



Revista de CIENCIAS AMBIENTALES Tropical Journal of Environmental Sciences



Cambio climático y recursos hídricos

Climate Change and Water Resources

Roberto Villalobos ^a

^a El autor, ingeniero agrónomo y especialista en agrometeorología, es coordinador del programa de Cambio Climático del Instituto Meteorológico Nacional, Costa Rica.

Director y Editor:

Dr. Eduardo Mora-Castellanos

Consejo Editorial:

Enrique Lahmann, UICN, Suiza

Enrique Leff, UNAM, México

Marielos Alfaro, Universidad Nacional, Costa Rica

Olman Segura, Universidad Nacional, Costa Rica

Rodrigo Zeledón, Universidad de Costa Rica

Gerardo Budowski, Universidad para la Paz, Costa Rica

Asistente:

Rebeca Bolaños-Cerdas





Cambio climático y recursos hídricos

por ROBERTO VILLALOBOS

RESUMEN

El agua es un bien esencial para la vida y está siendo afectada por el cambio climático. Por ello, el Grupo de Cambio Climático del Instituto Meteorológico Nacional se ha dado a la tarea de realizar estudios científicos que puedan brindarle al país una guía de los esfuerzos requeridos para adaptarnos a los efectos del cambio climático. El proyecto Fomento de Capacidades para la Etapa II de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba, permitió al país contar con una estrategia de adaptación del sector hídrico para la región noroccidental del Gran Área Metropolitana. Destacan el estudio del riesgo climático actual y futuro en dicha región y las medidas de adaptación priorizadas en los ejes ambiental, económico y social que contempla la estrategia.

Water is a very essential one for the life and it is being affected by the climate change. The Climate Change Team of the National Meteorological Institute, knowing the importance of this, it has been given to the task of carrying out scientific studies that can offer to the country a guide of the efforts required to adapt to the effects of the climate change. The project Capacity Building for Stage II Adaptation to the Climate Change in Central America, Mexico and Cuba, allowed to the country to have an adaptation strategy of the water resources for the noroccidental region of the Great Metropolitan Area. It highlights the study of the current and future climatic risk in this region and the prioritized adaptation measures in the environmental, economic and social areas that it contemplates the strategy.

La Tierra tiene una alta proporción de agua. Este recurso, que carece de sustituto, es el principal elemento constitutivo de la vida. Alrededor de un 80 por ciento de la superficie terrestre está cubierto del preciado líquido. Sin embargo, del impresionante volumen total del recurso -alrededor de 1.360 millones de kilómetros cúbicos-, menos del 2,5 por ciento es agua dulce accesible para el uso común. Además (véase figura 1), el volumen de agua dulce del planeta ha de compartirse con todas las otras formas de vida (Pnuma 2007).

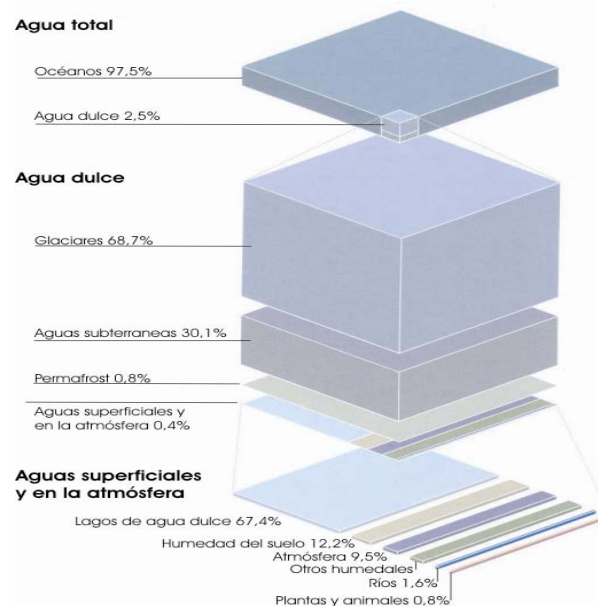


Figura 1. Distribución mundial del agua del planeta.

El autor, ingeniero agrónomo y especialista en agrometeorología, es coordinador del programa de Cambio Climático del Instituto Meteorológico Nacional.

Como el recurso no está distribuido equitativamente (es posible hablar de países ricos y pobres en agua), al ser humano se le impone la responsabilidad de crear sistemas de gestión del agua dotados de una sólida base ética. Pero aunque existe conciencia de esta necesidad, a causa de su crecimiento y desarrollo la humanidad incide cada vez más en el ciclo hidrológico alterando su distribución. Sin embargo, el problema no se reduce a la cantidad de agua, sino que está en juego su calidad. Como consecuencia de esta falta de equidad, según Fao (Organización de Alimentación y Agricultura de la Organización de Naciones Unidas) (2007), 1.100 millones de personas carecen de agua potable segura y 2.400 millones carecen de servicios sanitarios adecuados en todo el mundo.

Problemática del agua dulce

Algunos de los factores causantes de la drástica disminución en la disponibilidad del recurso hídrico son: pérdida de cobertura boscosa, estimada entre 10 y 17 millones de hectáreas por año, lo cual contribuye considerablemente a disminuir la recarga hídrica; 50 por ciento de los acuíferos son poco profundos y muestran parámetros de contaminación por encima de la norma establecida para el agua potable; elevada extracción de aguas subterráneas que sobrepasa la capacidad de recarga real de las reservas hídricas, y efectos del cambio climático sobre la variabilidad climática y los eventos extremos hidrometeorológicos.

A lo largo del tiempo hemos ido cobrando mayor conciencia de la fragilidad del medio en que vivimos. Hemos sido testigos de los efectos de los cambios climáticos antropogénicos y de la creciente variabilidad climática. El mayor desafío que deberá enfrentar la humanidad en el siglo XXI para un desarrollo sostenible será probablemente proporcionar un nivel de vida adecuado (suficientes alimentos, agua, servicios médicos y energía) a la población actual y futura, que alcanzará cifras muy elevadas. Al mismo tiempo, será necesario también mostrar mayor respeto que en el pasado por el medio en que vivimos.

Es necesario hacer hincapié en la importancia creciente de la escasez de agua a nivel mundial y en la necesidad de una cooperación y una integración mayores que permitan garantizar una gestión sostenible, eficiente y equitativa de los escasos recursos hídricos, tanto a escala internacional como local. Al intervenir en la celebración del Día Mundial del Agua de 2007, en la sede de Fao en Roma, su director general, Jacques Diouf, señaló que afrontar la escasez de agua es “el problema del siglo XXI”. Debido al crecimiento de la población humana y otros factores, la disponibilidad del agua potable por persona está disminuyendo. Este problema podría resolverse obteniendo más agua, distribuyéndola mejor y desperdiciándola menos.

El agua es un recurso estratégico para muchos países. Se ha peleado muchas guerras, como la *de los seis días* en el Medio Oriente, para poder obtener un mejor acceso al agua. Se prevé más problemas de este tipo en el futuro por la creciente población humana, la contaminación y el calentamiento global. El *World Water Development Report (Informe mundial del desarrollo del agua)* (Unesco 2003), del *World Water Assessment Program (Programa mundial para la estimación del agua)*, indica que en los próximos 20 años la cantidad de agua disponible para todos decrecerá un 30 por ciento. El 40 por ciento de los habitantes del mundo actualmente no tienen la cantidad necesaria para el mínimo aseo. Más de 2,2 millones de personas murieron en el año 2000 por enfermedades relacionadas con el consumo de agua contaminada o por ahogamiento. En 2004, el programa de caridad enfocado al agua, WaterAid (2007), del Reino Unido, informó que un niño muere cada 15 segundos debido a las enfermedades relacionadas con el agua, lo que podría fácilmente evitarse.

En Centroamérica

El panorama en la región centroamericana es fiel reflejo de esta tendencia: El 35 por ciento de la población (15 millones de habitantes) se encontraba excluida del acceso a agua potable a inicios del siglo XXI; la disponibilidad per cápita en el istmo se redujo en un 62 por ciento entre 1955 y 1990, y las enfermedades hídricas cobraron la vida de 6 millones de personas (5 millones de las cuales eran niños) en los últimos 40 años, y se estima en 400.000 hectáreas la pérdida de cobertura boscosa anual.

Un factor adicional que incide en la disponibilidad del recurso hídrico en Centroamérica es la asimetría entre la distribución geográfica del recurso hídrico y la distribución geográfica de la población. De 629.000 millones de m³ de agua en el istmo centroamericano, el 71 por ciento drena en la vertiente caribeña y el restante 27 por ciento en la pacífica, mientras que la población por vertiente muestra una distribución inversa a la disponibilidad del recurso hídrico en la región. Esto último incide en la escasez de agua para consumo humano para amplios sectores de la población centroamericana, en especial durante la época seca (Estado de la Región 1999). El cambio climático ha complicado la situación, y se le señala como el origen de sequías más frecuentes. También ha intensificado las tormentas e inundaciones que destruyen las cosechas, contaminan el agua dulce e inutilizan las infraestructuras que se usan para almacenarla y transportarla.

Cooperación e investigación internacionales

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) fue el principal impulsor de la campaña orientada a alertar a la comunidad mundial acerca de los posibles efectos del calentamiento del planeta, el cambio climático y la elevación del nivel de los océanos. Reuniones de importancia decisiva, como la primera y segunda conferencias mundiales sobre el clima, contribuyeron a aumentar la concienciación acerca de esas cuestiones entre los encargados de tomar decisiones y el público en general.

Nuestra comprensión del sistema climático ha ido evolucionando a lo largo del tiempo. Al comienzo fue un proceso lento con pocas aplicaciones prácticas, hasta que se iniciaron los programas internacionales de investigación en que cooperaban distintas instituciones y comenzó a establecerse contactos entre bancos de datos de observaciones sistemáticas, cada día más numerosos. Nuestros conocimientos actuales del clima, infinitamente superiores, son fruto de programas científicos y técnicos coordinados en todo el mundo principalmente por la OMM, el portavoz autorizado de Naciones Unidas sobre la situación y comportamiento de la atmósfera terrestre, su interacción con los océanos, el clima que produce y la consiguiente distribución de los recursos hídricos.

Desde hace más de un siglo se reconoce que la actividad humana sostenida puede alterar el sistema climático. Poco después de su creación en 1873, la Organización Meteorológica Internacional (Omi), predecesora



Eric Gay

de la OMM, comenzó a constituir una valiosísima base de datos sobre observaciones atmosféricas. En 1929, la Omi estableció la Comisión Técnica de Climatología, que continuó su labor en el seno de la OMM. Las preocupaciones acerca de la posibilidad de que la alteración del equilibrio existente entre el calor radiante recibido y reflejado incidiese en el sistema climático del planeta siguió aumentando y, ya en 1979, la OMM convocó la Primera Conferencia Mundial sobre el Clima en colaboración con otras organizaciones de Naciones Unidas y el Consejo Internacional para la Ciencia. Fruto de esa Conferencia fue la creación del Programa Mundial del Clima, con cuatro componentes que estudian, respectivamente, los datos climáticos, las aplicaciones climáticas, las investigaciones climáticas y los efectos climáticos.

Para responder a las crecientes preocupaciones acerca de la influencia del ser humano sobre el sistema climático, la OMM y el Pnuma crearon en 1988 el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Al comienzo, su tarea fue la evaluación de los conocimientos existentes acerca de varias cuestiones cruciales, incluido el papel del dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero en la alteración del equilibrio energético radiativo del planeta. En la actualidad, el IPCC lleva a cabo evaluaciones periódicas y especiales de investigaciones realizadas a nivel internacional y sobre la situación actual de los modelos climáticos que permiten dar cuenta de las complejas interacciones de los procesos atmosféricos, oceánicos y de la superficie terrestre necesarios para la generación de posibles escenarios de la influencia del ser humano sobre el cambio climático.

Acciones en Costa Rica

Costa Rica ha estado involucrada en actividades referentes al cambio climático desde hace más de una década. En junio de 1994 se ratificó la Convención Marco de Cambio Climático y en cumplimiento de los compromisos adquiridos se han realizado diferentes esfuerzos. El Ministerio del Ambiente y Energía (Minae) es la institución rectora en los temas ambientales en el país y, por lo tanto, dentro de esta institución se ubica el área de cambio climático.

En nuestro país los problemas relacionados con los recursos hídricos son graves, en gran medida debido a que han sido considerados como recursos gratuitos e inagotables en cuanto a calidad y cantidad. Los patrones de desarrollo industrial y el reciente auge del turismo han hecho crecer la demanda de recursos hídricos más allá de lo predecible. El incremento en la demanda de servicios públicos (agua, luz, recolección de desechos, vialidad, etcétera) ha impuesto una enorme presión sobre las empresas y entidades a cargo de administrar el recurso, otorgar concesiones, controlar vertidos y suministrar agua para uso doméstico.

El Minae, a través del Instituto Meteorológico Nacional (IMN), ha realizado estudios de vulnerabilidad en diferentes sectores, con el fin de determinar los impactos probables y establecer las posibles medidas de mitigación y/o adaptación a ser llevadas a cabo para enfrentar el cambio climático. Debido a la importancia del sector recurso hídrico en el desarrollo energético del país, y a la alta demanda de él por parte de los sectores productivos y para uso poblacional, las autoridades gubernamentales, lideradas por el Minae, tomaron la decisión de priorizar el sistema hídrico en la exploración de medidas de adaptación al cambio climático. Dicha necesidad fue planteada por funcionarios del IMN ante las autoridades del Programa para Ayuda de las Comunicaciones Nacionales del PNUD/Gef en un encuentro regional centroamericano en la ciudad de México. Como resultado de dicho encuentro surgió la oportunidad de financiamiento, por parte del Gef (Fondo para el Medio Ambiente Mundial), de un proyecto regional conocido como Fomento de las capacidades para la etapa II de adaptación al cambio climático en Centroamérica, México y Cuba, en el cual cada uno de los países involucrados priorizó sus necesidades de investigación. El Minae, por medio del IMN, tomó la decisión de desarrollar en Costa Rica un plan piloto que profundizaría en la vulnerabilidad del sistema hídrico en la región noroccidental del Gran Área Metropolitana (al norte de la cuenca del río Virilla), ante la amenaza del cambio climático, con la finalidad de proponer medidas de adaptación para el sistema hídrico, comprendiendo las relaciones entre lo social, lo económico y lo ambiental, y así generar capacidad individual e institucional. Este proyecto también permitiría responder a los compromisos adquiridos por el país ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, cuyas directrices establecen -en el artículo 4 y el párrafo 35- que, en la medida de lo posible, los países no incluidos en el anexo I proporcionen información, una evaluación de las estrategias y medidas para la adaptación al cambio climático en las áreas esenciales, incluidas las de máxima prioridad.

Proyecto de estudio y enfrentamiento

El desarrollo del proyecto se planteó para el área de estudio comprendida en la región noroccidental del Gran Área Metropolitana (ver figura 2), ya que esta región tiene una gran riqueza en el recurso agua superficial y subterránea, con los principales acuíferos del valle Central: Colima, Barva y Los Bambinos. De esta oferta hídrica depende una gran actividad socioproductiva. Administrativamente, el área de estudio cubre parte de las

provincias de Alajuela, Heredia y San José, incluyendo 13 cantones y 60 distritos. Su área es de 73.753 hectáreas y tiene una población de 642.210 habitantes, casi un 30 por ciento de la población metropolitana, la cual es de más de dos millones de habitantes. En ella se localizan dos de las ciudades más importantes del país: Alajuela y Heredia. En la parte alta del área de estudio, se encuentran las últimas zonas de bosques bajo la categoría de áreas silvestres protegidas, de donde fluyen importantes nacientes que conservan parte de la biodiversidad del área.

Siendo que la precipitación es la principal fuente que caracteriza la oferta de agua en la región, la distribución anual y temporal de las lluvias, su cantidad y -en cierto grado- su disponibilidad para los diferentes ecosistemas, están influenciadas por la variabilidad climática, y ésta a su vez por el cambio climático. Eventos como las fases de *El Niño-Oscilación Sur* pueden conducir a extremos secos (*El Niño*) o lluviosos (*La Niña*) durante algunos meses del año. Estas variaciones afectan la cantidad y la calidad del agua. Tanto los períodos muy lluviosos como los muy secos afectan directamente el abastecimiento de agua potable. Una disminución de la cantidad precipitada afecta la disponibilidad del recurso en las cuencas, así como la calidad, por un aumento en la concentración de contaminantes. Por otra parte, la mayor intensidad de las lluvias provoca un aumento de caudales y arrastre de sedimentos, lo que hace imposible el abastecimiento de agua potable debido a la turbiedad, el color y el arrastre de contaminantes.

El cambio climático no solo está afectando el patrón normal de lluvias (distribución, cantidad y disponibilidad), sino también la magnitud y la recurrencia de los diferentes fenómenos de variabilidad climática, que pueden traducirse en eventos extremos de clima de gran magnitud e impacto. El clima, su variabilidad y el cambio climático afectan directa e indirectamente el sistema hídrico, la calidad y cantidad del recurso agua y la sensibilidad de las poblaciones más vulnerables.

El proyecto pretende no solamente determinar las medidas de adaptación potenciales, sino también visualizar su viabilidad por medio de una estrategia para el área de estudio que permita incluir las medidas propuestas en los planes operativos de las instituciones y organizaciones que tienen un involucramiento directo. Esto con el fin de que dicho proyecto se constituya en una estrategia piloto que, posteriormente, permita aplicar la metodología empleada a nivel nacional.

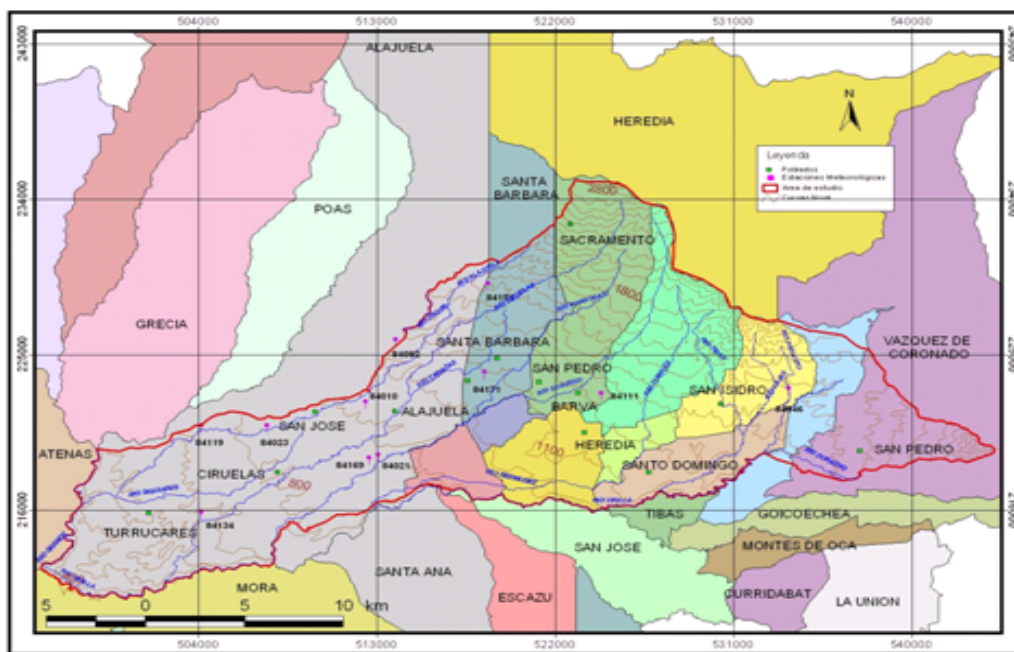


Figura 2. Área de estudio del proyecto de adaptación del sistema hídrico al cambio climático.

A efectos de operacionalizar la estrategia, y atendiendo la existencia de cada subsistema y las relaciones causa-efecto de sus problemas, se propuso tres ejes de acción: el ambiental, el social y el económico, a los que a su vez se les construyó un objetivo estratégico, es decir, los objetivos de la estrategia como tal. Las medidas se conjuntaron, se validaron y han sido incluidas en un plan de acción estratégico. Ellas, que no son exhaustivas, y que se priorizaron tomando en cuenta criterios definidos, son de tipo político, social, económico, ambiental, educativo, institucional y organizativo, para poder dotar así al sistema hídrico de capacidades, con la idea de poder reducir las pérdidas económicas, prevenir y disminuir la amenaza, educar y concienciar al público.

Como parte de la planificación estratégica se definió la misión, la visión y los objetivos: *Misión*: Reducir la vulnerabilidad del sistema hídrico del área noroccidental del Gran Área Metropolitana a los impactos del cambio

climático por medio del mejoramiento de su capacidad adaptativa, y así apoyar la gestión integrada de los recursos hídricos, orientada a garantizar la disponibilidad y calidad del recurso. *Visión:* El área noroccidental de la Gran Área Metropolitana contará con un sistema hídrico resiliente al cambio climático y con una eficiente y efectiva gestión integrada del recurso hídrico. *Objetivos estratégicos:* En el eje ambiental: “Fomentar acciones participativas a nivel ambiental para la gestión integrada del recurso hídrico en el área del proyecto, con el fin de aumentar la capacidad adaptativa ante el cambio climático”. En el eje económico: “Promover una sostenibilidad económica del recurso hídrico que permita la adaptación del sector productivo a los efectos del cambio climático”. En el eje social: “Fortalecer la capacidad de la sociedad y de las instituciones para operacionalizar un sistema de gestión de riesgo que favorezca la adaptación al cambio climático”.



Luis Diego Marín Schumacher

El plan de acción estratégico contempla 24 medidas de adaptación debidamente priorizadas y agrupadas en tres ejes principales (ambiental, social y económico), con su respectivo objetivo estratégico, los beneficios esperados, las acciones estratégicas, las sinergias, los actores responsables y los actores involucrados, así como los indicadores de logro. Para acometer la mayoría de las iniciativas propuestas en la estrategia después del análisis sobre el tema de capacidades del país, se cuenta con la existencia de suficientes activos “tangibles e intangibles”, entre ellos: capacidad técnica e intelectual, recursos operativos, tecnología y recurso humano calificado para llevarlas a cabo. Sin embargo, se reconoce limitaciones en algunas áreas. El principal obstáculo es la falta de capacidad de dicho sistema -al igual que del resto del sistema institucional del país- para promover cambios en el plano organizacional con el fin de atender los desafíos diagnosticados. Esto está claramente señalado en la

presente estrategia, al haberse identificado el tema de “sinergias” como una dimensión muy relevante de ella. La estrategia plantea la necesidad de establecer complementariedades entre las entidades institucionales para facilitar una gestión ejecutoria; pero para alcanzar dichas sinergias se requiere una mayor definición de responsabilidades y gobernabilidad; solo así la estrategia permitirá reducir el riesgo por medio de la adaptación ante la amenaza del cambio climático. El éxito de esta estrategia dependerá de los esfuerzos conjuntos de los sectores involucrados, así como de la respuesta que la sociedad civil en general tenga a estas iniciativas.

Medidas de adaptación priorizadas

Eje ambiental:

- Ampliación del Parque Nacional Braulio Carrillo en la zona de estudio.
- Implementación y mejoramiento del sistema de alcantarillado sanitario en la zona de estudio.
- Tratamiento de aguas residuales de actividades agropecuarias.
- Reparación y mejoramiento continuos de la red vial.
- Mejoramiento de la infraestructura del servicio de agua potable.
- Programa de información pública y sensibilización sobre la problemática y las medidas de adaptación al Cambio Climático.
- Implementación y modernización de la infraestructura de alcantarillado pluvial
- Fortalecimiento y coordinación de la investigación sobre adaptación y prevención al cambio climático.
- Inducir una cultura de aprovechamiento de otras fuentes de agua para uso no potable.
- Mejorar el manejo de la fertilización nitrogenada.
- Fortalecimiento de las investigaciones de pronóstico y evolución de eventos hidrometeorológicos extremos.
- Seguimiento y monitoreo de los indicadores de vulnerabilidad al cambio climático en el área de estudio
- Plan de manejo piloto de la microcuenca del río Bermúdez.
- Fortalecimiento de las capacidades institucionales para la observación sistemática que contribuya con la adaptación al cambio climático.

Eje económico:

- Fortalecimiento del programa nacional de pago de servicios ambientales para el recurso hídrico en el área.
- Incentivos para tratar las aguas residuales y estimular la producción limpia.
- Implementación del canon ambiental por vertidos.
- Implementación del canon de aprovechamiento de agua.
- Promoción de la producción y comercialización de la agricultura orgánica.
- Incentivar tecnologías que permitan el uso eficaz y eficiente del recurso hídrico y energético como adaptación al cambio climático.

Eje social:

- Acceso oportuno a los servicios de salud para la población afectada por los efectos de eventos hidrometeorológicos extremos.
- Mejorar los programas de atención y prevención de emergencias causadas por eventos hidrometeorológicos extremos a nivel familiar, escolar y comunal.
- Fortalecer el monitoreo y el registro estadístico del asma como apoyo a la investigación bioclimática.
- Incorporar el impacto de la política migrante en la planificación del recurso hídrico y energético.

Referencias bibliográficas

- Pnuma. 2007. *GEO4 medio ambiente para el desarrollo. Perspectivas del Medio Ambiente Mundial*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Estado de la Región. 1999. <http://www.estadonacion.or.cr/InfoRegion/informe1/prologo.html>.
- Fao. 2007. http://www.fao.org/index_es.htm
- Unesco. 2003. http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr1/index_es.shtml
- Water Aid. 2007. <http://www.wateraid.org/uk/>

