

# El impacto del cambio climático en la salud humana en la Cuenca de los ríos Mauri y Desaguadero (Altiplano central boliviano)

## The impact of climate change on human health in the Basin of the rivers Mauri and Desaguadero (Bolivian Altiplano Central)

Paola A. Alvizuri Tintaya\*  
Paula Pacheco M.\*\*

### Resumen

Este artículo presenta una primera visión del impacto que los eventos meteorológicos extremos (variable clima) podrían tener en las enfermedades infecciosas prevalentes (variable salud) en los menores de cinco años en la Cuenca de los ríos Mauri y Desaguadero. Para ello, se realiza un cruce de la información disponible sobre ambas variables. Los resultados de este estudio se completaron con observaciones de las tendencias en clima y sa-

\* Consultora de Agua Sustentable. Contacto: paopao\_alvizuri@hotmail.com

\*\* Responsable departamental de Agua Sustentable. Contacto: paula@aguasustentable.org

lud, no tomando en cuenta variables socioeconómicas que podrían incidir de manera importante. Además, se efectuaron encuestas para conocer la percepción de la población acerca de la relación entre salud y variable climática, cuyos resultados coinciden con el resultado del cruce.

**Palabras clave:** Cambio climático y salud, enfermedades infecciosas, eventos meteorológicos extremos y cruce de variables.

## Abstract

This article presents a first glance at the impact of extreme weather events (variable climate) on the prevalent infectious diseases (health variable) in children under five years along the basin of the rivers Mauri and Desaguadero. The author crosses available information on both variables. The results of this study were complemented by observations of trends in climate and health, not considering socioeconomic variables that could have main influence. In addition, surveys were conducted to understand the perception of the public about the relationship between health and weather, results of which coincide with the crossing study.

**Keywords:** Climate change and health, infectious diseases, extreme weather events and crossing of variables.

## 1. Introducción

Durante los últimos 50 años, la actividad humana, en particular el consumo de combustibles fósiles, ha liberado cantidades de CO<sub>2</sub> y de otros gases de efecto invernadero suficientes para retener más calor en las capas inferiores de la atmósfera, alterando el clima mundial y generando un impacto en diferentes áreas, entre éstas la salud humana (OMS, 2014). En los últimos cien años el mundo se ha calentado aproximadamente 0,75 ° C, y durante los últimos 25 años el proceso se ha acelerado, cifrándose ahora en 0,18 ° C por década (Met Office, 2008).

El Altiplano Central Boliviano es una región donde las presiones relacionadas con el clima han aumentado y seguirán en aumento, debido a la variación e imprevisibilidad climática. Con el tiempo esto provocará significativos impactos en el uso de la tierra, los sistemas de producción, la infraestructura y la salud de las comunidades rurales (Agua sustentable, 2013). Los efectos del cambio

climático en la salud humana son influenciados por la variable socioeconómica y el desarrollo; por tanto, estos efectos no se pueden separar de otros cambios globales, como el crecimiento poblacional, los cambios de uso de suelo y el acceso al agua potable, que por sí mismos ya tienen implicaciones en la salud humana, los mismos que se magnifican con los impactos del cambio climático (Haines, Kovats, Campbell-Lendrum y Corvalan, 2006).

Actualmente la Cuenca de los ríos Mauri y Desaguadero es un área influenciada por varios factores, como: altas tasas de mortalidad infantil, elevados índices de pobreza, inseguridad alimentaria en toda la cuenca, servicio de salud con dificultad de acceso e insuficiente número de personal capacitado y falta de cobertura de agua potable. Los anteriores problemas, asociados al impacto del cambio climático, generan una vulnerabilidad en la cuenca y la necesidad inminente de planificar estrategias de adaptación, a fin de conservar su medio de vida.

Si bien los métodos para describir y medir las incidencias del cambio climático sobre la salud humana aún se encuentran en una de las primeras etapas de desarrollo, y existen muchas incertidumbres al respecto, son importantes para proporcionar un marco y un primer conjunto de directrices para la evaluación de los impactos en la salud, con el fin de que las poblaciones cuenten con herramientas adecuadas para hacer frente a esta nueva amenaza (Campbell-Lendrum, 2007).

Para desarrollar una investigación que relacione las condiciones climáticas con la propagación de enfermedades infecciosas existen tres categorías: la primera está dirigida al análisis de las pruebas científicas existentes acerca de la relación entre la variabilidad climática y la frecuencia de las enfermedades infecciosas en el pasado reciente; la segunda, estudiando los indicadores tempranos de repercusión del cambio climático que se manifiesta en las enfermedades infecciosas; y la tercera y última categoría está dirigida a la utilización de los resultados y relaciones encontradas en la creación de modelos predictivos que permitan estimar la carga futura de las enfermedades y alertar sobre los brotes epidémicos (Ebis y Patz, 2002; Ortiz, Rivero, Pérez y Morgado Ortiz, 2006). Este estudio se basa en la primera categoría de investigación, relacionando la información disponible sobre eventos meteorológicos extremos con el número de casos de las enfermedades infecciosas prevalentes en menores de 5 años, durante los últimos 12 años.

Existen varias limitaciones de información acerca del área estudiada. Primero, respecto a la información climática, el problema es que no existen muchas

estaciones meteorológicas de la red del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) en la cuenca, y por tanto la información es dispersa. Segundo, con respecto a los datos de salud, el principal problema es que los registros no están disponibles ni ordenados, ni tampoco hay una cultura informativa que permita llevar un buen registro de las enfermedades.

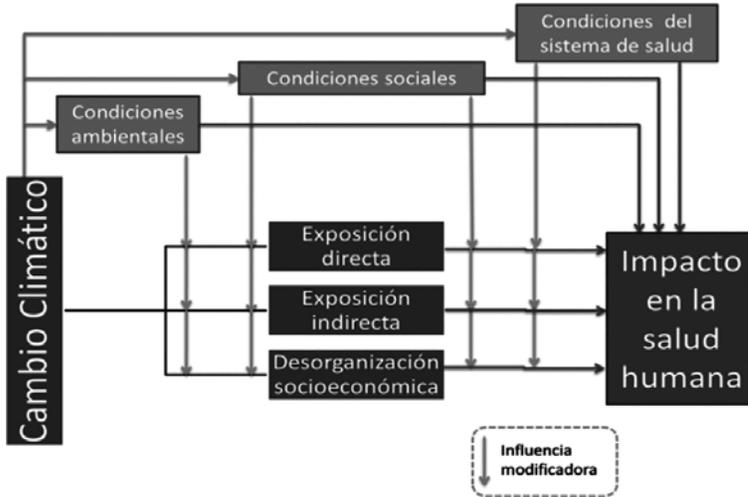
Este artículo científico, se llevó a cabo con la ayuda del Centro de Investigaciones para el Desarrollo Internacional, con sede en Ottawa, Canadá, en el marco del proyecto de “Investigación participativa y desarrollo de planes de inversión y adaptación ante el cambio climático (Bolivia, Altiplano Central)”.

## 2. Relación entre cambio climático y salud humana

Según el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 1997), se ha llegado a la conclusión de que el impacto real del cambio climático en la salud dependerá mucho de las condiciones socioeconómicas de los países, así como de sus capacidades de adaptación social, institucional, tecnológica y de comportamiento, orientadas a reducir el conjunto de amenazas para la salud humana. Observando los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) se ha afirmado que la relación entre cambio climático y salud humana puede ser compleja y difícil de establecer y demostrar, ya que en el fenómeno tiene que ver un amplio conjunto de factores (CEPAL, 2010), tal como se refleja en la Figura 1.

El informe más reciente del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático confirma que hay pruebas de que el clima mundial está afectando a los seres humanos, y destaca una amplia variedad de consecuencias para la salud humana (OMS, 2013). Por lo tanto, se entiende que el cambio climático es un desafío para la salud y el bienestar humano, pudiendo los efectos ser tanto directos como indirectos. Los primeros son el resultado de la exposición de la población a condiciones climáticas extremas, como el estrés térmico (olas de calor o frío) o los desastres meteorológicos (heladas, granizadas, inundaciones y sequías). Los efectos indirectos se relacionan con las influencias climáticas en la propagación de enfermedades transmitidas por vectores, por el agua y por los alimentos (CEPAL, 2010; Feo, Solano, Beingolea, Aparicio y Villagra, 2009).

Figura 1. Diagrama de vías por las que el cambio climático afecta a la salud humana



Fuente: Confalonieri *et. al* (2007: 396).

Según Cerda (2008), la sobrevivencia persistente de microorganismos causantes de enfermedades está directamente influenciada por la temperatura. Por lo tanto, es presumible que la carga de enfermedades por patologías se incrementa, en la medida en que el cambio climático se intensifique, afectando mayoritariamente a naciones en vías de desarrollo, ya que éstas se encuentran en escenarios mucho más vulnerables. Entre las diversas enfermedades sensibles al clima se encuentran las que repercuten con mayor intensidad en menores de cinco años; se trata de enfermedades infecciosas y transmitidas por vectores, como el dengue, la malaria, enfermedades diarreicas agudas (EDAs) e infecciones respiratorias agudas (IRAs) (PNCC, 2007a).

### 3. Impacto del cambio climático en el Altiplano boliviano

El cambio climático observado en las últimas décadas ha tenido distintas repercusiones en los ecosistemas. La mayor frecuencia de eventos meteorológicos extremos ha impactado en diferentes aspectos de la vida humana, entre ellos la salud (PNUD y RED PROCOSI, 2013). A continuación, en la figura 2, se expone más claramente lo anterior:

Figura 2. Cambio climático, alteraciones en los ecosistemas e impacto en la salud



Fuente: elaboración propia con base en Feo *et al.* (2009)

Históricamente, el Altiplano boliviano ha sido susceptible a eventos meteorológicos extremos en forma periódica. Sin embargo, en los últimos años la frecuencia y magnitud del daño causado por eventos climatológicos se ha incrementado (OXFAM Internacional, 2009a). De igual forma, los reportes del Viceministerio de Defensa Civil muestran una tendencia al aumento de la recurrencia de eventos climáticos y situaciones de emergencia en los últimos años. La inundación tiene un mayor número de casos reportados, en particular a partir del año 2006. Del mismo modo, sequías, heladas y granizadas son eventos más recurrentes y coinciden con fenómenos registrados en Bolivia como “El Niño”. Según el VIDECI-INE (PNUD, 2011), el estudio “Bolivia, cambio y variabilidad climática, pobreza y adaptación” expone que las poblaciones rurales son probablemente las más afectadas por el cambio climático y sus impactos (OXFAM Internacional, 2009b).

El Altiplano Central de Bolivia, al igual que otros países en desarrollo de bajos ingresos, se encuentra en una situación sanitaria de alta morbilidad, particularmente en lo que se refiere a su población menor de cinco años. Pese a los avances conseguidos por el país en el tema, aún no se registran las reducciones necesarias en la incidencia y prevalencia de las enfermedades. Las Encuestas Nacionales de Demografía y Salud (ENDS, 2008) continúan señalando elevadas cifras de morbilidad en la niñez, y las principales causas de ésta son las enfermedades diarreicas agudas (EDAs), seguidas de las infecciones respiratorias agudas (IRAs) y las afecciones neonatales (PNCC, 2007b). Observando lo anterior y sabiendo además que los riesgos climáticos relacionados con enfermedades han sido temas estudiados por varios investigadores a nivel mundial (McMichael, Woodruff y Hales, 2006), se concluye que el estudio del impacto del cambio climático en la salud de los menores de cinco años en la Cuenca de los ríos Mauri y Desaguadero reviste mucha importancia.

## 4. La Cuenca de los ríos Mauri y Desaguadero

El área de estudio de esta investigación es la Cuenca de los ríos Mauri y Desaguadero, en el Altiplano central de Bolivia; su superficie es de 3.782 km<sup>2</sup>. Se trata de un espacio en el que se articulan dos ríos, el Mauri, que nace en las repúblicas de Perú y Chile, y el Desaguadero, que nace en el Lago Titicaca y del cual el primero es su principal afluente. Forman parte del sistema TDPS (Titicaca, Desaguadero, Poopó y Salares), que drena las aguas del altiplano central, abarcando al extremo sur del departamento de La Paz y el noreste del departamento de Oruro (Agua Sustentable, 2008).

El clima de esta cuenca se caracteriza por condiciones semiáridas y bajas temperaturas; la temperatura media anual varía entre 2° y 8° C, con valores máximos de 5° a 17° C y valores mínimos de -3° a -10°C. La principal variable que influye en la temperatura es la altitud; en las cumbres que superan los 6.000 msnm, la temperatura media anual puede caer por debajo de los -12° C (Rojas, 2013).

## 5. Métodos de trabajo

Como se explicó anteriormente, la relación entre clima y salud es difícil de establecer, ya que los factores que inciden sobre la salud de una población son muchos. En este estudio se dejarán de lado los factores que se sabe que inciden en la salud, con el fin de centrarse en el factor clima, el cual podría estar ejerciendo un impacto negativo en la salud de los menores de 5 años en la cuenca.

El incremento y la intensificación de los eventos meteorológicos extremos que se han producido en las últimas décadas, fenómeno ocasionado por el cambio climático, es un factor que estaría provocando vulnerabilidad en las poblaciones de la cuenca de los ríos Mauri y Desaguadero. Para estudiar este problema se ha usado dos variables (salud y clima). Previamente se realizó una revisión informativa en los PDMs (Planes de Desarrollo Municipal) de los 36 municipios que conforman la Cuenca. Por un lado, para determinar la variable salud se revisó el apartado de salud, identificando cuáles son las enfermedades prevalentes en los menores de cinco años. Por otro lado, la variable clima se buscó en el apartado de riesgos climáticos, determinando los eventos meteorológicos extremos más recurrentes del área del estudio.

El periodo de tiempo estudiado comprende de 2001 a 2012 (pasado reciente), debido a que ésta es la disponibilidad de información con la que se cuenta en el

país. Las fuentes de información para ambas variables (clima y salud) fueron el registro histórico de eventos extremos ocurridos que tiene el Ministerio de Defensa de Bolivia y los archivos del Sistema Nacional de Información en Salud (SNIS), respectivamente. En esta parte del estudio ya se observaron muchas limitaciones, ya que los registros, tanto de enfermedades como de ocurrencia de eventos meteorológicos, no son completos, y tampoco tienen un alto grado de confiabilidad.

Se imposibilitó la elaboración de un modelo matemático genérico para todos los municipios de la cuenca, que sirva de base para el análisis de vulnerabilidad de la misma debido a que la data disponible sobre la variable salud es muy dispersa e incompleta lo cual dificultó su sistematización. Con respecto a la variable clima, se sabe que éste no es el único factor que incide sobre la salud humana; por lo tanto, no se puede tomar como único en la realización de un modelo matemático.

Después de recopilar y sistematizar los datos, y al no poder realizarse un modelo matemático, como se expuso anteriormente, se procedió a buscar otras alternativas para probar la incidencia del cambio climático en la salud humana. Finalmente, se procedió a realizar un cruce de variables, para poder demostrar el impacto de los eventos en la salud de los menores de cinco años de la cuenca, dejando de lado otros factores que inciden sobre la salud, obteniendo así la relación salud-clima buscada. Efectuando un análisis a los resultados del cruce se expuso al municipio más vulnerable.

Para completar el resultado hallado, la relación entre el cambio climático y la salud, se realizó una observación de las tendencias existentes en salud y clima en el municipio identificado como más vulnerable. Finalmente, se hizo un trabajo de campo (encuestas), con el fin de mostrar que la percepción de los pobladores es congruente con el resultado encontrado por este estudio.

La sistematización de la información producto del cruce de variables, los gráficos de dispersión de las tendencias tanto de salud como de clima, y los circulo-logramas, se realizaron con la hoja de cálculo Excel para Windows 7, mientras que el análisis espacial y mapas de la cuenca se realizaron con el programa Arcgis 10.2.

## 5.1. Cruce de variables

El cruce de variables se realizó con el objetivo de obtener una visión acerca de la relación salud-clima, para efectuar un análisis de vulnerabilidad en la cuenca e identificar el municipio más vulnerable. El modelo del cruce se basó en un modelo epidemiológico para enfermedades infecciosas, actualmente utilizado por el Servicio Nacional de Información en Salud (SNIS) de Bolivia, el cual utiliza pruebas científicas del pasado reciente (registros nacionales) para observar el comportamiento de las enfermedades a través del tiempo. Al modelo base se le añadió la variable climática (eventos meteorológicos extremos), convirtiéndolo en un modelo de cruce entre dos variables, en el cual se observa la incidencia o no incidencia de los eventos meteorológicos extremos sobre el número de casos de enfermedades durante la aparición de dichos eventos.

Teniendo la data ordenada y sistematizada por mes y año de los casos de las enfermedades para cada municipio, se designó a los eventos con tonalidades de gris, para su fácil diferenciación e identificación en el modelo del cruce. En la figura se muestra un ejemplo del modelo del cruce de variables, cómo se distribuyeron los datos de las enfermedades y cómo se ubicaron los eventos meteorológicos extremos de acuerdo a su periodo de aparición.

Figura 3. Ejemplo del modelo para el cruce de las variables y caracterización de los eventos

Años	Meses		
	Ene.	Feb.	Mar.
2004	296	253	272
2005	183	162	192
2006	210	161	259
2007	194	170	391
<b>Promedio histórico</b>	<b>194,8</b>	<b>173,9</b>	<b>255,4</b>
<b>Evento 1</b>	<b>Evento 2</b>	<b>Evento 3</b>	<b>Evento 4</b>

Fuente: Elaboración propia

Para denotar si un evento meteorológico extremo tuvo incidencia, es decir, si fue un factor más que se sumó para que el número de casos de la enfermedad se incrementara, se comparó el número de casos durante la aparición del evento y la media histórica para ese periodo de tiempo.

Figura 4. Determinación de la posible repercusión de eventos meteorológicos extremos en la cantidad enfermedades prevalentes

<b>X</b>	<b>&lt; ó &gt;</b>	<b>P</b>
----------	--------------------	----------

Fuente: Elaboración propia

Cuando el número de casos “X” durante la aparición del evento es mayor a la media histórica “P”, se afirmó que el evento sí tuvo repercusión en la salud de los menores de cinco años durante su aparición; de lo contrario, se negó lo anterior. Se realizó el mismo análisis para todos los eventos ocurridos durante el periodo comprendido entre 2001 y 2012, y se obtuvo sumatorias, las cuales son el número de eventos que sí repercutieron en el aumento del número de casos de las enfermedades. Los resultados obtenidos (sumatorias) fueron la base para identificar el municipio más vulnerable al impacto de los eventos meteorológicos extremos sobre el número de casos de las enfermedades prevalentes en los menores de cinco años.

## 5.2. Encuestas de percepción

Las encuestas fueron diseñadas con el objetivo de exponer únicamente la percepción de los pobladores acerca de la relación salud-clima. Este trabajo de campo se efectuó en el municipio encontrado como el más vulnerable. De acuerdo a Campodónico (2005), parte fundamental de un estudio estadístico de cualquier tipo es la utilización de las propiedades y características de una muestra válida que permitan luego hacer afirmaciones que afectan o inciden sobre el conjunto de una población, grupo o universo en general. Dos de estas características básicas tienen que ver principalmente con el tamaño de la muestra y con la manera de obtenerla. La fórmula general que relaciona el tamaño de la muestra (n) con el tamaño de la población (N) es la siguiente:

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{(E^2 * N) + (p * q * Z^2)} \quad (1)$$

Dónde:

Z: es el grado de confianza

p: es la variabilidad

q: 1-p

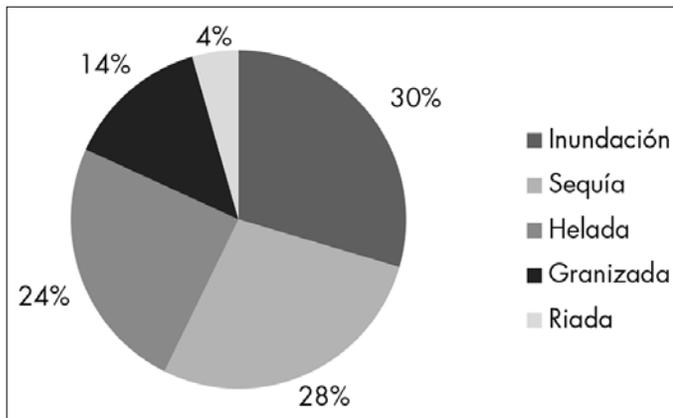
E: el error muestral

Para el cálculo del tamaño muestral, se reemplazó en la ecuación (1) las variables independientes, es decir: el producto de  $p$  y  $q$  por 0.25, un  $E$  del 5% y un  $Z$  igual a 1.96, lo cual representa un nivel de confianza de 95%. También se reemplazó la variable dependiente ( $N$ ), tamaño de población, el cual refleja la cantidad de familias con hijos que hay en el municipio más vulnerable.

## 6. Resultados

Al realizar la revisión de los Planes de Desarrollo Municipal, se pudo identificar que las enfermedades prevalentes en los menores de cinco años en el área de la Cuenca de los ríos Mauri y Desaguadero son EDAs e IRAs, debido a que están listadas en primer lugar en el apartado de salud de los PDMs; esto en los 36 municipios que conforman la cuenca. Por otro lado, la revisión de la información existente sobre riesgos climáticos permitió identificar cuatro eventos meteorológicos extremos como los más recurrentes en el área de la cuenca: sequías, inundaciones, granizadas y heladas. El área del estudio durante el periodo comprendido entre 2001 y 2012 fue susceptible a 543 eventos: expresado en porcentajes, las inundaciones representaron al 30% de esta suma; las sequías, el 28%; las heladas, el 24%; y las granizadas, el 14%. A estos datos hay que agregar el 4% de riadas (González, 2014).

Figura 5. Tipos de eventos extremos ocurridos entre 2001 y 2012

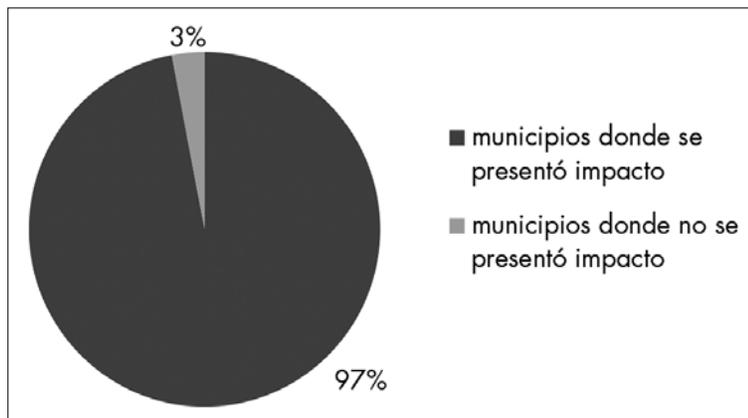


Fuente: Elaboración propia

Por medio del cruce de variables efectuado, se corroboró la incidencia esperada del cambio climático sobre la salud del sector de la población más vulnerable, ya que se demostró que las variables meteorológicas, producidas por la varia-

bilidad climática, son un factor que influye en el aumento de casos de enfermedades prevalentes (EDAs e IRAs), en los menores de cinco años. Lo anterior se refleja en el 97% de municipios de la zona; esto quiere decir que existe un impacto en 35 de los 36 municipios de la cuenca.

Figura 6. Impacto del cambio climático en la salud de los menores de cinco años en los municipios de la Cuenca de los ríos Mauri y Desaguadero

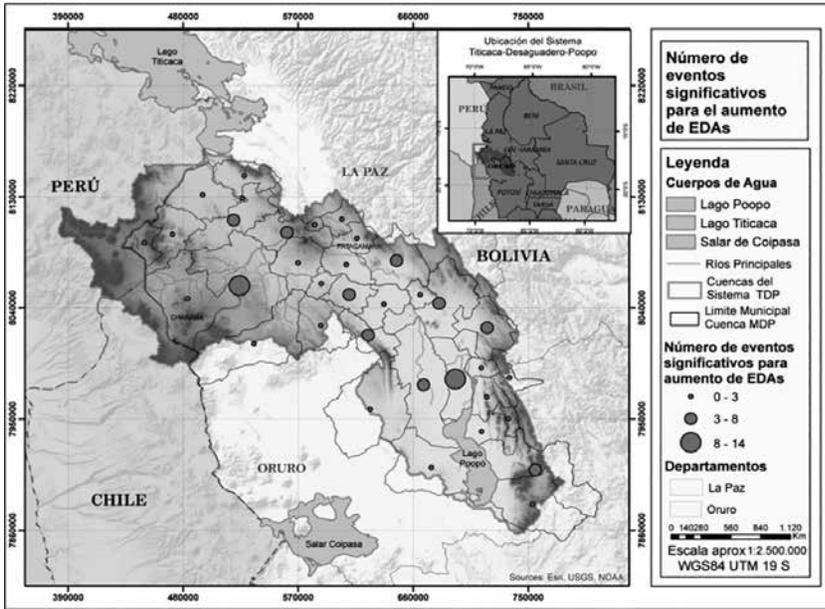


Fuente: Elaboración propia

El municipio en el cual no se presentó ningún tipo de aumento en el número de casos de las enfermedades (EDAs e IRAs) durante la aparición de un evento meteorológico, fue Ayo Ayo, ubicado en el departamento de La Paz. Al respecto se puede señalar que, al ser el único municipio en el cual no se presentó un impacto sobre el sector salud, pudo existir una carencia u omisión de información, lo cual provocó este resultado incierto.

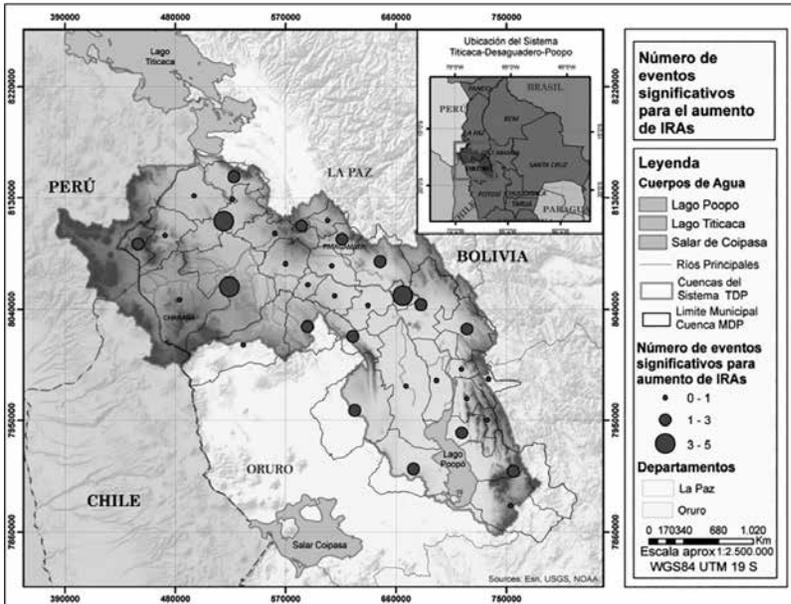
Los resultados obtenidos revelan que no todos los municipios tienen el mismo nivel de vulnerabilidad al impacto de los eventos extremos (sequías, heladas, inundaciones y granizadas) en el número de casos en EDAs e IRAs. Hay municipios con resultados que duplican y hasta cuadruplican los resultados de otros. Los municipios con resultados más altos en EDAs son: Caquiaviri, Sica Sica (subcuenca del Desaguadero) y Calacoto (subcuenca del Mauri), mientras que para IRAs son Caracollo, Soracachi (subcuenca del lago Poopó), Caquiaviri (subcuenca del río Desaguadero) y Calacoto (subcuenca del río Mauri).

Figura 7. Eventos meteorológicos extremos que tuvieron una incidencia en el aumento de EDAs en los municipios de la Cuenca



Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Eventos meteorológicos extremos que tuvieron una incidencia en el aumento de IRAs en los municipios de la Cuenca



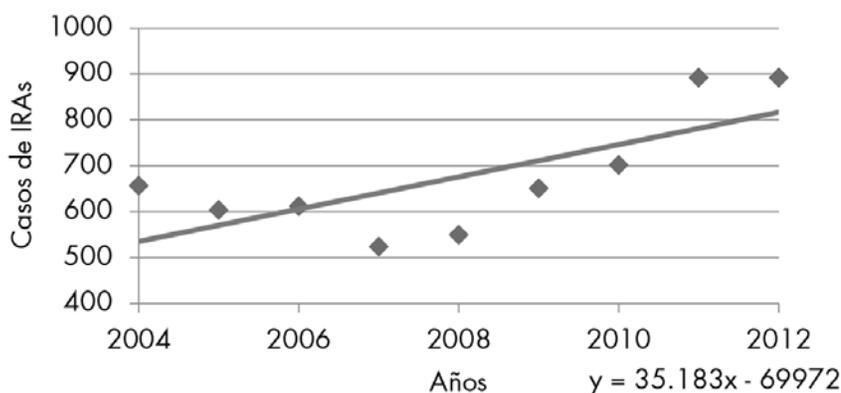
Fuente: Elaboración propia

Los resultados expuestos en los mapas anteriores son la base del análisis de vulnerabilidad en la Cuenca de los ríos Mauri y Desaguadero. Se observa claramente que los municipios más vulnerables son tres: Caquiaviri, Calacoto y Caracollo. De ellos, el municipio de Calacoto, ubicado en el departamento de La Paz, resulta ser el más vulnerable, ya que se produjeron 14 eventos incidentes meteorológicos que han incidido en el aumento de EDAs y 5 en el de IRAs. Un análisis epidemiológico de esta magnitud se puede llevar a cabo si hay recursos disponibles y los datos son suficientes y de calidad. Esto teniendo en cuenta que existen otros factores que también interactúan en el tema (OMS/FAO, 2003).

Para completar el resultado obtenido del supuesto impacto del cambio climático en la salud, se hizo una observación de las tendencias de las variables climáticas y de salud del municipio identificado como el más vulnerable. Se comprobó la existencia de una tendencia al crecimiento de la presencia de IRAs, lo cual refleja su aumento a través del tiempo. Y lo mismo pasa en el caso de la tendencia de ocurrencia de heladas. Esto comprueba la relación proporcional que existe entre las heladas y el mayor número de casos de IRAs en los niños menores de cinco años de edad.

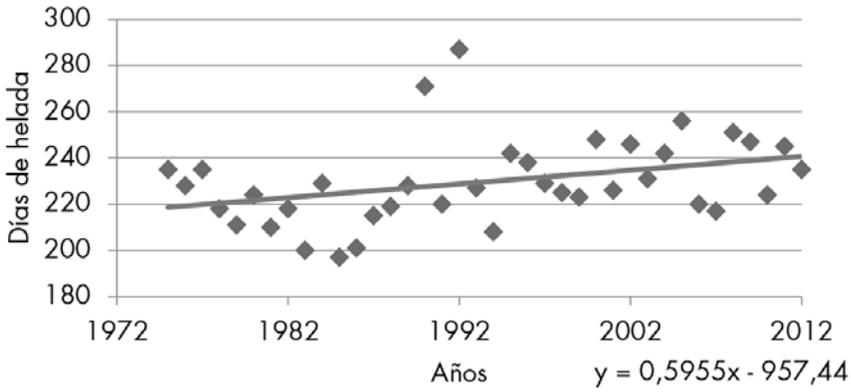
Por otro lado, las tendencias de ocurrencia de EDAs y de precipitaciones también coinciden, lo cual demuestra la relación existente entre este fenómeno y un mayor número de casos de EDAs en los niños. A continuación se muestran los gráficos de tendencias de las enfermedades, heladas y precipitación.

Figura 9. Tendencia de IRAs en Calacoto (2004-2012)



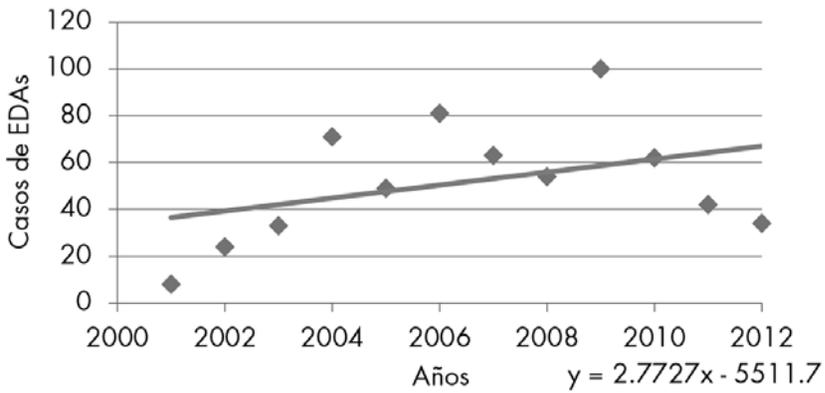
Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos por el Sistema Nacional de Información en Salud (2013).

Figura 10. Tendencia de heladas en Calacoto (1975-2012)



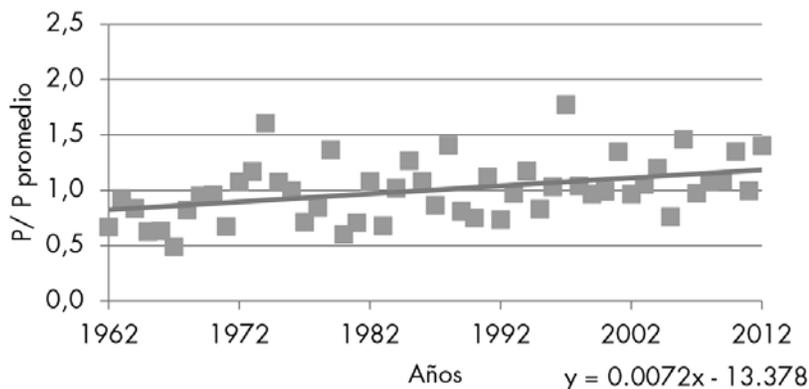
Fuente: Informe de tendencias, Agua Sustentable (2013).

Figura 11. Tendencia de EDAs en Calacoto (2001-2012)



Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos por el Sistema Nacional de Información en Salud (2013).

Figura 12. Tendencia de precipitación en Calacoto (1961 -2012)



Fuente: Informe de tendencias, Agua Sustentable (2013).

Por otro lado, se realizó una reafirmación del resultado del cruce por medio de la realización de encuestas en el municipio de Calacoto. Para el cálculo del tamaño muestral se muestra a continuación el resultado del cálculo realizado en la ecuación (1) anteriormente expuesta.

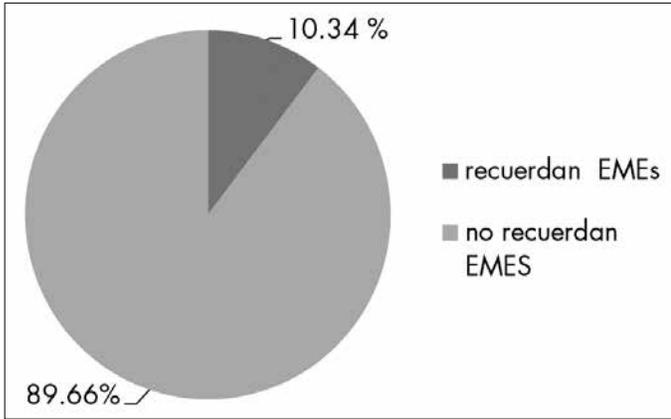
$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{(E^2 * N) + (p * q * Z^2)} = \frac{1,96^2 * 0,25 * 111}{(0,05^2 * 111) + (0,25 * 1,96)} = 86,12 \cong 87$$

Las 87 encuestas exponen la percepción de los pobladores acerca de:

- Si se presentaron o no eventos meteorológicos en el municipio en el pasado reciente.
- Si estos eventos ejercen o no un impacto sobre la salud de los menores de cinco años
- Qué opinión tienen sobre los factores que causan una mayor aparición de IRAs y EDAs en los niños.

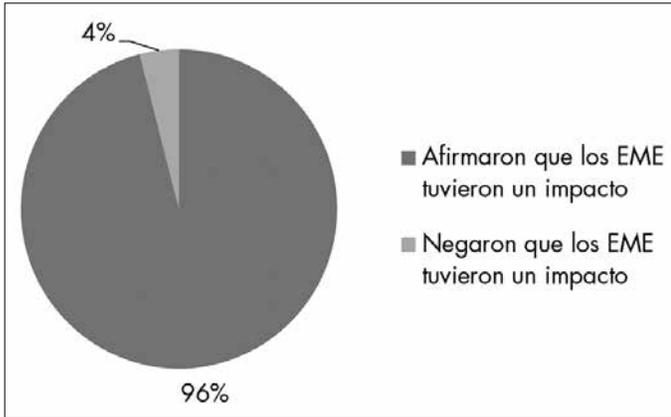
La información obtenida por medio del trabajo de campo cobra relevancia, ya que expone la percepción de la población en congruencia con el resultado obtenido por el estudio. Las encuestas se enfocan únicamente en la relación salud-clima, no tomando en cuenta otros factores, como por ejemplo los socioeconómicos o los poblacionales.

Figura 13. Porcentaje de encuestados que recuerdan haber percibido eventos meteorológicos extremos (EME)



Fuente: Elaboración propia, en base a datos obtenidos en las encuestas realizadas en el municipio de Calacoto, en 2013.

Figura 14. Porcentaje de encuestados sobre el impacto de los eventos meteorológicos extremos (EME) en la salud de los niños



Fuente: Elaboración propia, en base a datos obtenidos en las encuestas realizadas en el municipio de Calacoto, en 2013.

Figura 15. Asociación de factores que inciden en la mayor aparición de IRAs y EDAs en los niños menores de cinco años.



Fuente: Elaboración propia, en base a datos obtenidos en las encuestas realizadas en el municipio de Calacoto, 2013.

## 7. Conclusión

Estudios realizados anteriormente exponen la existencia de una relación significativa entre el cambio climático y la salud (Vázquez, 2013; Pérez, 2011; Frumkin, Hess, Lubert, Malilay y McGeehin, 2008; Haines, Kovats, Campbell-Lendrum y Corvalan, 2006; Patz, Campbell-Lendrum, Holloway y Foley, 2005), lo cual sustenta la relación que se encontró en este artículo. Los resultados del cruce de variables obtenidos muestran el impacto del factor clima sobre la salud de los niños menores de cinco años. Este cruce fue la base para el análisis de vulnerabilidad en la cuenca, resaltando la situación en el municipio de Calacoto hallado como el más vulnerable.

La vulnerabilidad hallada no puede señalarse como absoluta, debido a que otros factores inciden también en la salud de este sector de la población. Por lo tanto, es importante tomar en cuenta esto en la realización de futuros estudios.

Los resultados de la evaluación cuantitativa del riesgo que suponen los efectos del cambio climático en determinadas causas de muerte (años 2030 y 2050) indican que la carga de la enfermedad por el cambio climático en el futuro seguirá incidiendo, principalmente en los niños de los países en desarrollo (WHO, 2014). Por lo tanto, al ser los menores de cinco años un sector de la población altamente vulnerable ante el cambio climático, este estudio adquiere mayor relevancia en cuanto a su aporte. Además que se realizó una complementación del resultado del estudio por medio de encuestas, las mismas que presentaron congruencia entre la percepción de los pobladores y el resultado obtenido.

Como es de conocimiento, en la actualidad la frecuencia de aparición de eventos meteorológicos extremos está ligada a mucha incertidumbre, ya que una de las principales preocupaciones de una alteración en el clima es que se producirá un aumento significativo de los eventos extremos (Easterling, 2000). También se teme que el cambio climático tenga un mayor rango de impactos en la salud (Hess, 2012). Por lo tanto, una mayor alteración en el clima representaría una mayor preocupación para las poblaciones vulnerables. Por esto es imprescindible la realización de planes de adaptación frente al cambio climático, especialmente en el sector de la salud, pues de ese modo se aminoraría la vulnerabilidad. Además, es recomendable la realización de estudios que tomen en cuenta otros factores que inciden sobre el sector salud, de modo que se pueda obtener mayor certidumbre científica sobre la vulnerabilidad de las poblaciones de la región.

*Recibido: abril de 2015*

*Aceptado: junio de 2015*

## Referencias

1. Agua Sustentable. “Escenarios de uso y asignación del agua en la Cuenca de los ríos Mauri y Desaguadero”, 2008.  
Disponible en: <<http://www.aguasustentable.org/index.php?page=64>> 11 oct. 2013
2. Agua Sustentable. “Adaptación al cambio climático en la cuenca de los ríos Mauri-Desaguadero”, 2013.  
Disponible en: <<http://www.aguasustentable.org/index.php?page=64>> 14 feb. 2014
3. Bolivia. Instituto Nacional de Estadística. *Encuesta nacional de demografía y salud*, ENDSA, 2008.  
Disponible en:  
<<http://207.58.191.15:8180/xmlui/bitstream/handle/123456789/312/Encuesta-Nacional-de-Demografia-y-Salud-ENDSA-2008.pdf?sequence=1t>>  
1 dic. 2014
4. Campbell-Lendrum, Diarmid H. y Rosalie Woodruff. “*Climate change: quantifying the health impact at national and local levels*”. En: Annette Prüss-Üstün y Carlos Corvalán (eds.) *Environmental burden of disease series*, N° 14), 2007.  
Disponible en:  
<[http://whqlibdoc.who.int/publications/2007/9789241595674\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2007/9789241595674_eng.pdf)> 11 oct. 2013
5. Campodónico Saieh, Juan. *Determinación del tamaño de una muestra*. Centro de Formación Técnica Lota, Arauco, Chile, 2005.
6. CEPAL. “*Objetivos de desarrollo del milenio. Avances en la sostenibilidad ambiental del desarrollo en América Latina y el Caribe*”. 2010: 231 pp. Impreso.
7. Cerda L. J., C.G. Valdivia, B.M. Valenzuela y L. J. Venegas. “Cambio climático y enfermedades infecciosas. Un nuevo escenario epidemiológico”. *Revista Chilena de Infectología*, 25 (6), 2008: 447-452.
8. Confalonieri, U., B. Menne, R. Akhtar, K.L. Ebi, M. Hauengue, R.S. Kovats, B. Revich y A. Woodward. *Human health. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2007: 391-431.
9. Easterling, David R. “*Climate Extremes: Observations, Modeling, and Impacts*”. *Science* 22, September, 289 (5487), 2000: 2068-2074.  
Disponible en:  
<[http://www.agci.org/dB/PDFs/05S2\\_DEasterling\\_Science289\\_2068.pdf](http://www.agci.org/dB/PDFs/05S2_DEasterling_Science289_2068.pdf)> 12 feb. 2014  
DOI: 10.1126/science.289.5487.2068. 2000.
10. Ebi, K.L. y J.A. Patz “*Epidemiological and impacts assessment methods*”. En: P. Martens y A.J. McMichael (eds), *Global Environmental Change and Human Health*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2002.
11. Feo, Óscar, Elisa Solano, Luis Beingolea, Marilyn Aparicio y Mario Villagra. “Cambio climático y salud en la región andina”. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*. 26(1), 2009: 83-93.  
Disponible en:  
<[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-46342009000100016&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-46342009000100016&script=sci_arttext)> 1 mar. 2014

12. Frumkin H., J. Hess, G. Luber, J. Malilay y M. McGeehin. "Climate change: the public health response". *Am J Public Health*, 98(3), 2008: 435–445.  
Disponible en: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2253589/>> 15 sep. 2014
13. Gonzáles, A. N. "Informe: eventos extremos en la Cuenca Mauri-Desguadero". *Agua Sustentable*, 2014.
14. Haines A., R.S. Kovats, D. Campbell-Lendrum y C. Corvalan "Climate change and human health: impacts, vulnerability and public health". *Lancet*, 367(9528), 2006: 2101–2109.  
Disponible en: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16542689>> 5 ene. 2015
15. Hess, Jeremy J., Julia Z. McDowell y and George Luber. "Integrating Climate Change Adaptation into Public Health Practice: Using Adaptive Management to Increase Adaptive Capacity and Build Resilience", 2012.  
Disponible en: <<http://ehp.niehs.nih.gov/1103515/>> 10 ene. 2015
16. IPCC. "Impactos regionales del cambio climático. Evaluación de la vulnerabilidad", 1997.  
Disponible en:  
<[http://revistavirtual.redesma.org/vol5/pdf/lecturas/cambio\\_climatico\\_en\\_Bolivia.pdf](http://revistavirtual.redesma.org/vol5/pdf/lecturas/cambio_climatico_en_Bolivia.pdf)>  
24 sep. 2014.
17. McMichael, Anthony J., R. E. Woodruff y Simon Hales. "Climate change and human health: present and future risks". *The Lancet*, 367 (9513): 859–869  
Disponible en: DOI:10.1016/S0140-6736(06) 68079-3. 12 mar. 2014  
<<http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736%2806%2968079-3/abstract>> Feb. 9, 2006
18. OMS. 2013: *Cambio climático y salud humana*.  
Disponible en: <<http://www.who.int/globalchange/climate/es/>> 24 sep. 2014
19. OMS/FAO. "Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas". Ginebra, 2003.  
Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/unfao/bodies/coag/coag18/j1251s.pdf> 12 feb. 2015
20. Ortiz P.L., V.A. Rivero, A.R. Pérez y F.C. Morgado. "La influencia de la variabilidad climática en la ocurrencia de las enfermedades de transmisión digestiva en Cuba". *Revista Cubana de Meteorología*, 13(1), 2006: 73-77.  
Disponible en:  
<[http://www.bvs.sld.cu/revistas/spu/vol34\\_1\\_08/spu08108.htm](http://www.bvs.sld.cu/revistas/spu/vol34_1_08/spu08108.htm)> 2 oct. 2014
21. OXFAM Internacional. "Bolivia: cambio climático, pobreza y adaptación". La Paz. 67 pp. 2009 a y b. Impreso.
22. Patz, J.A., D. Campbell-Lendrum, T. Holloway y J.A. Foley "Impact of regional climate change on human health". *Nature*, 438 (7066), 2005: 310-317.  
Disponible en: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2636241/>> 5 oct. 2014
23. Pérez, Antonio E. "Variabilidad y cambios climáticos. Impacto sobre algunas enfermedades infecciosas". *Ciencia Médica* 10 (3), La Habana, jul-set., 2011.  
Disponible en:  
<[http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1729-519X2011000300015&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1729-519X2011000300015&script=sci_arttext)>  
2 oct. 2014
24. Planes de Desarrollo Municipal, 1992-2014. Impreso.
25. PNCC, Ministerio de Planificación del Desarrollo. "El cambio climático en Bolivia (análisis, síntesis de impactos y adaptación)". 2007, a y b. Impreso.

26. PNUD. “Tras las huellas del cambio climático en Bolivia - Estado del arte del conocimiento sobre adaptación al cambio climático. Agua y seguridad alimentaria”. La Paz, Bolivia, 2011. 144 pp. Impreso.
27. PNUD y RED PROCOSI. “Cambio climático y el desafío de la salud en Bolivia”. Bolivia: ABBASE Ltda. 2013 a y b. Impreso.
28. Rojas, J. “Análisis de vulnerabilidad de la cuenca Mauri-Desaguadero”. *Agua Sustentable*, 2013.
29. Vázquez Palacios, Felipe R. “*Perception of climate change and acute respiratory infections on elderly, some cases Veracruz*”. *Sociedad y Ambiente*, 1 (2) 2013: 75-97, marzo-junio de 2013, ISSN 2007-6576. Impreso.
30. WHO. “*Quantitative risk assessment of the effects of climate change on selected causes of death, 2030s and 2050s*”.  
Disponible en:  
<<http://www.who.int/globalchange/publications/quantitative-risk-assessment/en/>> 15 ene. 2015.