

# CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PARA EL DESARROLLO DE MÉXICO

Dr. Héctor Nolasco Soria, Director General y Editor

Valoración de servicios ambientales hidrológicos: Caso Río la Antigua

La Paz, B.C.S., a 26 de septiembre de 2010



Simón Pierre Mokondoko Delgadillo y Robert H. Manson

Instituto de Ecología, A.C.

pierre.mokondoko@posgrado.inacol.edu.mx

**Resumen:** Mediante el análisis de las relaciones entre calidad del agua de los ríos, cobertura vegetal y salud pública, se valoró el servicio de regulación de la calidad del agua, cuantificando el costo que genera el deterioro de la calidad del agua, en la cuenca Río la Antigua, Veracruz. Se describió la distribución espacial de enfermedades hídricas, para identificar ríos, y determinar la calidad del agua. Se evaluó la influencia de usos de suelo a diferentes escalas sobre la calidad del agua y el efecto en la salud pública. Existen fuertes relaciones entre los usos de suelo a menores escalas y la calidad del agua; así como, una relación entre la concentración de *E.coli* y la incidencia de enfermedades. Se encontró un monto de \$1,034 pesos por Ha de bosque conservado, en una franja de 100 m a la orilla de los ríos.

**Palabras clave:** Servicios ambientales, enfermedades hídricas, costos en salud.

**Abstract:** By analyzing the relationship between water quality of rivers, land cover and public health, the ecosystem service of regulation of water quality was assessed, quantifying the costs involved in the deterioration of water in the River Basin "La Antigua", Veracruz. We described the spatial distribution of waterborne diseases, to identify rivers to determine water quality. The influence of land uses at different scales on water quality and the effect on public health was valued. There are strong relationships between land uses on a smaller scale and water quality as well as a relationship between the concentration of *E.coli* and the incidence of diseases. We found a price of \$1,034 pesos per hectare of conserved forest within a range from 100 m to the river banks.

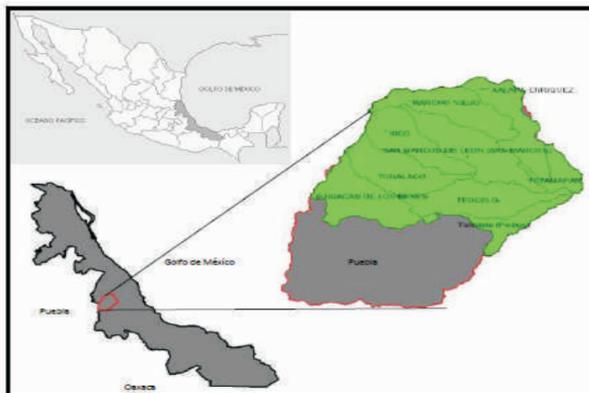
**Key words:** Ecosystem services, waterborne diseases, public health costs.

**Área 2. Biología y Química**

## Problemática

El estado crítico de los ecosistemas y los recursos hídricos de México amenazan cada vez más la salud de sus habitantes. La salud depende en gran medida del agua que se consume. Los bosques en las partes altas de las cuencas brindan muchos servicios ambientales hidrológicos importantes como el mantenimiento de la calidad del agua, abastecimiento de agua y regulación del clima, entre otros. Sin embargo, reciben una fuerte presión por parte de las actividades humanas, debido en gran parte a su subvaloración económica y al cambio de uso de suelo intencionado motivado por el uso alternativo de la tierra para la ganadería, agricultura y zonas urbanas. La ausencia de bosques en las cuencas y sobre todo a la orilla de los ríos favorece la llegada de contaminantes a los ríos, pues estos sirven como barrera ante la contaminación no puntual del agua. Esta contaminación difusa se da por escurrimientos de tierras agrícolas y ganaderas en periodos de lluvia. A pesar de los esfuerzos en la creación de mercados enfocados en la conservación y/o restauración de los bosques, la falta de información científica sólida acerca de los procesos ecológicos y los efectos de estos en el bienestar socioeconómico de comunidades aledañas, no han permitido la consolidación de estos mercados y esquemas de pago por servicios ambientales.

*Fig. 1. Ubicación geográfica de la zona de estudio utilizada como caso tipo, que incluye las 10 microcuencas ubicadas en la parte alta de la cuenca del Río la Antigua en el centro del estado de Veracruz, México.*



## Usuarios

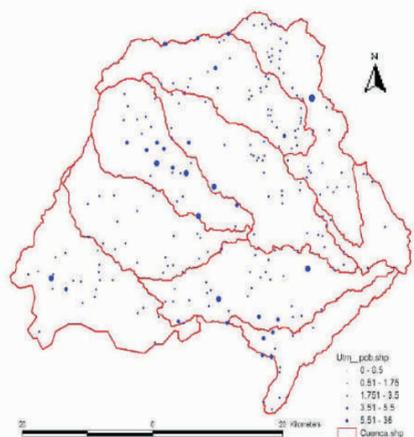
Los usuarios de este estudio son los tomadores de decisiones en instancias gubernamentales como la Secretaría de Salud, la Comisión Nacional Forestal y las comisiones municipales de agua potable y saneamiento; así como, los propietarios de tierras y bosques que pueden recibir un pago por la conservación de la cobertura vegetal natural y la población en general.

## Proyecto

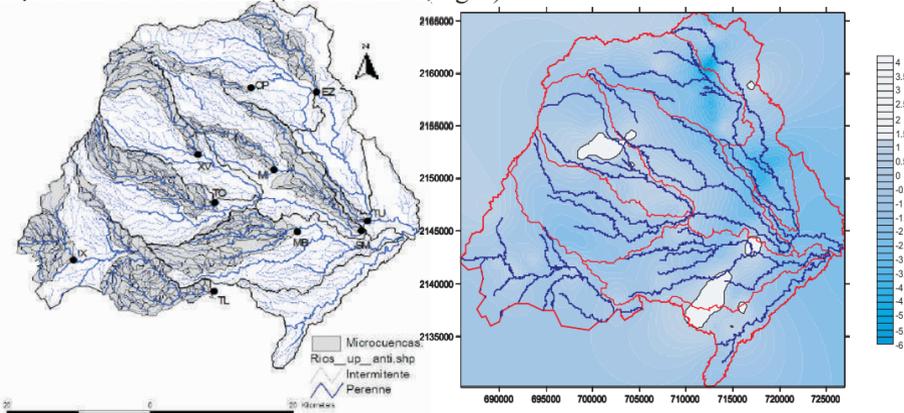
Con el objetivo de valorar el servicio ambiental de regulación de la calidad del agua, se tomaron como caso tipo a 10 microcuencas comprendidas en la cuenca alta del Río la Antigua en el centro del Estado de Veracruz, donde se llevó a cabo un estudio de dos años (2008-2010) para explorar el efecto de los cambios de uso de suelo sobre la calidad del agua de los ríos y sus consecuencias en la salud de la población de la región (Fig. 1).

En la primera etapa, se estudió la información disponible sobre enfermedades relacionadas a la mala calidad del agua, al respecto se revisaron las hojas diarias de los médicos de los centros de salud de la zona de estudio, así como las bases de datos del Sistema Único de Vigilancia Epidemiológica de la Secretaría de Salud de los años 2006 al 2008. La prevalencia de enfermedades de cólera, se mapeó y se describió su situación y la distribución espacial en el área de estudio, para identificar las zonas de mayor riesgo de prevalencia de enfermedades gastrointestinales relacionadas con la mala calidad del agua. Para el análisis de datos se usó estadística espacial y geoestadística (Fig. 2).

*Fig. 2. Distribución espacial de los porcentajes (tasas) de enfermedades gastrointestinales relacionadas a la mala calidad del agua (cólera), en las localidades de la zona de estudio. Cada punto representa una localidad y el tamaño de los círculos es proporcional a la tasa de prevalencia de enfermedades en cada localidad (%), las líneas rojas son los límites de las microcuencas.*



Para la obtención de datos de calidad del agua se eligieron 10 ríos de uso para consumo humano, agrícola y pecuario. Estos fueron seleccionados en áreas de baja y alta prevalencia de enfermedades, se tomaron muestras mensuales de agua durante el periodo de Julio-Septiembre de 2009, siguiendo la metodología de monitoreo comunitario propuesto por la organización Global Water Watch ([www.globaleaterwatch.com](http://www.globaleaterwatch.com)), metodología avalada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (EPA). La calidad del agua se midió mediante los parámetros de la concentración de oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno, sólidos en suspensión, coliformes fecales, temperatura del agua y ambiente y por último los datos de caudal, durante el periodo de Julio-Septiembre de 2009. Se midió el impacto de los diferentes usos de suelo a diferentes distancias de los ríos y su relación con los cambios en la calidad del agua, a su vez, se relaciono el número de enfermos debido a infecciones gastrointestinales relacionadas a la mala calidad del agua (cólera), con las concentraciones de bacterias *E.coli* como especie indicadora en el agua de los ríos (Fig. 3).



*Fig 3. Distribución espacial de ríos de muestreo en la parte alta de la cuenca del Río la Antigua. Las áreas grises representan cada una de las áreas de influencia de los ríos de muestreo (izq). Distribución de las zonas de alta y baja prevalencia de enfermedades. Las zonas claras y oscuras indican agrupaciones de las más altas o bajas prevalencias de enfermedades respectivamente (der).*

Por último a se calcularon aquellos costos en los que la Secretaría de Salud asume, para prestar atención por enfermedades provocadas por una disminución en la calidad del agua, estos se presentan como la suma de los conceptos derivados de las consultas del paciente al médico, de los gastos en medicamentos, de la hospitalización y de los días de salario que dejan de percibir.

Como resultado se ubicó geográficamente las zonas de mayor y menor prevalencia de enfermedades donde se tomaron las muestras de agua y se realizaron los estudios de patrones de uso de suelo y vegetación (Fig. 4). El principal problema de contaminación en los que se detecto se debe a la presencia de coliformes fecales, pues el 100% de los ríos muestreados, mostraron altos niveles de contaminación por este agente; estos niveles rebasaron a los límites permisibles por las normas vigentes. Así mismo, los resultados mostraron que los diferentes patrones de usos de suelo en la cuenca alta del Río la Antigua están directamente ligados a los cambios en la calidad del agua.

En particular, se observó que los bosques en una franja de 100 metros a la orilla de los ríos ayudan a mantener una alta calidad del agua. También se mostró una relación entre la concentración de coliformes fecales en el agua y las tasas de prevalencia de enfermedades. Dicho de otro modo, en los ríos con alta concentración de *E.coli* las tasas de prevalencia de enfermedades, en las comunidades, también fueron altas. Sin embargo, el valor de asociación entre las tasas de enfermedades y la contaminación hídrica por *E.coli* fue bajo, lo que puede deberse a que no todos los casos son reportados a los centros de salud, ya que algunos son atendidos en casa por las familias. Además, se tomó solamente el número total de casos por cólera para inferir en las relaciones, ya que la lista de enfermedades relacionadas a la mala calidad del agua es amplia.

Se encontró que una disminución en la concentración de *E.coli* en el agua, significaría en una reducción en 1.4% en las tasas de morbilidad, lo cual se traduciría en un ahorro promedio de \$2,436,949 pesos anuales, a un costo de \$1,219 pesos por caso. Los datos sugieren que se debería de pagar un monto de \$1,034 pesos por ha de bosque conservado en una franja de 100 metros a la orilla de los ríos y un monto de \$237 pesos para el resto de la cuenca. Estos resultados muestran la importancia en tomar medidas para mejorar la calidad del agua como la conservación de las áreas de bosque cercanas a los ríos, además de la planificación adecuada del uso de la tierra en las cuencas.

## Impacto socioeconómico

La valoración de servicios ambientales tiene un impacto social directo sobre la población en general, al identificar las zonas prioritarias para hacer un pago por la conservación de la cobertura forestal, que a su vez ayude a eliminar externalidades en los mercados económicos que detienen el desarrollo sustentable a nivel regional. Aunado a esto, la valoración económica de los costos en salud pública derivados de la pérdida de la calidad del agua por efecto de los cambios en el uso del suelo, es un componente relevante para la toma de decisiones sobre los recursos hídricos. En adición, es necesario que se desarrollen más estudios enfocados en la erosión de suelos y pérdidas de productividad en plantaciones agrícolas, como parte de un conjunto de servicios hidrológicos afectados por los cambios de uso de suelo, los cuales podrían reforzar los pagos por servicios ambientales y así dar un mejor valor a los bosques para su conservación. Las acciones adecuadas de inversión para la conservación de los bosques para el mantenimiento de la calidad del agua, tiene determinados beneficios que significarían en un ahorro de los costos en salud tanto para la comunidad en general, como para la Secretaría de Salud. Es necesario mencionar que el mejoramiento de la calidad del agua tendría una reducción en los costos de purificación del agua por parte de las Comisiones Municipales de Agua Potable. Además Esta información permite seleccionar cursos de acción eficaces y eficientes en el aprovechamiento y manejo del agua superficial, así como en las estrategias para mitigación de enfermedades y conservación de los bosques.

Contacto: <http://pcti.mx>, [hnolasco2008@hotmail.com](mailto:hnolasco2008@hotmail.com)