Malaria

Para el Modelo de Malaria se tienen los siguientes resultados:

Tabla 5: Efectos Marginales Malaria

Variables Independientes	Modelo MALARIA				
		Efectos Marginales			
	Coeficientes		1	2	3
Años de Educación	-0,4541	*	0,01673	-0,00764	-0,00908
	(0,1232)				
Tasa de Urbanización	1,6821	**	-0,06195	0,02830	0,03365
	(0,7277)				
Sequía 4 de cada 5 años	-36,3013	*	0,36378	-0,13340	-0,23038
	(0,5197)				
Temperatura media	0,2558	*	-0,00942	0,00430	0,00512
	(0,0290)				
Desviación estándar Temperatura 1961-1990	-2,5752	*	0,09485	-0,04333	-0,05152
	(0,6520)				
Desviación estándar precipitación 1961-1990	0,7506	*	-0,02765	0,01263	0,01502

	(0,2038)				
Número de Observaciones	327				

Nota: Entre paréntesis la Desviación Estándar.

*** Significativo al 1%, ** Significativo al 5%, *** Significativo al 10%**

Fuente: Elaboración propia.

En el modelo de Malaria, se tuvo que el nivel de educación promedio del municipio era una variable significativa, mostrando que el incremento en la educación en los municipios disminuye el riesgo de la enfermedad.

En lo que se refiere a la tasa de urbanización se encontró un signo contrario al de las otras enfermedades. Dicha relación estadística es significativa al 5% (menor al de las otras variables) y podría deberse a que según el trabajo de (Olano, Carrasquilla, & Méndez, 1997) en las zonas urbanas hay mayor probabilidad de criaderos del mosquito entre otras causas; sin embargo no asume el comportamiento de las otras enfermedades. Al ser significativa, pero con un peso menor al de las otras variables se la mantuvo en el modelo.

En el caso de las variables climáticas en lo referido a temperatura, un incremento de esta disminuye el riesgo de la enfermedad, un incremento en la variación de la temperatura la incrementa y un incremento en la variación de las precipitaciones la disminuye.

8. Aproximación al cálculo del tiempo hasta el 2100

Para proyectar el año en que cada municipio cambia a otra categoría de SALUD, se debería proyectar todas las variables explicativas del modelo para todos los años y después estimar nuevas probabilidades para cada año durante las próximas décadas, para el cálculo de estas probabilidades se utilizó la metodología de (Long & Freese, 2006). En

especial los escenarios de cambio climático (Andrade, 2010) y los cambios demográficos en especial sobre la población, para lo cual se utilizan datos proyectados por la CEPAL mostrados en (Andersen, 2009).

8.1. Resultados Modelos Proyectados al 2100[1]

8.1.1. Modelo EDA´s

En lo que se refiere a las EDA's, la Tabla 6 muestra que en el año base se tienen 99 municipios en Bolivia que tiene un nivel muy alto de vulnerabilidad. Los departamentos más vulnerables son Oruro, Potosí y La Paz, mientras que los menos vulnerables son Santa Cruz, Tarija y Beni; los modelos indican que los cambios producidos en el escenario A2 disminuyen la vulnerabilidad, esperándose que para el 2100, 89 municipios tengan el mismo nivel; sin embargo bajo el escenario sin cambio climático, serían 11 los municipios con ese nivel de vulnerabilidad, mostrando que si bien hay una disminución de la vulnerabilidad con los cambios climáticos; la situación podría ser mucho mejor si estos no se dieran. Y de hecho son los cambios climáticos los que minimizan los efectos de las mejoras de las variables socioeconómicas y demográficas.

Tabla 6: Efectos del Cambio Climático EDA's a nivel Departamental

Departamento	Año Base (Modelo)					Sin Cambio Climático					Escenario A2				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Chuquisaca	1	4	8	8	7	6	2	7	9	4	6	1	1	9	11
La Paz	6	13	14	28	19	27	7	30	16	0	19	6	16	34	5
Cochabamba	13	8	6	10	8	22	7	7	8	1	18	7	5	7	8
Oruro	3	1	3	4	24	7	0	23	4	1	3	1	3	4	24

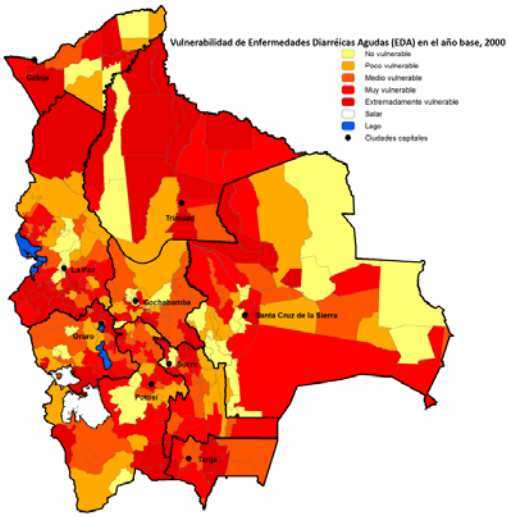
[1] En el Anexo 1 se encuentra la categorización a nivel municipal de cada una de las enfermedades.

Potosí	3	3	1	9	22	7	1	8	18	4	3	3	1	9	22
Tarija	4	3	2	1	1	5	2	2	1	1	4	3	2	1	1
Santa Cruz	27	15	10	4	0	43	10	3	0	0	27	15	10	4	0
Beni	6	7	1	1	4	14	2	3	0	0	6	7	1	1	4
Pando	1	0	0	0	14	5	10	0	0	0	1	0	0	0	14
Bolivia	**64**	**54**	**45**	**65**	**99**	**136**	**41**	**83**	**56**	**11**	**87**	**43**	**39**	**69**	**89**

Fuente: Elaboración propia.

8.1.1.1. Mapas de Salud de EDA´s

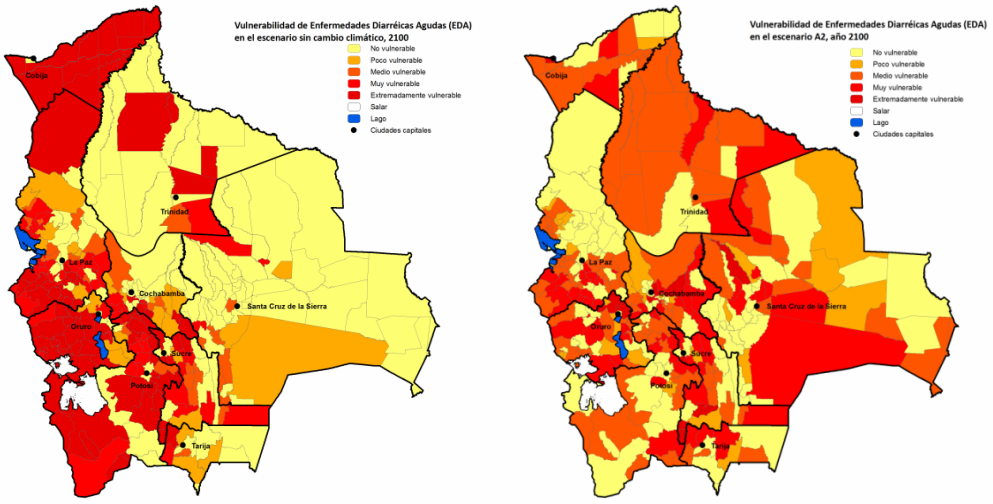
Mapa No. 3: Vulnerabilidad de enfermedades Diarreicas Agudas en el año base, 2006



Fuente: Elaboración propia.

En el escenario del año base gran parte del país se encuentra con niveles de alta vulnerabilidad a la enfermedad. Especialmente las zonas del Norte, como Beni, Pando y parte de La Paz (Ver Mapa No. 3).

Mapa No. 4: Vulnerabilidad de enfermedades Diarreicas Agudas sin cambio climático, 2100 (izquierda) y Vulnerabilidad de enfermedades Diarreicas Agudas en el escenario A2, 2100 (derecha)



Fuente: Elaboración propia.

Para el año 2100 en el escenario A2, la proporción de infectados disminuye comparado con la proporción en el año base. Todo el país experimenta una menor vulnerabilidad, siendo los departamentos del Norte los más beneficiados.

En el caso del escenario sin cambio climático, los departamentos más beneficiados en los que disminuye la vulnerabilidad a la enfermedad son Beni, Cochabamba, Santa Cruz y Tarija, mientras que aumenta para los departamentos del occidente. Dado esto podemos ver que el cambio climático tiene efectos contrarios siendo beneficioso para los departamentos del oriente y perjudicial para los departamentos del occidente (Ver Mapa No. 4).

8.1.2. Modelo IRA´s

En lo que se refiere a las IRA's, como se observa en la Tabla 7, en el año base existen 103 municipios con un nivel muy alto de vulnerabilidad, para el 2100 sin cambio climático se esperaría que la situación se mantenga; sin embargo en el escenario con cambio climático se tendrían 76 municipios, lo que sugiere que los cambios climáticos tendrán un efecto positivo sobre la vulnerabilidad de esta enfermedad, lo cual es atribuible a que estas enfermedades tienen mayor propensión en zonas frías, las cuales aumentarían su temperatura según el modelo PRECIS.

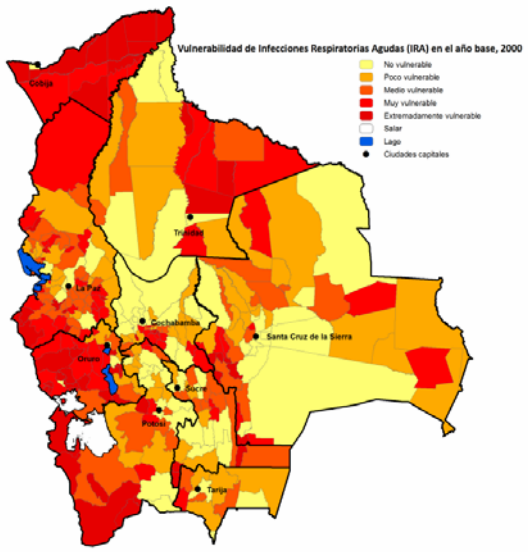
Tabla 7: Efectos del Cambio Climático IRA's a nivel Departamental

Departamento	Año Base (Modelo)					Sin Cambio Climático					Escenario A2				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Chuquisaca	2	3	10	7	6	6	2	8	6	6	6	1	8	5	8
La Paz	6	13	16	23	22	17	8	10	23	22	21	8	16	25	10
Cochabamba	15	8	5	10	7	19	8	3	8	7	20	8	5	8	4
Oruro	3	1	3	1	27	4	3	0	1	27	5	2	1	10	17
Potosí	3	3	1	9	22	6	1	2	7	22	6	2	1	10	19
Tarija	5	3	1	1	1	5	4	0	1	1	5	3	1	1	1
Santa Cruz	27	17	8	4	0	41	6	5	4	0	44	6	6	0	0
Beni	6	7	1	1	4	13	0	1	1	4	13	1	1	1	3
Pando	1	0	0	0	14	1	0	0	0	14	1	0	0	0	14
Bolivia	**68**	**55**	**45**	**56**	**103**	**112**	**32**	**29**	**51**	**103**	**121**	**31**	**39**	**60**	**76**

Fuente: Elaboración propia.

8.1.2.1. Mapas de Salud IRA´s

Mapa No. 5: Vulnerabilidad de enfermedades Respiratorias Agudas escenario base, 2006

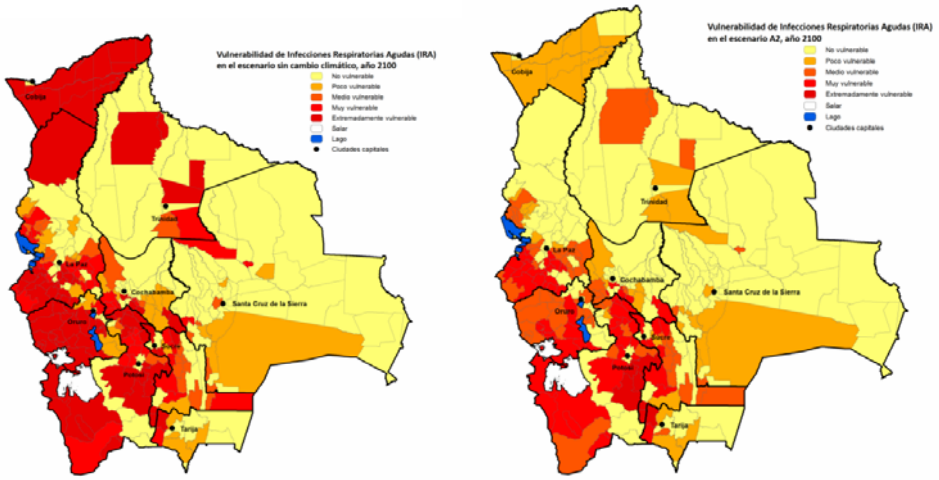


Fuente: Elaboración propia.

Para el año base, los departamentos más afectados por las IRAs son Pando, La Paz, Oruro, Potosí, y parte de Beni. Un número pequeño de zonas son poco vulnerables a las enfemedades respiratorias, siendo el oriente y el valle las región menos afectada (Ver Mapa No. 5).

En el escenario sin cambio climático para el año 2100, los departamentos del oriente a excepción de Pando tienen una vulnerabilidad casi nula. Para los departamentos de La Paz, Oruro y Potosí la enfermedad se acentúa bastante en comparación al año base. Se puede ver comparando con el anterior gráfico en el que la situación es mejor en todo el país que la disminución de la vulnerabilidad se le atribuye en gran medida al cambio climático, siendo positivo su efecto en las enfermedades respiratorias agudas.

Mapa No. 6: Vulnerabilidad de enfermedades Respiratorias Agudas sin cambio climático, 2100 (izquierda) y Vulnerabilidad de enfermedades Respiratorias Agudas escenario A2, 2100 (derecha)



Fuente: Elaboración propia.

Para el año 2100 en el escenario A2, la vulnerabilidad disminuye en gran medida en todo el país, habiendo muy pocos municipios que se vuelven más vulnerables sobretodo en Sucre y Potosí. De igual manera el Oriente sigue siendo la región menos afectada por esta enfermedad, caso contrario de lo que ocurre con las regiones más altas (Ver Mapa No. 6).

8.1.3. Modelo Dengue

En lo que se refiere al Dengue, como era de esperarse a diferencias de las EDA's y las IRA's los departamentos más vulnerables son los del oriente del país. En el caso del Dengue, en el año base se tienen 87 municipios que presentaron brotes de la enfermedad, concentrados principalmente en los departamentos de Santa Cruz y Beni; los modelos predicen que los cambios climáticos disminuirán el riesgo de la enfermedad en estos departamentos, pero la incrementarán en los

municipios que en el año base no presentaron casos. Por ejemplo, el Departamento de Cochabamba pasa de 2 municipios en el año base a 11 en el 2100. Esta situación puede ser atribuida al incremento en la temperatura en zonas frías y por el otro lado a que el excesivo calor de otras zonas provoquen que estas no sean las ideales para el desarrollo de la enfermedad (Ver Tabla 8).

Tabla 8: Efectos del Cambio Climático Dengue a nivel Departamental

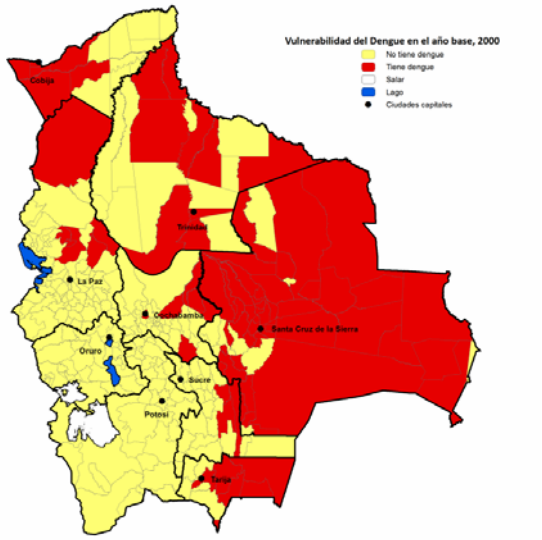
Departamento	Año Base (Modelo)		Sin Cambio Climático		Escenario A2	
	0	1	0	1	0	1
Chuquisaca	23	5	23	5	14	14
La Paz	71	9	71	9	68	12
Cochabamba	43	2	43	2	34	11
Oruro	35	0	35	0	35	0
Potosí	38	0	38	0	37	1
Tarija	5	6	5	6	5	6
Santa Cruz	7	49	7	49	17	39
Beni	5	14	5	14	19	0
Pando	13	2	13	2	15	0
Bolivia	**240**	**87**	**240**	**87**	**244**	**83**

Fuente: Elaboración propia.

8.1.3.1. Mapas de Salud Dengue

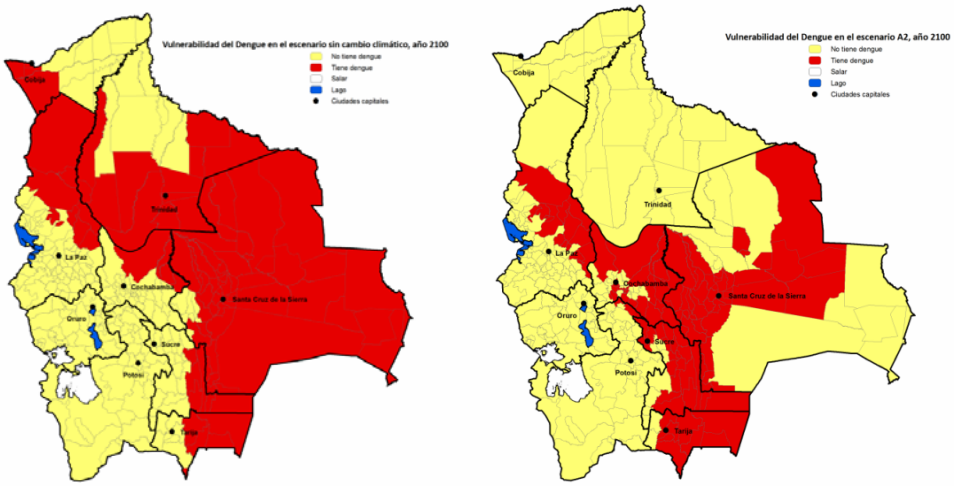
Para el año base, gran parte del país es vulnerable a contraer dengue, sobretodo el oriente, los valles, regiones cálidas, templadas y de baja altura. El departamento proporcionalmente más afectado es Santa Cruz. Las regiones altas y frías no son vulnerables a contraer dengue (Ver Mapa No. 7).

Mapa No. 7: Vulnerabilidad del Dengue en el año base, 2000



Fuente: Elaboración propia.

Mapa No. 8: Vulnerabilidad del Dengue sin cambio climático, 2100 (izquierda) y Vulnerabilidad del Dengue en el escenario A2, 2100 (derecha)



Fuente: Elaboración propia.

En el escenario sin cambio climático, se puede apreciar que la situación es más severa en general. La vulnerabilidad que se tiene en el año base es similar a la que se tiene bajo este escenario con la diferencia que los departamentos son incluso más afectados. El oriente y zonas bajas cálidas siguen siendo en general las portadoras de la enfermedad, y el occidente, zonas altas y frías las regiones menos afectadas.

Para el 2100 en el escenario A2, la situación mejora en forma general. Las regiones que en el año base son vulnerables al dengue, en la proyección para el 2100 dejan de serlo en gran medida. Se puede apreciar que debido al incremento en la temperatura en zonas que solían ser frías provoca la aparición de la enfermedad como ser en algunas regiones más altas en La Paz, y Sucre y Cochabamba. También se puede observar que la mayoría de las regiones más cálidas del país dejaron de ser vulnerables con excepción de una parte de Santa Cruz (Ver Mapa No. 8).

8.1.4. Modelo Malaria

En la Tabla 9 se muestra que para la malaria en el año base se tienen 135 municipios de alta vulnerabilidad a la enfermedad, para el 2100 sin cambio climático se espera que sólo 1 municipio tenga vulnerabilidad alta (Presto en Chuquisaca).

Tabla 9: Efectos del Cambio Climático Malaria a nivel Departamental

Departamento	Año Base (Modelo)			Sin Cambio Climático			Escenario A2		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Chuquisaca	7	0	21	27	0	1	27	0	1
La Paz	61	0	19	80	0	0	80	0	0
Cochabamba	19	0	26	45	0	0	45	0	0
Oruro	35	0	0	35	0	0	35	0	0

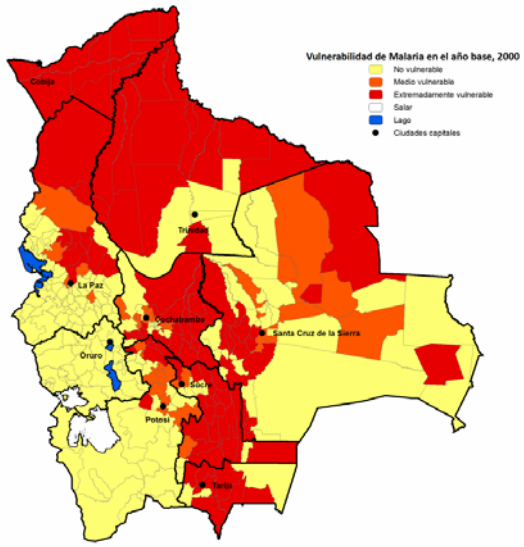
Potosí	35	0	3	38	0	0	38	0	0
Tarija	7	0	4	11	0	0	11	0	0
Santa Cruz	27	0	29	56	0	0	56	0	0
Beni	1	0	18	19	0	0	19	0	0
Pando	0	0	15	15	0	0	15	0	0
Bolivia	**192**	**0**	**135**	**326**	**0**	**1**	**326**	**0**	**1**

Fuente: Elaboración propia.

La situación es la misma en el escenario AS con cambio climático, por lo que la disminución de la vulnerabilidad de esta enfermedad no puede atribuirse al cambio climático sino a las variables de control, en especial es del años de educación.

8.1.4.1. Mapas de Salud Malaria

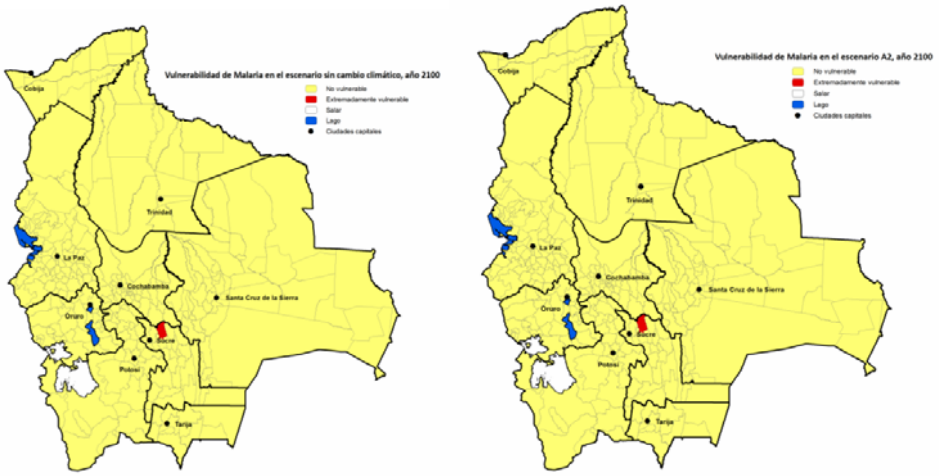
Mapa No. 9: Vulnerabilidad de la Malaria en el año base, 2000



Fuente: Elaboración propia.

En el año base, se puede ver que existe una alta y media vulnerabillidad en todo el norte del país, parte del oriente y la región central de los valles, siendo las más afectadas. Por otra parte las zonas altas, que se encuentran en grán parte del departamento de La Paz, Oruro y Potosí, y el Sur de Beni y Santa Cruz son las regiones menos afectadas siendo incluso poco o nada vulnerables a la malaria (Ver Mapa No. 9).

Mapa No. 10: Vulnerabilidad de la Malaria sin cambio climático, 2100 (izquierda) y Vulnerabilidad de la Malaria en el escenario A2, 2100



Fuente: Elaboración propia.

Para el año 2100 en el escenario sin cambio climático, la situación es la misma que bajo el escenario A2. Se puede, por lo tanto, atribuir la mejora y disminución de la vulnerabilidad exclusivamente a cambios en variables demográficas y socio económicas (Ver Mapa No 10).

9. Cálculo de los efectos en la Productividad y Gasto Social

9.1. Efecto del Cambio Climático en la pérdida de Productividad

El cambio climático entre muchos de los efectos que provoca, afecta a la salud en las personas, a través del cambio en factores naturales (precipitaciones, aumento de la temperatura, etc.) que inciden en el incremento de enfermedades y en el número de personas afectadas debido a que la vulnerabilidad de estas últimas se incrementa.

Las enfermedades estudiadas son el dengue clásico, la malaria, las EDA's y las IRA's debido a que el cambio climático tiene un efecto considerable en estas cuatro enfermedades que son significativas para medir el efecto que tiene en la salud de las personas.

Una persona al ser más vulnerable de contraer alguna enfermedad, genera pérdidas económicas reflejadas en la pérdida de productividad como consecuencia del ausentismo en las labores que generan ingresos. Las personas, al ausentarse de sus labores, estarán incurriendo en costos debido a una generación menor de ingresos que se reflejará en una disminución del salario a nivel agregado (PIB). Por otra parte, dicho aumento en la vulnerabilidad también provoca un gasto público (gasto social) debido a una mayor compra de medicamentos, y servicios de salud en general.

Debido a que lo que se calcula es la pérdida en la productividad, solo es necesario tomar en cuenta a las enfermedades de *dengue clásico* y *malaria,* ya que los registros de casos de personas que padecen de EDA's y de IRA's solamente contempla a población menor de 5 años (población que no trabaja) por lo que no tiene incidencia en la disminución de la productividad.

Una vez calculados los costos y pérdidas en las que se incurre por enfermedad, para poder obtener la información por Municipios se debe

multiplicar por la probabilidad de cada uno de tener cualquiera de las enfermedades tanto para el año base como para los diferentes escenarios de la proyección al año 2100.

9.1.1. Metodología de Cálculo

El año base a partir del cual se recolectó y se formularon los datos es 2006 debido a completitud de información con la que se cuenta.

Para poder medir la pérdida de productividad se utiliza un proxy que se calcula a partir de datos demográficos y del PIB nacional. Las proyecciones de la población fueron obtenidas a partir de las proyecciones de la CEPAL presentadas en (Andersen, 2009), en lo que se refiere a las variables como son el PIB o los años de educación se obtuvieron a partir de las estimaciones de (Jemio & Andersen, 2009).

En primera instancia a partir del PIB y de la población económicamente activa (PEA) en Bolivia, se calcula el *PIB per cápita de la población económicamente activa*.

$$\textbf{Fórmula 1: } PIB\ per\ cápita = \frac{PIB}{PEA}$$

Teniendo el *PIB per cápita PEA*, se calcula el *PIB per cápita PEA por día laboral* dividiendo el *PIB per cápita PEA* entre el número de días laborales en un año.

$$\textbf{Fórmula 2: } PIB\ per\ cápita\ PEA\ por\ día\ laboral = \frac{PIB\ per\ cápita\ PEA}{\#\ días\ laborales\ anuales}$$

Las personas pueden contraer una alguna enfermedad, impidiéndoles realizar sus labores en el caso en que suceda en días hábiles o también en días no hábiles como fines de semana, feriados o vacaciones, no afectando a la productividad en caso que ocurra lo último; aspecto que se debe tomar en cuenta.

Para poder calcular la probabilidad de que una persona se enferme en un día hábil se utilizan los días al año, y los días laborales.

$$\textbf{Fórmula 3: } Probabilidad\ Día\ Laboral = \frac{Días\ laborales\ al\ año}{Total\ Días}$$

Para no sobreestimar el costo económico por ausentismo, es necesario obtener el valor esperado de la pérdida de productividad por día tomando en cuenta que la persona puede estar enfermo también en días no laborales (Debiendo multiplicar el *PIB per cápita PEA por día laboral* por la *Probabilidad que una persona se enferme en un día laboral*).

$$\textbf{Fórmula 4: } Esperanza\ de\ perdida\ de\ productividad\ por\ día = PIB\ per\ cápita\ PEA\ por\ día\ laboral \times Prob.de\ día\ laboral$$

Lo que se necesita calcular es la pérdida económica de cada persona que contrae alguna de las enfermedades objetivo tomando en cuenta los días que queda imposibilitado de trabajar el individuo dependiendo la enfermedad que contraiga y el número de días que corresponde a cada una. Solo se toma en cuenta a la malaria y dengue ya que para el caso de las EDA's e IRA's solo se consideraron a niños menores de 5 años, por lo cual no es necesario estimar un efecto en la productividad.

Esta pérdida económica puede ser calculada a partir de la *Esperanza de pérdida de productividad por día* y la *imposibilidad laboral en días*.

$$\textbf{Fórmula 5: } Perdida\ Económica\ por\ Ausentismo = PIB\ per\ cápita\ de\ la\ PEA\ por\ día \times imposibilidad\ laboral$$

Finalmente para poder obtener el valor esperado de la pérdida de la productividad por municipio, debemos multiplicar la *Pérdida Económica por Ausentismo* con la población en edad de trabajar y por las

probabilidades correspondientes a los niveles de mayor vulnerabilidad calculadas a partir del modelo econométrico para cada municipio en el 2100.

Fórmula 6: Pérdida Productividad por Municipio

$$= Pérdida\ Económica\ por\ Ausentismo \times Población\ en\ Edad\ de\ Trabajar \times Probabilidad\ Nivel\ de\ Vulnerabilidad$$

9.1.2. Cálculo de Pérdida de Productividad

$$PIB\ per\ cápita\ PEA = \frac{89.428.309.000}{4.793.841}\ Bs$$

$$\boldsymbol{PIB\ per\ cápita\ PEA = 18.655\ Bs}$$

$$PIB\ per\ cápita\ PEA\ por\ dá\ laboral = \frac{18.655}{279}\ Bs$$

$$\boldsymbol{PIB\ per\ cápita\ PEA\ por\ día\ laboral = 66{,}86\ Bs}$$

$$Probabilidad\ Dia\ laboral = \frac{279}{365}$$

$$\boldsymbol{Probabilidad\ Dia\ laboral = 0{,}7643}$$

$$Esperanza\ de\ pérdida\ de\ productividad\ por\ día = 66{,}86\ Bs \times 0{,}7643$$

$$\textbf{\textit{Esperanza de pérdida de productividad por día}} = 51{,}11\ \textbf{\textit{Bs}}$$

$$\textit{Pérdida Económica por ausentismo (Dengue)} = 51{,}11\ \textit{Bs} \times 4\ \textit{días}$$

$$\textit{Pérdida Económica por ausentismo (Malaria)} = 51{,}11\ \textit{Bs} \times 7\ \textit{días}$$

$$\textbf{\textit{Pérdida Económica por ausentismo (Dengue)}} = 204{,}44\ \textbf{\textit{Bs}}$$

$$\textbf{\textit{Pérdida Económica por ausentismo (Malaria)}} = 357{,}76\ \textbf{\textit{Bs}}$$

9.2. Efecto del Cambio Climático en el Gasto

9.2.1. Dengue Clásico

En el caso del dengue clásico, existen tres niveles de severidad en cuanto a la enfermedad.

El nivel **"A"** que no requiere internación, no presentan un cuadro de síntomas de gravedad, y puede ser tratado sin ser internado en ningún centro de salud, este grupo comprende el mayor número de casos registrados en Bolivia, siendo de aproximadamente 98% del total de los casos. En este caso solo se prescribe paracetamol y bastante liquido, siendo que el tratamiento cuesta alrededor de 5 Bs por persona enferma (Ministerio de Salud y Deportes de Bolivia, 2009).

El grupo **"B"** ya presenta síntomas más complejos y severos, en el que el tratamiento va acompañado de una internación de tres días en promedio, de la prescripción de antibióticos durante tres días, y se requerirá un examen sanguíneo, debiendo ser necesario obtener un hemograma completo y plaquetomía. Este nivel de severidad

comprende una pequeña minoría de del total de casos de dengue registrados siendo de alrededor de 2% (Ministerio de Salud y Deportes de Bolivia, 2009).

Los costos que representa para la institución de salud una persona con dengue en este grupo son:

- Costos por día de internación: 25 bs
- Antibióticos por día: 100 Bs
- Análisis de laboratorio: 100 Bs

En total el tratamiento tiene un costo de 475 Bs.

El grupo **"C"** presenta una situación de alta gravedad, acompañada de hemorragia (dengue hemorrágico), y la necesidad de la internación del paciente en una Unidad de Terapia Intensiva (UTI). Este grupo comprende el menor número de casos siendo menos del 0.4% del total de los casos, razón por la cual no se tomará en cuenta para el cálculo de los costos involucrados.

Para el cálculo del costo promedio del tratamiento por persona que contrajo el dengue se prosigue de la siguiente forma:

Costo Tratamiento dengue grupo A: 5 Bs

Costo Tratamiento dengue grupo B: 3 días x 25 Bs + 3 días x 100 Bs + 100 Bs = 475 Bs

Costo ponderado promedio de tratamiento por Dengue en Bolivia =0.98 x 5 Bs + 0.02 x 475 = 14,4 Bs

El costo promedio del tratamiento para la enfermedad del Dengue es ponderado por la proporción de personas que se encuentran ya sea en el grupo A o en el grupo B por el costo de tratamiento de cada una de ellas.

9.2.2. Malaria

En el caso de la malaria, existen dos tipos, la Vivax, y la Falciparum, siendo esta última de mayor gravedad y cada una con tratamientos distintos para la recuperación de los pacientes con malaria.

El tratamiento de la Malaria por Vivax consiste en emplear un antipalúdico como la Cloraquina por tres días, 10 comprimidos en total, y se aplica durante 7 días un antiprotozoarios como la Primaquina, 14 comprimidos en total. Aproximadamente el 90 % de los pacientes contagiados con malaria la adquieren por Vivax.

El tratamiento de Malaria por Falciparum consiste en suministrar Nefloquina durante 2 días un total de 6 comprimidos. Luego se suministra Artesunato durante tres días un total de 15 comprimidos. Por último se suministra primaquina durante tres días un total de 4 comprimidos. Aproximadamente el 10 % de los pacientes contagiados con malaria la adquieren por Falciparum.

Existen casos en los que la enfermedad se complica y es necesario proceder con la internación del paciente, pero dado que el número de casos es insignificante, no se toma en cuenta para el cálculo del costo promedio del tratamiento de la Malaria. (Ministerio de Salud y Deportes de Bolivia, 2009)

Cálculo costo tratamiento Malaria

Para el cálculo del costo promedio del tratamiento por persona que contrajo la malaria se prosigue de la siguiente forma:

- Cloraquina: 0,06 Bs por comprimido
- Primoquina: 0,08 Bs por comprimido
- Nefloquina: 3,62 Bs por comprimido
- Artesunato: 1,25 Bs por comprimido

Costo tratamientos

$$Malaria\ por\ Vivax: (0{,}06 \times 10) + (0{,}08 \times 14) = \mathbf{1{,}72\ Bs}$$

$$Malaria\ por\ Falciparum: (3{,}62 \times 6) + (1{,}25 \times 15) + (0{,}08 \times 4) = \mathbf{40{,}79\ Bs}$$

Costo promedio ponderado de tratamiento por Malaria en Bolivia = 5,799 Bs

El costo promedio del tratamiento para la enfermedad de la Malaria es ponderado por la proporción de personas que se encuentran ya sea en el contagiado por Vivax o en el de Falciparum por el costo de tratamiento de cada una de ellas.

9.2.3. IRA's

Las IRA's pueden ser clasificadas según su gravedad en dos: IRA's con neumonía e IRA's sin neumonía.

Las IRA's sin neumonía presentan bronquitis tratable sin la necesidad de internación en un centro de salud, y se prescribe antibiótico como ser Amoxicilina, o Ciprofloxecina. En el caso de la Amoxicilina se la debe administrar 3 veces al día durante 7 días. Las IRA' sin neumonía se presentan en un 90.8% de los casos

Las IRA's con neumonía presentan un cuadro más complicado el cual requiere internación en un centro de salud por un periodo de 7 días. Se debe administrar de igual manera antibióticos, pero intravenosos como ser la Ceftriaxona cada 8 u 12 horas durante 7 días. Las IRA's se complican presentando neumonías en un 9,2 % del total de los casos. (Ministerio de Salud y Deportes de Bolivia, 2009)

Cálculo costo tratamiento IRA's

- Amoxicilina: costo entre 5 y 15 Bs el comprimido. Costo promedio **10 Bs** por comprimido.
- Costo internación por día: **25 Bs**
- Ceftriaxona: entre 12 y 140 Bs por ampolla. Supondremos que se administra la más económica. Costo **12 Bs**

Costo Tratamiento IRA's sin neumonía= 10 x 3 x 7 = 210 Bs

Costo Tratamiento IRA's con neumonía = (25 x 7) + (12 x 3 x 7) = 427 Bs

Costo promedio ponderado de tratamiento para IRA`s en Bolivia = 229,96 Bs

El costo promedio del tratamiento para la enfermedad del Dengue es ponderado por la proporción de personas que se encuentran ya sea en el grupo de Neumonía o en el grupo Sin Neumonía por el costo de tratamiento de cada una de ellas.

9.2.4. EDA`s

Las EDA's pueden ser clasificadas según su grado de severidad. Los grados 1 y 2 no se internan y son más leves, los grados 3 y 4 se internan y son más complicados.

En el caso del grado 1 y 2, se trata con antibióticos como Cloranfenicol o Amoxicilina. Suponiendo el uso de amoxicilina , esta se debe suministrar 3 veces al día durante siete días. Aproximadamente el 90% del total de los casos de EDA's se presentan en grado 1 o 2.

En el caso del grado 3 y 4, se trata con otro tipo de antibióticos como ser la Ceftriaxona, entre dos a tres veces al día durante 7 días. Además se necesitara hidratación a través de sueros, una cantidad de 2000 cc. al día y la internación correspondiente en un centro de salud.

Aproximadamente un 10% del total de los casos de EDA's se presentan en grado 3 y 4. (Ministerio de Salud y Deportes de Bolivia, 2009)

Cálculo de costo de tratamiento EDA

- Amoxicilina: costo entre 5 y 20Bs el comprimido. Costo promedio **10 Bs** por comprimido.
- Costo internación por día: **25 Bs**
- Ceftriaxona: entre 12 y 140 Bs por ampolla. Supondremos que se administra la más económica. Costo **12 Bs**
- Costo sueros 1000 cc: 5Bs

Costo Tratamiento EDA's de grado 1 y 2 = 10 x 3 x 7 = 210 Bs

Costo Tratamiento EDA's de grado 3 y 4 = (25 x 7) + (5 x 10) + (12 x 3 x 7) = 477 Bs.

Costo de tratamiento promedio ponderado de EDA`s = 236,7 Bs

El costo promedio del tratamiento para la enfermedad del Dengue es ponderado por la proporción de personas que se encuentran ya sea de grado 1 y 2 o en el de grado 3 y 4 por el costo de tratamiento de cada una de ellas.

El cálculo del aumento del gasto social por municipio se lo hace de manera análoga al de la pérdida de productividad por municipio, a partir de la multiplicación de los respectivos gastos de cada enfermedad por la población afectada (menor a 5 años en el caso de EDA's e IRA's) y multiplicado por las probabilidades correspondientes a los niveles de mayor vulnerabilidad calculadas a partir del modelo econométrico para cada municipio en el 2100. Para el caso de EDA's e IRA's la probabilidad es la suma que las categorías 4 y 5, para el Dengue la probabilidad de la Categoría 1 y para la Malaría la Categoría 3.

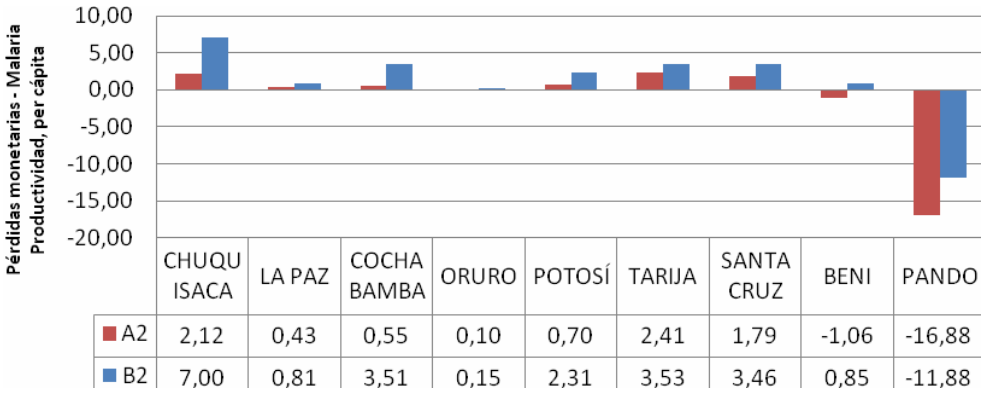
NOTA: Para el cálculo tanto de los efectos sobre la productividad como el gasto se transformaron las variables a dólares del 2007 (7,88 Bs/$us).

10. Análisis de Resultados

10.1. Análisis departamental para el componente de la productividad

10.1.1. Análisis departamental para el componente de la productividad en el escenario A2 y B2

Gráfico 1: Pérdidas Monetarias por Productividad per cápita- Malaria

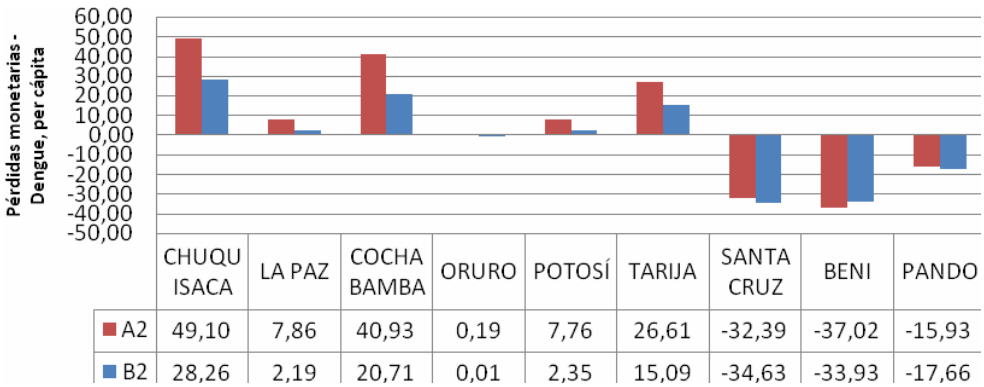


	CHUQUISACA	LA PAZ	COCHABAMBA	ORURO	POTOSÍ	TARIJA	SANTA CRUZ	BENI	PANDO
A2	2,12	0,43	0,55	0,10	0,70	2,41	1,79	-1,06	-16,88
B2	7,00	0,81	3,51	0,15	2,31	3,53	3,46	0,85	-11,88

Fuente: Elaboración propia.

A partir del Gráfico 1, se observa que en el caso de Malaria, los departamentos de Chuquisaca, Cochabamba, La Paz, Santa Cruz, Potosí y Tarija experimentan pérdidas monetarias en base al orden descrito; siendo que Beni sufre pérdidas en el escenario B2, y Pando consigue ganancias tanto en el escenario B2 como en el A2. El escenario A2 tiene un comportamiento similar aunque las pérdidas son considerablemente menores para los mismos departamentos y el caso de Beni y Pando ocurre lo contrario y dejan de existir pérdidas.

Gráfico 2: Pérdidas Monetarias por Productividad per cápita- Dengue



	CHUQUISACA	LA PAZ	COCHABAMBA	ORURO	POTOSÍ	TARIJA	SANTA CRUZ	BENI	PANDO
A2	49,10	7,86	40,93	0,19	7,76	26,61	-32,39	-37,02	-15,93
B2	28,26	2,19	20,71	0,01	2,35	15,09	-34,63	-33,93	-17,66

Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 2, muestra la situación para el Dengue, los departamentos que no experimentan pérdidas son Santa Cruz, Beni y Pando. Los departamentos que no generan ganancias son Chuquisaca, La Paz, Cochabamba y Potosí.

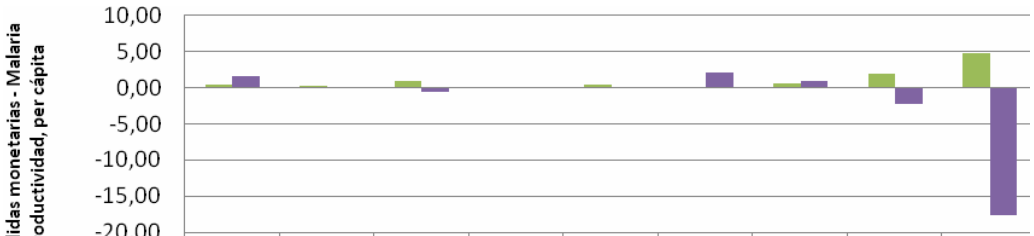
10.1.2. Análisis departamental para el componente de la productividad comparando el efecto de la precipitación con el de la temperatura en el escenario A2

El análisis se realiza bajo dos escenarios, el escenario A2 con precipitación[2] y el escenario A2 con temperatura[3].

[2] Hace referencia a cambios en la temperatura y todas las demás variables constantes.

[3] Hace referencia a cambios en la precipitación y todas las demás variables constantes.

Gráfico 3: Pérdidas Monetarias por Productividad per cápita- Malaria

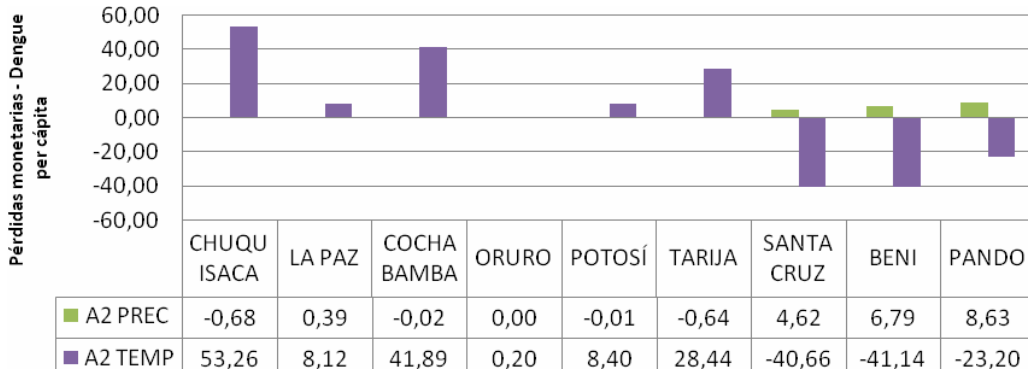


	CHUQUISACA	LA PAZ	COCHABAMBA	ORURO	POTOSÍ	TARIJA	SANTA CRUZ	BENI	PANDO
A2 PREC	0,41	0,27	0,97	0,05	0,53	0,16	0,67	1,89	4,85
A2 TEMP	1,68	0,11	-0,49	0,06	0,16	2,13	0,93	-2,18	-17,62

Fuente: Elaboración propia.

En lo que se refiere a Malaria, el Gráfico 3 muestra que el efecto que tienen ambas variables son en la mayoría contrarios entre sí. La temperatura provoca pérdidas para los departamentos de Cochabamba, Beni y Pando, mientras que los demás tienen ganancias. La precipitación provoca pérdidas para todos los departamentos. En consecuencia es posible argumentar que las precipitaciones son más negativas que el cambio en la temperatura.

Gráfico 4: Pérdidas Monetarias por Productividad per cápita- Dengue



	CHUQUISACA	LA PAZ	COCHABAMBA	ORURO	POTOSÍ	TARIJA	SANTA CRUZ	BENI	PANDO
A2 PREC	-0,68	0,39	-0,02	0,00	-0,01	-0,64	4,62	6,79	8,63
A2 TEMP	53,26	8,12	41,89	0,20	8,40	28,44	-40,66	-41,14	-23,20

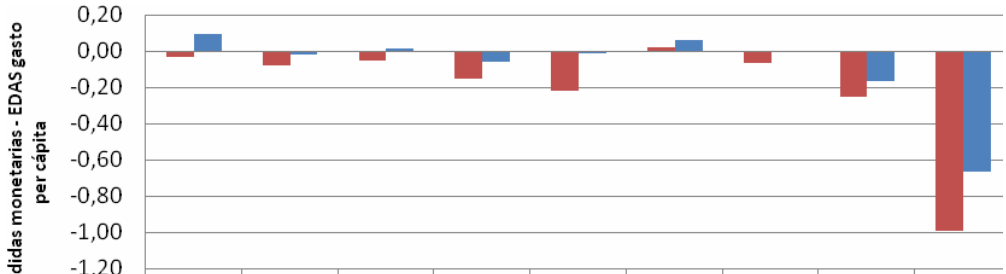
Fuente: Elaboración propia.

Para Dengue, el Gráfico 4 muestra que las pérdidas que provoca la precipitación son bastante bajas para los departamentos de La Paz, Chuquisaca, Potosí, Tarija y nula para Oruro. La temperatura provoca pérdidas para los departamentos de Santa Cruz, Beni y Pando. Mientras que tienen los departamentos de Chuquisaca, La Paz, Cochabamba y Tarija generan ganancias.

10.2. Análisis departamental para el componente del gasto

10.2.1. Análisis departamental para el componente del gasto comparando el escenario A2 y B2

Gráfico 5: Pérdidas Monetarias por Gasto per cápita- EDA´s

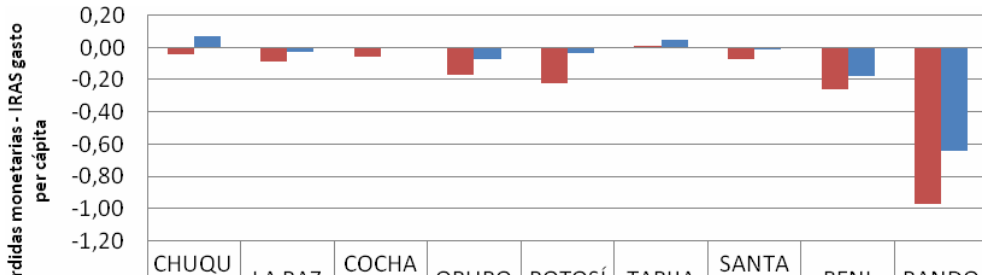


	CHUQUISACA	LA PAZ	COCHABAMBA	ORURO	POTOSÍ	TARIJA	SANTA CRUZ	BENI	PANDO
A2	-0,03	-0,08	-0,06	-0,16	-0,22	0,02	-0,07	-0,25	-0,99
B2	0,09	-0,02	0,01	-0,06	-0,01	0,06	-0,01	-0,17	-0,66

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de las EDA's, el Gráfico 5 sugiere que los departamentos que presentan un incremento del gasto son Cochabamba, Chuquisaca y Tarija en el escenario B2, siendo que para los demás departamentos existe una disminución del gasto. En el escenario A2, para todos los departamentos se obtiene una disminución del gasto a excepción de Tarija.

Gráfico 6: Pérdidas Monetarias por Gasto per cápita- IRA´s

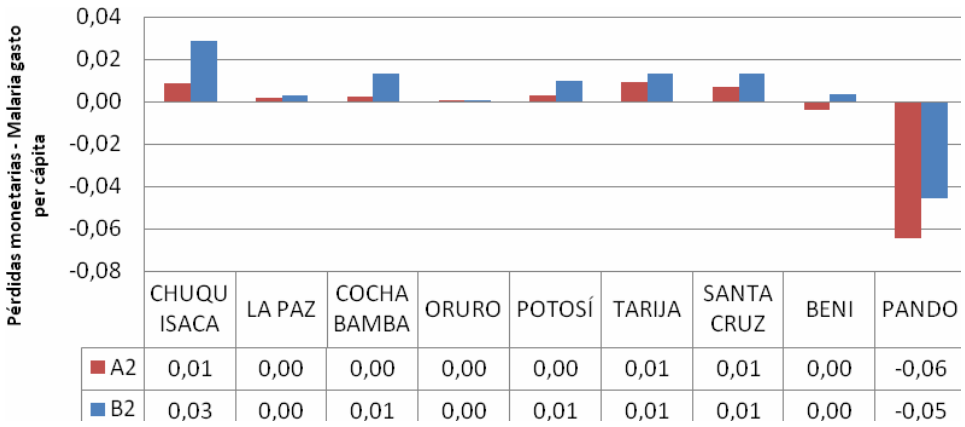


	CHUQUISACA	LA PAZ	COCHABAMBA	ORURO	POTOSÍ	TARIJA	SANTA CRUZ	BENI	PANDO
A2	-0,04	-0,09	-0,06	-0,16	-0,22	0,01	-0,07	-0,26	-0,97
B2	0,07	-0,02	0,01	-0,07	-0,03	0,05	-0,01	-0,17	-0,64

Fuente: Elaboración propia.

Para las IRA's el Gráfico 6 muestra que en el escenario B2, todos los departamentos a excepción de Chuquisaca y Tarija tienen un aumento el gasto. En el escenario A2, todos los departamentos tienen una disminución en el gasto.

Gráfico 7: Pérdidas Monetarias por Gasto per cápita- Malaria

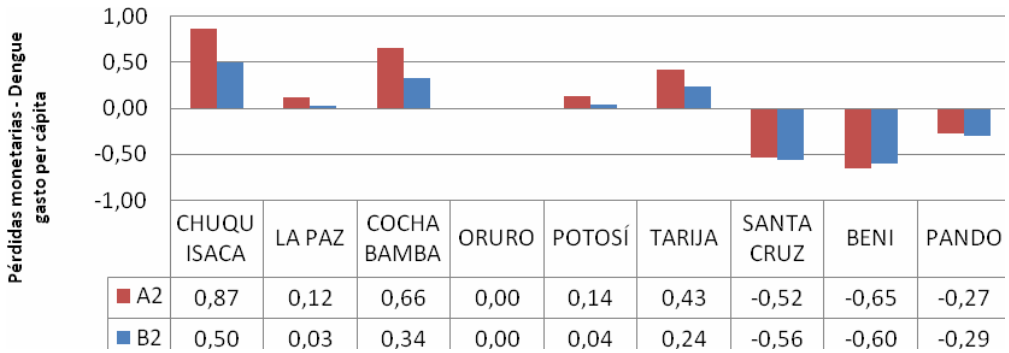


	CHUQUISACA	LA PAZ	COCHABAMBA	ORURO	POTOSÍ	TARIJA	SANTA CRUZ	BENI	PANDO
A2	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	-0,06
B2	0,03	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	-0,05

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la Malaria, el Gráfico 7 muestra que para el escenario B2, solamente Pando tiene una disminución del gasto, para los departamentos de Oruro y Beni, la situación se mantienen prácticamente constante, siendo que para los demás departamentos la situación es contraria, siendo los más afectados Chuquisaca y Cochabamba. En el escenario A2 los resultados son similares, Beni y Pando tienen una disminución el gasto, siendo que los demás departamentos tienen perdidas.

Gráfico 8: Pérdidas Monetarias por Gasto per cápita- Dengue



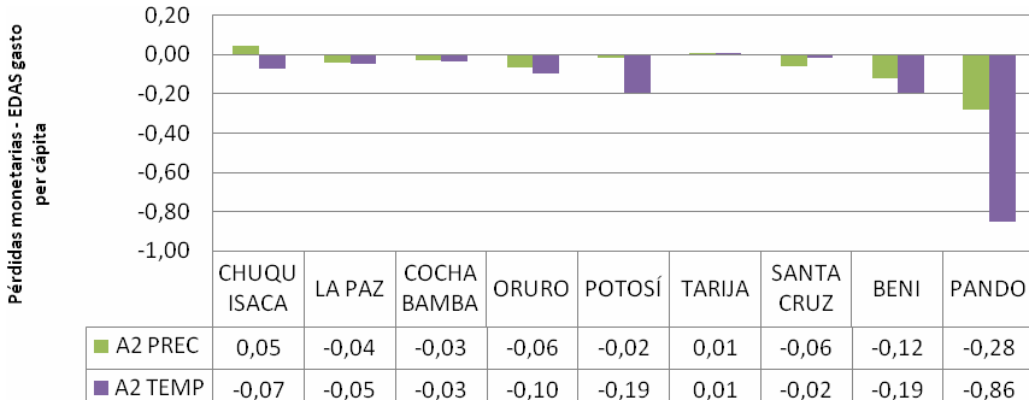
	CHUQUISACA	LA PAZ	COCHABAMBA	ORURO	POTOSÍ	TARIJA	SANTA CRUZ	BENI	PANDO
A2	0,87	0,12	0,66	0,00	0,14	0,43	-0,52	-0,65	-0,27
B2	0,50	0,03	0,34	0,00	0,04	0,24	-0,56	-0,60	-0,29

Fuente: Elaboración propia.

Por último, para el caso de Dengue, el Gráfico 8 muestra que los únicos departamentos que tienen una disminución del gasto son Santa Cruz, Beni y Pando, lo que implica que los demás departamentos tienen un aumento, para ambos escenarios.

10.2.2. Análisis departamental para el componente del gasto comparando el efecto de la precipitación y el de la temperatura en el escenario A2

Gráfico 9: Pérdidas Monetarias por Gasto per cápita- EDA´s

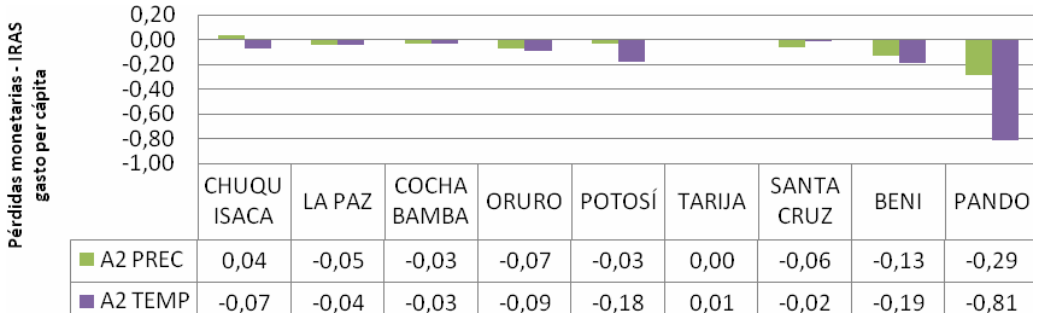


	CHUQUISACA	LA PAZ	COCHABAMBA	ORURO	POTOSÍ	TARIJA	SANTA CRUZ	BENI	PANDO
A2 PREC	0,05	-0,04	-0,03	-0,06	-0,02	0,01	-0,06	-0,12	-0,28
A2 TEMP	-0,07	-0,05	-0,03	-0,10	-0,19	0,01	-0,02	-0,19	-0,86

Fuente: Elaboración propia.

Para EDA's, el Gráfico 9 sugiere que ambas variables tienen un efecto similar en los departamentos. La precipitación genera pérdidas muy pequeñas para los departamentos de Santa Cruz, La Paz, Cochabamba, Oruro, Potosí, Beni y Pando, mientras que los demás departamentos tienen ganancias. La temperatura genera pérdidas muy pequeñas para todos los departamentos a excepción de Tarija.

Gráfico 10: Pérdidas Monetarias por Gasto per cápita- IRA´s

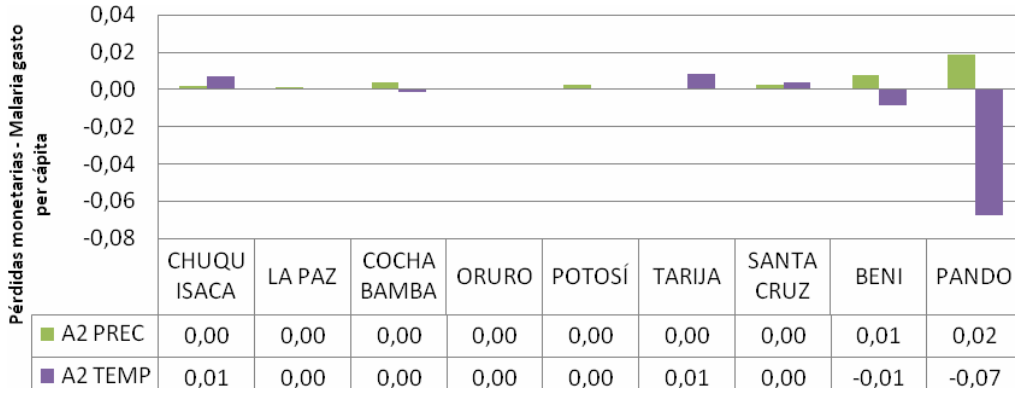


	CHUQUISACA	LA PAZ	COCHABAMBA	ORURO	POTOSÍ	TARIJA	SANTA CRUZ	BENI	PANDO
A2 PREC	0,04	-0,05	-0,03	-0,07	-0,03	0,00	-0,06	-0,13	-0,29
A2 TEMP	-0,07	-0,04	-0,03	-0,09	-0,18	0,01	-0,02	-0,19	-0,81

Fuente: Elaboración propia.

Para IRA's, el Gráfico 10 muestra que el efecto de ambas variables es similar. La precipitación produce ganancias en todos los departamentos, sin embargo para Tarija el efecto es nulo. La temperatura tiene un efecto positivo ya que en todos los departamentos tienen ganancias a excepción de Tarija que el efecto es nulo.

Gráfico 11: Pérdidas Monetarias por Gasto per cápita- Malaria

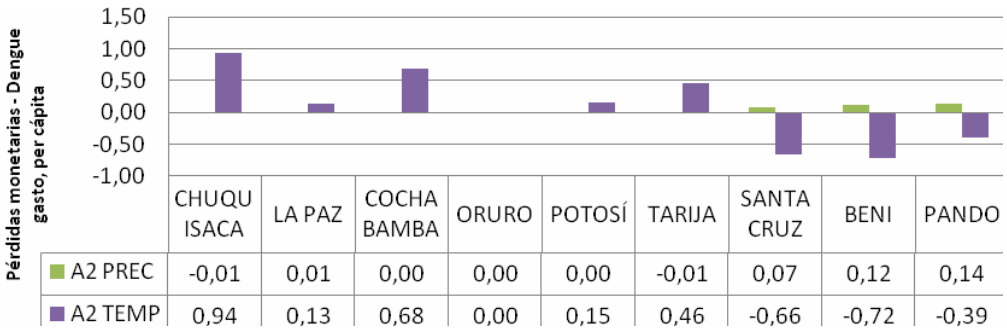


	CHUQUISACA	LA PAZ	COCHABAMBA	ORURO	POTOSÍ	TARIJA	SANTA CRUZ	BENI	PANDO
A2 PREC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02
A2 TEMP	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	-0,01	-0,07

Fuente: Elaboración propia.

Para Malaria, el Gráfico 11 muestra que el efecto que tienen ambas variables son contrarios entre sí. La temperatura provoca pérdidas para los departamentos de Chuquisaca y Tarija, mientras que los demás tienen ganancias. La precipitación provoca pérdidas para todos los departamentos excepto para La Paz que se encuentra prácticamente sin cambio alguno.

Gráfico 12: Pérdidas Monetarias por Gasto per cápita- Dengue



	CHUQUISACA	LA PAZ	COCHABAMBA	ORURO	POTOSÍ	TARIJA	SANTA CRUZ	BENI	PANDO
A2 PREC	-0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,07	0,12	0,14
A2 TEMP	0,94	0,13	0,68	0,00	0,15	0,46	-0,66	-0,72	-0,39

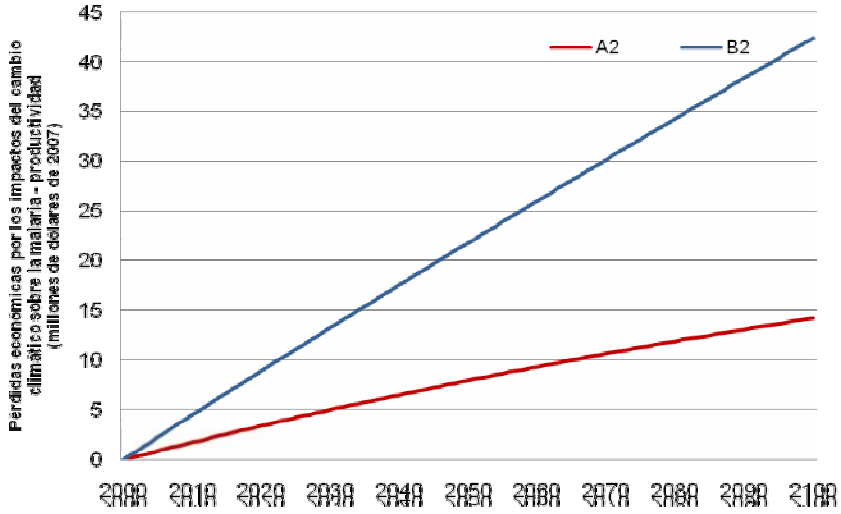
Fuente: Elaboración propia.

Para Dengue el Grafico 12 muestra que las pérdidas que provoca la precipitación son bastante bajas para todos los departamentos y nula para Oruro. La temperatura provoca pérdidas para los departamentos de Chuquisaca, La Paz, Cochabamba, Potosí y Tarija, mientras que tienen ganancias los departamentos de Santa Cruz, Beni y Pando. Por otra parte el único departamento que al parecer no presenta variación alguna es Oruro.

10.3. Análisis nacional y temporal

10.3.1. Análisis nacional y temporal para el componente de la productividad y el gasto comparando el efecto del escenario A2 y B2

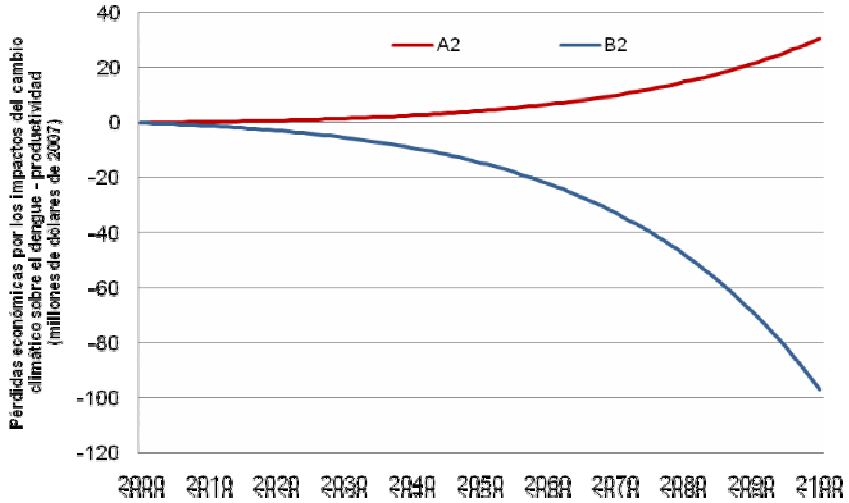
Gráfico 13: Pérdidas Monetarias por productividad – Malaria



Fuente: Elaboración propia.

Según el Grafico 13, la pérdida económica debido al componente de la productividad en el caso de la malaria muestra que las pérdidas son mayores en el escenario B2 que en el A2. Sin embargo en términos relativos estas pérdidas son muy pequeñas considerando el PIB que se proyecta para este año.

Gráfico 14: Pérdidas Monetarias por productividad – Dengue

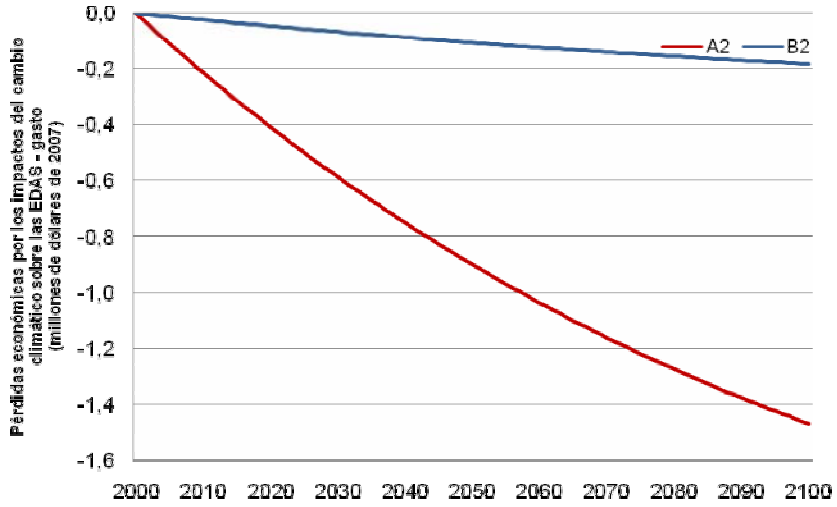


Fuente: Elaboración propia.

A partir del Gráfico 12, se observa que para el caso de Dengue, comparando los escenarios A2 y B2, se puede apreciar que se dan situaciones totalmente distintas. Bajo el escenario A2, se tiene un incremento en la pérdida de productividad como consecuencia del cambio climático, mientras que bajo el escenario B2, se tiene un incremento en las ganancias en productividad que van creciendo a través del tiempo hasta el año 2100. AL igual que en el caso anterior en términos relativos al PIB son muy pequeños.

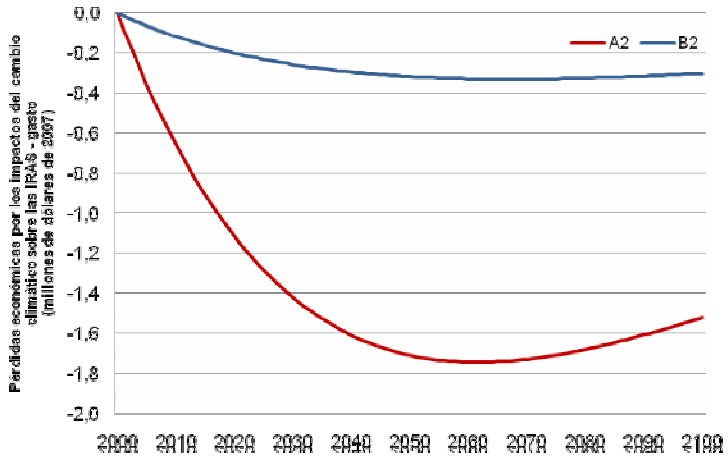
Según el Grafico 15, en lo que se refiere al componente del gasto para el caso de las EDA's, el gasto disminuye en ambos escenarios. En el caso de las IRA's, en ambos escenarios el gasto disminuye, sin embargo, en el escenarios A2 ésta disminución es aún mayor. Para la Malaria, el gasto también aumenta para ambos escenarios y el efecto es mayor en el escenario B2 que en el A2. Para el Dengue, el escenario A2 muestra un incremento en el gasto, mientras que para el escenario B2 ocurre lo contrario, el gasto disminuye. Si el impacto en la productividad era pequeño, el del gasto lo es aún más.

Gráfico 15: Pérdidas Monetarias por Gasto - EDA´s



Fuente: Elaboración propia.

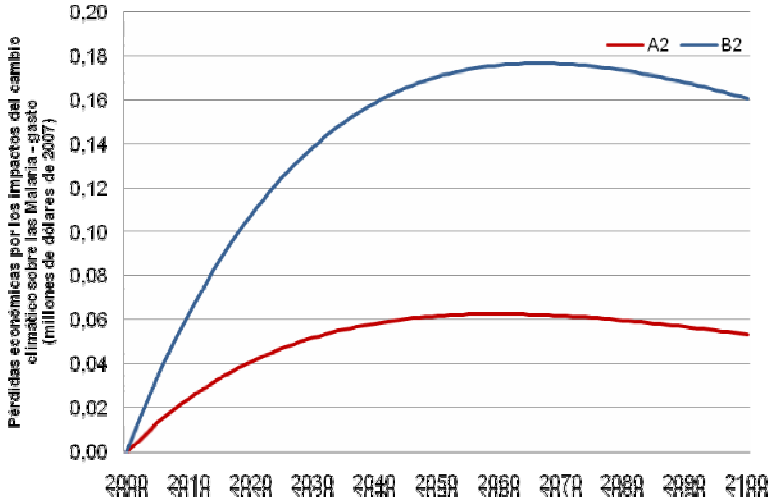
Gráfico 16: Pérdidas Monetarias por Gasto - IRA´s



Fuente: Elaboración propia.

A partir del Gráfico 16 se observa que para el caso de IRA's, se tiene una ganancia a través del tiempo hasta el año 2100 siendo el efecto positivo pero menor comparándolo con el año 2060 en ambos escenarios, siendo más beneficiados bajo el escenario A2.

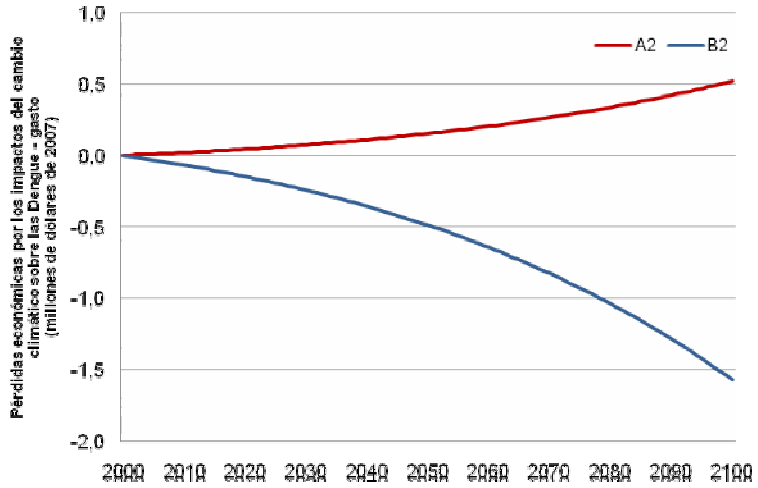
Gráfico 17: Pérdidas Monetarias por Gasto – Malaria



Fuente: Elaboración Propia.

Para el caso de la Malaria, a través del tiempo hasta el 2100 el Gráfico 17 muestra que se tiene perdida por el lado del gasto, siendo el año 2060 aproximadamente donde el gasto será mayor, a partir de este año decrece, sugiriendo una tendencia a desaparecer con el paso del tiempo.

Gráfico 18: Pérdidas Monetarias por Gasto – Dengue



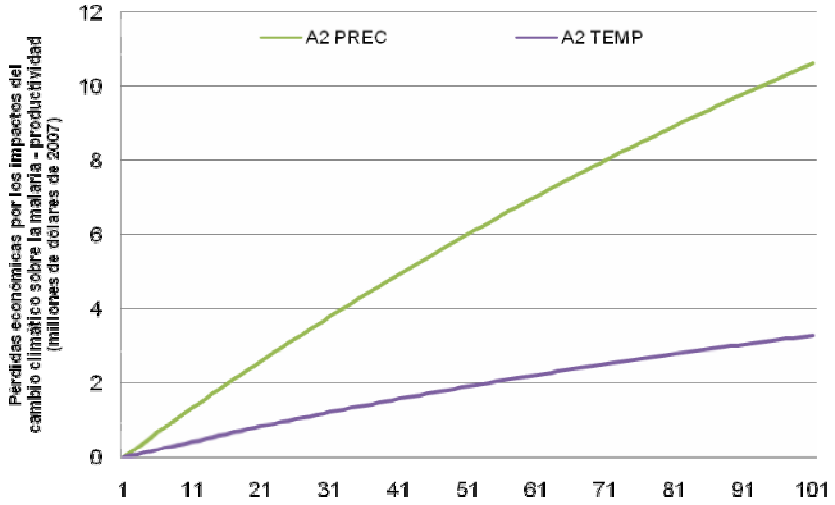
Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de dengue, en el Gráfico 18 se puede ver que bajo el escenario A2, se tienen perdidas por el lado del gasto que van incrementando a través del tiempo hasta el 2100, mientras que bajo el escenario B2 la situación es totalmente contraria habiendo una ganancia que se va incrementando a través del tiempo hasta el 2100.

10.3.2. Análisis nacional y temporal para el componente de la productividad y el gasto comparando el efecto de la precipitación y el de la temperatura en el escenario A2

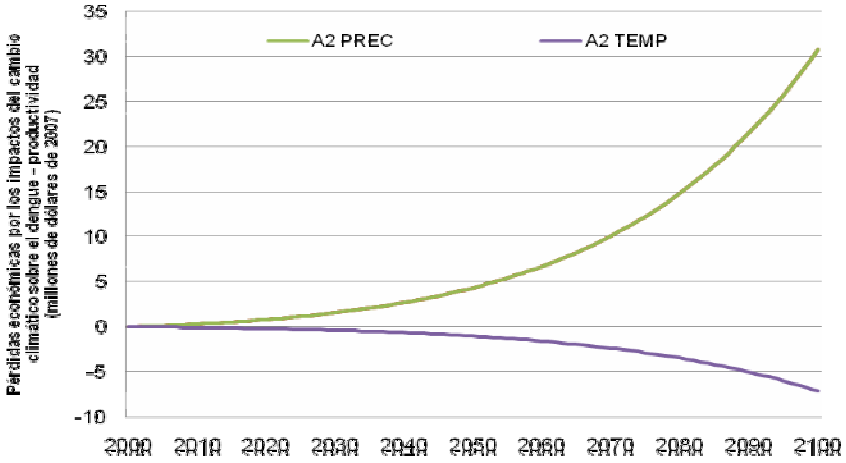
El Gráfico 19 muestra que el cambio en las precipitaciones tiene un efecto menor que el cambio de la temperatura para el componente de la Productividad a través del tiempo en el caso de la Malaria.

Gráfico 19: Pérdidas Monetarias por productividad – Malaria



Fuente: Elaboración propia.

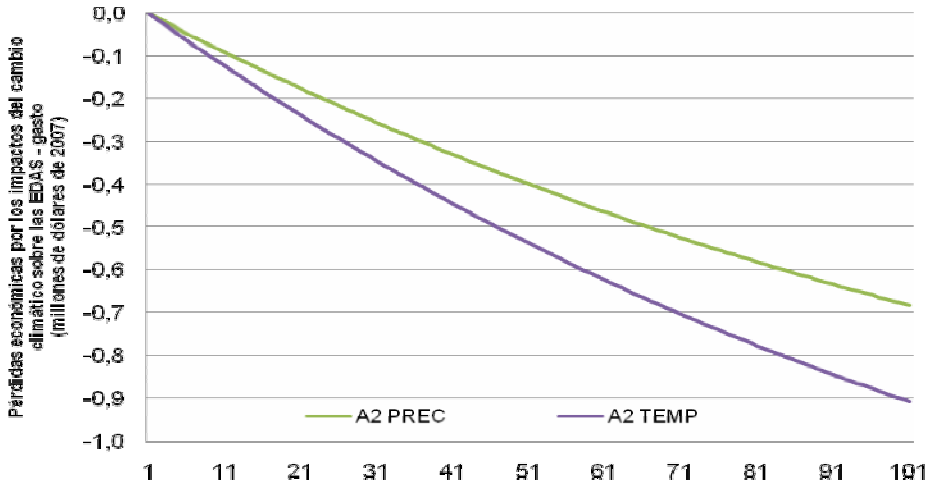
Gráfico 20: Pérdidas Monetarias por productividad – Dengue



Fuente: Elaboración propia.

En el caso del Dengue, el Gráfico 20 muestra que los cambios en la precipitación tienen efectos negativos debido a que ocasiona pérdidas económicas, mientras que cambios en la tempearura provoca ganancias.

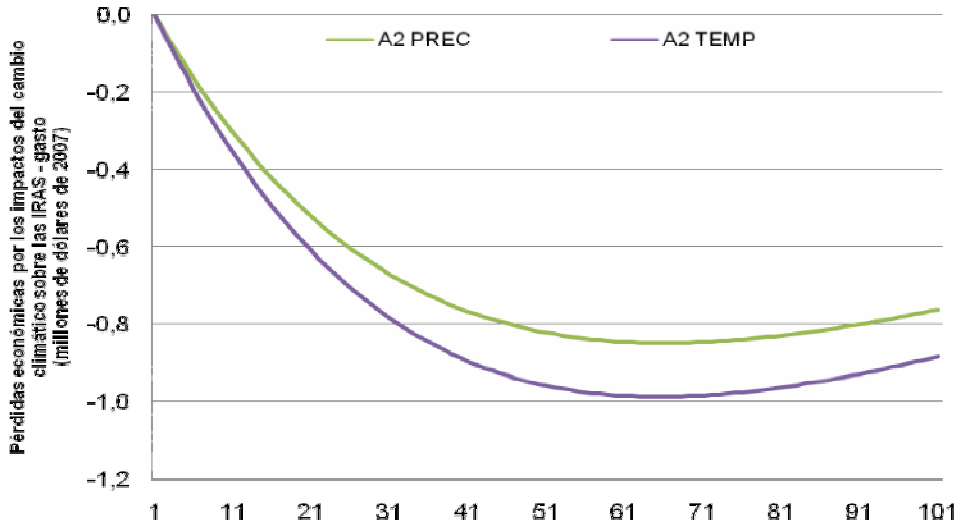
Gráfico 21: Pérdidas Monetarias por Gasto - EDA´s



Fuente: Elaboración propia.

Para el componente del gasto, el Gráfico 21 muestra que en las EDA´s tanto para cambios en temperatura como cambios en la precipitación los efectos son positivos, sin embargo el efecto de la temperatura causa mayores ganancias que el de la precipitación.

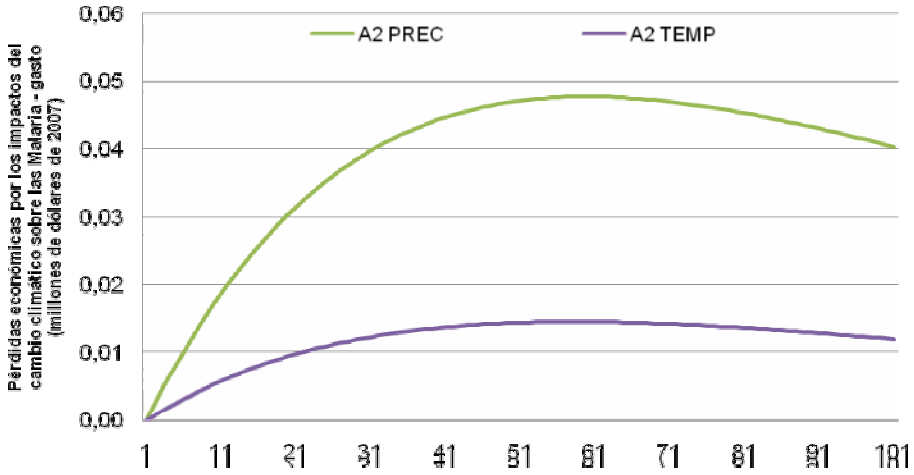
Gráfico 22: Pérdidas Monetarias por Gasto - IRA´s



Fuente: Elaboración propia.

Para las IRA´s, el Grafico 22 sugiere que los efectos de ambas variables van en la misma dirección. Ambos efectos producen ganancias, aunque el de la temperatura es mayor al que ocasiona la precipitación.

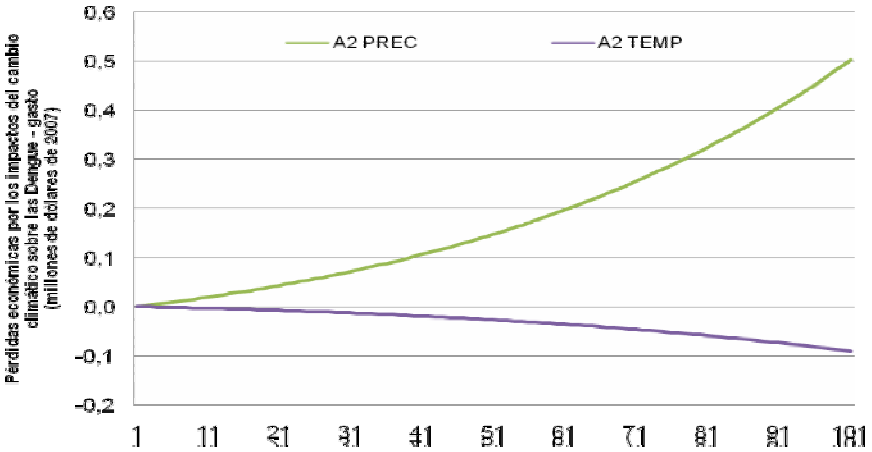
Gráfico 23: Pérdidas Monetarias por Gasto – Malaria



Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la Malaria, el Gráfico 23 muestra que ambas variables tienen un efecto negativo. Sin embargo, los cambios en la precipitación producen mayores pérdidas que los cambios en la temperatura.

Gráfico 24: Pérdidas Monetarias por Gasto – Dengue



Fuente: Elaboración propia.

En el caso del Dengue, el Gráfico 24 muestra quelos cambios en la temperatura disminuyen el gasto per cápita sin embargo para los cambios en la precipitación el efecto es contrario ocasionando un incremento del gasto.

10.4. Cálculo del Valor Presente

En esta sección se estiman las pérdidas económicas que las poblaciones locales sufrirían por el incremento de estas enfermedades atribuible al cambio climático. Dichas pérdidas fueron aproximadas a través del cálculo del gasto que representa el tratamiento de estas enfermedades y la pérdida de productividad laboral que se presenta (dengue y malaria). Los cálculos indican que las pérdidas atribuibles a la productividad en el caso de la malaria estarían en el orden de 0,007% del PIB del año 2100 y en el caso del dengue en el orden 0,015% del PIB el año 2100 a nivel nacional. En lo referido al gasto, los cálculos indican que las perdidas estarían en el orden del -0,001% en el caso de las EDA's; -0,001% en el caso de las IRA's, 0,00% en el caso de malaria y dengue del PIB el año 2100 a nivel nacional; lo que muestra que el efecto del cambio climático sobre la salud en términos monetarios será prácticamente inexistente.

Los cálculos del valor presente a partir de las pérdidas e incrementos del gasto, a diferentes tasas de descuento (0,5%, 2%, 4%, 12%) para el componente de la productividad, muestran que como porcentaje del PIB del 2007, estos valores presentes van desde 0,18% a 2,84% en el escenario B2 y de 0,07% a 1,05% en el escenario A2 para la Malaria. En el caso del Dengue oscilan de -0,05% a -2,04% en el escenario B2 y de 0,01% a 0,062% en el escenario A2, sin embargo en el caso de las EDA´s se obtiene el mayor porcentaje del PIB a una tasa de descuento de 0,5%.

Para el componente del gasto, los valores presentes como porcentaje del PIB del 2007 muestran que en todos los casos, para todas las tasas de descuentos estos están muy cercanos a 0,00%.

A fin de poder observar cual de las variables climáticas tiene un mayor impacto sobre la salud se construyeron dos escenarios: con cambio solo en temperatura escenario A2 y con cambio solo en precipitaciones escenario A2.

En el caso de la Malaria en el caso de pérdida de productividad, en el escenario con variación en temperatura como porcentajes del PIB oscilan entre 0,02% y 0,25% y para el escenario con cambio en precipitación van de 0,05% y 0,79%. Para el dengue, en el escenario con cambios en temperatura los porcentajes en el PIB oscilan entre -0,15% y 0.00% y en el escenario con cambio en precipitación de 0,01% y 0,62%.

Para el componente del gasto, los valores presentes como porcentaje del PIB en el escenario de cambio de temperatura muestran que para el caso de las EDA´s para todas las tasas de descuento estos están muy cercanos a 0,00%. Tanto para la Malaria como para el Dengue, para todas las tasas de descuento los valores se encuentran muy cercanos a 0,00%.

11.Conclusiones

En este estudio se ha mostrado que los cambios climáticos previstos por el modelo PRECIS hasta el año 2100 y los cambios esperados en las variables socioeconómicas y demográficas tendrán impactos positivos sobre el grado de riesgo de las enfermedades analizadas; sin embargo tal como se demuestra en el trabajo dichas impactos positivos no pueden atribuirse al cambio climático en el caso de las EDA's y la

Malaria, sino a mejoras en variables de orden socioeconómico y demográfico como son la tasa de urbanización y los años de educación que se esperan sucedan para el 2100. De hecho en el escenario sin cambio climático los resultados serían mucho más favorables para estas enfermedades.

Las variables climáticas fueron significativas en los modelos econométricos estimados y con los signos esperados.

Las proyecciones de los modelos sugieren que:

Para el caso de las IRA's, en el año base existen 103 municipios con un nivel muy alto de vulnerabilidad, para el 2100 sin cambio climático se esperaría que la situación se mantenga; sin embargo en el escenario con cambio climático se tendrían 76 municipios, lo que sugiere que los cambios climáticos tendrán un efecto positivo sobre la vulnerabilidad de esta enfermedad, lo cual es atribuible a que estas enfermedades tienen mayor propensión en zonas frías, las cuales aumentarían su temperatura según el modelo PRECIS.

En el caso del Dengue, en el año base se tienen 87 municipios que presentaron brotes de la enfermedad, concentrados principalmente en los departamentos de Santa Cruz y Beni; los modelos predicen que los cambios climáticos disminuirán el riesgo de la enfermedad en estos departamentos, pero la incrementarán en los municipios que en el año base no presentaron casos. Por ejemplo, el Departamento de Cochabamba pasa de 2 municipios en el año base a 11 en el 2100. Esta situación puede ser atribuida al incremento en la temperatura en zonas frías y por el otro lado a que el excesivo calor de otras zonas provoquen que estas no sean las ideales para el desarrollo de la enfermedad.

Finalmente, para la malaria en el año base se tienen 135 municipios de alta vulnerabilidad a la enfermedad, para el 2100 sin cambio climático

se espera que sólo 1 municipio tenga vulnerabilidad alta (Presto en Chuquisaca), y lo mismo sería la situación en el escenario con cambio climático, por lo que la disminución de la vulnerabilidad de esta enfermedad no puede atribuirse al cambio climático sino a las variables de control, en especial de los años de educación.

Las pérdidas económicas fueron aproximadas a través del cálculo del gasto que representa el tratamiento de estas enfermedades y la pérdida de productividad laboral que se presenta (dengue y malaria). Los cálculos indican que las pérdidas atribuibles a la productividad en el caso de la malaria estarían en el orden de 0,007% y en el caso del dengue en el orden 0,015% del PIB el año 2100 a nivel nacional. En lo referido al gasto, los cálculos indican que las perdidas estarían en el orden del -0,001% en el caso de las EDA's; -0,001% en el caso de las IRA's, 0,00% en el caso de malaria y dengue del PIB el año 2100 a nivel nacional; lo que muestra que el efecto del cambio climático sobre la salud en términos monetarios será prácticamente inexistente.

También se muestra que salvo los departamentos de Santa Cruz, Beni y Pando, todos los demás tendrán pérdidas en lo referente a la productividad atribuible al dengue. En lo referido a la Malaria salvo Beni y Pando, todos los demás tendrán pérdidas.

En el componente del gasto, se observan pérdidas en todos los departamentos, menos en Santa Cruz, Beni y Pando en el caso del Dengue y Pando en el caso de Malaria. Por otro lado, se observan ganancias en todos los departamentos, menos en Tarija tanto para EDA's como IRA's. Sin embargo, es muy importante mencionar que dichas ganancias o pérdidas son pequeñas en términos relativos.

Finalmente se recomienda que aunque, aparentemente los cambios climáticos y los cambios en las variables socioeconómicas y

demográficas muestran efectos relativamente positivos sobre la salud en Bolivia es esencial implementar políticas que estén enfocadas a la educación y a la implementación de servicios de salud (relacionadas a la urbanización) que cuando se hicieron presentes sobrepasaron los efectos negativos que pueden tener los cambios climáticos.

Asimismo, se recomienda poder validar los resultados con otros modelos de predicción de cambio climático.

12. Referencias Bibliográficas

Acción Internacional por la Salud Bolivia. (2007). Boletín N 11: Tos y Resfrío: Remedios Eficaces. *Trabajando por una Mejor Salud* . AIS.

Andersen, L. (2009). *Cambio Climático en Bolivia: Impactos sobre Bosque y Biodiversidad.* La Paz - Bolivia: INESAD.

Andrade, M. (2010). *Análisis del clima futuro utilizando el Modelo Regional PRECIS*. Universidad Mayor de San Andrés, Laboratorio de Física de la Atmosfera, Instituto de Investigaciones Físicas.

El Observador Global. (2009). *El cambio climático expande el Dengue*. Obtenido de Observador Global: http://observadorglobal.com

Greene, W. (1993). *Econometric Analysis.* Nueva York: MacMillan.

Institute of Social Studies. (2005). *Análisis Costo Efectividad para la educación primaria en Bolivia: Hacia una gestión de resultados.* Bolivia: ISS.

Instituto de Estudios Avanzados en Desarrollo. (2009). *Compendio de Información Estadística.* La Paz - Bolivia: INESAD.

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2002). *Censo Nacional de Población y Vivienda 2001*. La Paz - Bolivia: INE.

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2003). *Mejoramiento de Encuestas y medición de las condiciones de vida de la población (MECOVI 1999-2002)*. La Paz - Bolivia: INE.

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2004). *Encuesta Nacional de Demografía y Salud (ENDSA 2003)*. La Paz - Bolivia: INE.

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2005a). *Bolivia: Proyecciones de población por provincias y municipios según sexo y grupo de edad, periodo 2000-2010*. La Paz - Bolivia: INE.

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2005b). *Encuesta Continua de Hogares (ECH 2003 - 2004)*. La Paz - Bolivia: INE.

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2005c). *Encuesta de Presupuestos Familiares (EPF 2003 - 2004)*. La Paz - Bolivia: INE.

Instituto Nacional de Estadística (INE) y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2005). *Bolivia: Atlas Estadístico de municipios*. La Paz - Bolivia: INE/PNUD.

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2009). *Compendio de Información Estadística Municipal*. La Paz - Bolivia: INE.

Jemio, L. C., & Andersen, L. (2009). *La Economía Boliviana en el Siglo XXI: Un escenario base elaborado con la ayuda de un Modelo de Equilibrio General Computable (BOLIXXI)*. La Paz - Bolivia: INESAD.

Jornada. (24 de Marzo de 2007). *Calentamiento global aviva riesgo de epidemias en América del Sur*. Obtenido de http://www.jornada.unam.mx

Long, S., & Freese, J. (2006). *Regression Models for Categorical Depending Variables Using Stata*. Indiana: Stata Press.

Ministerio de Salud y Deportes de Bolivia. (2009). *Informes Epidemiológicos 22 al 36*. Obtenido de SNS: http://www.sns.gov.bo

Ministerio de Salud y Deportes de Bolivia. (2009). *Plan Estratégico Instituciional 2008-2012*. Obtenido de SNS: http://www.sns.gov.bo

Naciones Unidas. (2009). *Intergovernmental Panel on Climate Change*. Obtenido de http://www.ipcc.ch/

Naciones Unidas. (1998). *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Obtenido de United Nations Framework Convention on Climate Change: http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf

Olano, V., Carrasquilla, G., & Méndez, F. (1997). Transmisión de la malaria urbana en Buenaventura, Colombia: aspectos entomológicos. *Revista Panamericana de Salud Pública , 1* (4), 287-294.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2006). *Preventing disease through healthy environments: Towards an estimate of the environmental burden of disease*. Obtenido de OMS: http://www.who.int

Organizacion Mundial de la Salud (OMS). (2009). *The World Malaria Report 2009*. Obtenido de WHO: http://www.who.int/malaria/en/

Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2009). *Informes: Programa Regional de Dengue*. Obtenido de OPS: http://www.paho.org

Programa de Naciones Unidad para el Desarrollo (PNUD). (2008). *Informe del IDH: Varios Años*. La Paz - Bolivia: PNUD.

Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2007). *Informe de Objetivos del Milenio*. La Paz - Bolivia: PNUD.

Programa Mundial de Alimentos (PMA). (2008). *Diagnóstico, modelo y atlas municipal de seguridad alimentaria en Bolivia* (Vol. Sistema de Información Gerencial de Seguridad Alimentaria). (O. Molina Tejerina, Ed.) La Paz, Bolivia: PMA.

Sierra, P. (1998). Actualización del control de la enfermedad diarreica aguda en pediatría. Prevención, Diagnóstico y Tratamiento. *Revista de Pediatría , 33* (3).

Sistema Nacional de Información en Salud. (2009). *Compendio del Sistema de Información en Salud y Registros Administrativos*. La Paz - Bolivia: SNIS.

Sotillo, R. (2000). *Efectos del Cambio Climático sobre la Salud*. Obtenido de Capital Emocional: http://www.capitalemocional.com

Stern, N. (2006). *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Reino Unido: Cambridge University Press.

Timmermann, A., Oberhuber, J., Bacher, A., Esch, M., Roeckner, M., & Latif, E. (1999). Increased El Niño frequency in a climate model forced by future greenhouse warming. *Nature , 398*, 694-697.

Train, K. (2002). *Discrete Chioce Methods with Simulation*. Estados Unidos de América: Cambridge University Press.

Travin, C. (2005). *Microeconometría Aplicada*. Estados Unidos de América: Cambridge University Press.

Yañez, E. (2002). Qué explica la desigualdad en la distribución del ingreso en lñas áreas urbanas de Bolivia: un análisis a partir de un modelo de microsimulación. *Revista de Análisis Económico , 19* (3).