

EFFECTOS ANTROPOGÉNICOS PROVOCADOS POR LOS USUARIOS DEL AGUA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO PIXQUIAC*

ANTHROPOGENIC EFFECTS CAUSED BY WATER USERS IN THE PIXQUIAC RIVER MICRO-BASIN

María del Socorro Menchaca Dávila^{1§} y Elba Lupita Alvarado Michi¹

¹Centro de Ciencias de la Tierra. Universidad Veracruzana. Francisco J. Moreno 207, colonia Emiliano Zapata, Xalapa, Veracruz, México. C. P. 91090. Tel. 01 228 8185019 y 8421700. Ext. 12689. (elbalupit@hotmail.com). [§]Autora para correspondencia: maria.menchaca@gmail.com.

RESUMEN

Los seres humanos afectan los ecosistemas, por lo que es importante determinar las alteraciones que provoca en los servicios ambientales de las cuencas hidrológicas y los bosques. El objetivo del estudio es evaluar los efectos antropogénicos de los usuarios del agua e identificar tanto los servicios ambientales proporcionados por los ecosistemas, como las actividades sociales y económicas, para impulsar estrategias que contribuyan al manejo del agua. El eje del trabajo se centra en el manejo integral de cuencas, ya que el agua es el recurso articulador para el funcionamiento de los ecosistemas, central para la vida de los seres humanos y para la producción de bienes y servicios. Para analizar los efectos antropogénicos, se elaboró una matriz de impacto ambiental, tomando como base la matriz de Leopold (1971), en la cual se establece la relación causa-efecto; además de estimar su intensidad, temporalidad, espacialidad y reversibilidad. Las actividades que desempeñan los usuarios del agua en la microcuenca del Río Pixquiac, tienen en su mayoría impactos de carácter adverso, aunque a diferente escala de intensidad y espacialidad. En cuanto al criterio de temporalidad, una tercera parte de los impactos son permanentes. Se determina que es fundamental desarrollar estrategias de gestión, que permitan tanto el cuidado como la conservación del agua y los bosques, con el propósito de amortiguar la degradación de los ecosistemas y asegurar el bienestar de la población a escala intergeneracional.

ABSTRACT

Human beings affect ecosystems, therefore it is important to evaluate the impact that their activities have upon the water basins, forests and on their environmental services. The aim of this paper is to evaluate anthropogenic effects of water users and identify environmental services provided by ecosystems, as well as social and economic activities, in order to promote strategies that contribute to an adequate water management. The main objective of this work is the integrated basins management, given that water is an indispensable resource for the working of the ecosystem, crucial to human lives, and central for the production of goods and services. In order to analyze anthropogenic effects, an environmental impact matrix was developed, based on Leopold's (1971) Matrix, in which the cause-effect relationships are established; besides estimating their intensity, temporality, spatiality and reversibility. Activities of water users in the Pixquiac River micro-basin tend to have a negative impact, although their intensity and spatiality varies. Regarding temporality, a third of impacts are permanent. Thus, it is fundamental to develop management strategies that enable protection and conservation of water and forests, in order to face environmental degradation and guarantee the trans-generational wellbeing of human populations.

* Recibido: marzo de 2011
Aceptado: octubre de 2011

Palabras clave: efectos antropogénicos, impactos ambientales, microcuenca, servicios ambientales, usuarios del agua.

Key words: anthropogenic effects, environmental impact, environmental services, micro-basin, water users.

INTRODUCCIÓN

Los modelos de desarrollo económico en la actualidad promueven la conversión de los ecosistemas a espacios monofuncionales, imponen sistemas tecnológicos que destruyen el equilibrio entre procesos biofísicos y humanos, entre otros efectos (Toledo, 2006). Debido al deterioro ambiental que se ha provocado, es necesario proponer mecanismos de recuperación de la naturaleza, donde se tomen en cuenta los bienes proporcionados por el ambiente; tal es el caso del desarrollo sustentable, que en sus bases establece la conservación de los recursos naturales a una escala intergeneracional.

Cabe señalar que las cuencas hidrológicas, principales fuentes de servicios ambientales relacionados con el agua, son de vital importancia para la subsistencia de los seres vivos, por lo cual es relevante conocer cuál es su papel en el ambiente, así como de los servicios ambientales que brindan junto con el bosque. Por esta razón, es importante llevar a cabo un buen manejo de los recursos hidrológicos, para evitar el deterioro de los bienes y servicios ambientales; esto quiere decir que si los usuarios del agua no utilizan sus recursos de manera racional, el resultado es un ambiente degradado difícil de recuperar.

El problema se centra en la microcuenca del Río Pixquiac, ya que es una importante fuente de agua dulce superficial que presta sus servicios ambientales, »el concepto de servicios ambientales establece las funciones que desempeñan los ecosistemas, para permitir que los seres humanos puedan vivir en la tierra« (Herman, 2004); como por ejemplo, la regulación del ciclo hidrológico, el mejoramiento de la calidad de agua disponible para uso doméstico o el control de la erosión del suelo y la sedimentación. Sin embargo, a pesar de que el agua es "suficiente" en esta microcuenca, el ser humano ejerce una influencia importante en el ciclo natural y antropogénico, ya que sus actividades diarias requieren cantidades significativas de este recurso.

Todo lo anterior representa un problema, ya que el consumo de agua per cápita aumenta, la población crece y en consecuencia, la demanda se eleva (UNESCO, 2003); esto

INTRODUCTION

The current models of economic development promote the conversion of ecosystem into mono-functional spaces, imposing technological systems that destroy the equilibrium between biophysical and human effects, amongst other effects (Toledo, 2006). Due to the environmental damage caused, it is necessary to propose mechanisms for nature's recovery taking into account the environmental goods. Such is the case of the sustainable development that establishes trans-generational conservation of natural resources.

Water basins are the main source of environmental services linked to water. They are vital for subsistence of living beings, making it imperative to know their role, as well as the environmental services they provide together with the forests. Thus, a poor management of water resources leads to decline in the quality of environmental goods and services; this means that if water users do not use their resources rationally, the result would be a degraded environment hard to recover.

The problematic situation focuses in the micro-basin of the Pixquiac River, as it constitutes an important source of surface fresh water providing important environmental services, »the concept of environmental services establishes the functions that ecosystems play in enabling human life on Earth« (Herman, 2004). In the Pixquiac River micro-basin, for example, they include regulating the hydrologic cycle, improving water quality for domestic use, controlling erosion and sedimentation. Nevertheless, although water in this micro-basin is "sufficient", human beings put an important pressure on the natural and anthropogenic cycle, as their quotidian activities demand significant amounts of this resource.

All this represents a problem. As the per capita water consumption increases and human populations augment, demand rises (UNESCO, 2003); this causes greater water extraction, intensifying the need of all other activities and their associated risks, putting all the functions of the ecosystem in danger.

Also, to this we must add the fact that fresh water sources are affected by pollution. Water is constantly in contact with sediments, nutrients and heat, which biotic and abiotic

provoca un aumento en su extracción, incrementando la necesidad de todas las demás actividades, con los riesgos consiguientes, poniendo en peligro prácticamente todas las funciones del ecosistema.

A esto, hay que añadir que las fuentes de agua dulce se ven afectadas por la contaminación; constantemente entran al agua sedimentos, nutrientes y calor, que los elementos bióticos y abióticos de los sistemas acuáticos son capaces de soportar durante cierto periodo de tiempo; sin embargo, cuando el hombre descarga grandes cantidades de dichas sustancias en un periodo de tiempo relativamente corto, el sistema se vuelve incapaz de soportarlo: la biodiversidad se pierde; los medios de subsistencia disminuyen; las fuentes naturales de alimentos se deterioran y se originan costos de remediación elevados (Marsily, 2003).

Se considera que una gran cantidad de residuos son depositados diariamente en las aguas receptoras de la microcuenca del Pixquiac, incluyendo residuos industriales y químicos, desechos humanos y agrícolas (fertilizantes, pesticidas y residuos de pesticidas), entre otros.

En virtud que la microcuenca del Río Pixquiac no está exenta de las afectaciones relacionadas con el desempeño de las actividades humanas, a pesar que es una fuente importante de agua dulce superficial que presta servicios ambientales a la capital del estado de Veracruz, es necesario que se evalúen las causas de su degradación ambiental, de acuerdo a cada actividad que implique el uso del agua, para identificar cuáles son los aspectos que deben atenderse en corto plazo.

La evaluación de los ecosistemas del milenio (EM), es un programa de trabajo internacional concluido en 2005, diseñado para los encargados de la toma de decisiones, en cuanto a la información científica sobre los vínculos entre el cambio de los ecosistemas y el bienestar humano.

La EM busca contribuir a la generación de capacidades individuales e institucionales suficientes, para llevar a cabo evaluaciones integradas de los ecosistemas, y actuar en conformidad con sus resultados. Con los nuevos recursos disponibles, las sociedades tienen que estar capacitadas para lograr un mejor manejo de sus recursos biológicos y sus ecosistemas.

Por otra parte, el manejo de los recursos naturales presenta cierto tipo de problemática, que se genera desde la parte alta de una cuenca, que puede afectar a usuarios y ecosistemas

elements of water systems can endure for certain time periods; however, when humans discharge an important amount of certain substances in short time lapses, the system is incapable of supporting this: biodiversity is lost; subsistence means diminish; natural food quality deteriorates, and high environmental remediation costs ensue (Marsily, 2003).

A great amount of residues are deposited daily in the waters of the Pixquiac River micro-basin, including industrial and chemical waste, garbage, and agricultural leftovers (fertilizers, pesticides, herbicides and rests), amongst others.

Given that the Pixquiac River micro-basin is not exempt of the harmful consequences of human activities, despite being an important source of fresh surface water, providing important services for the capital of the State of Veracruz, it is necessary to evaluate the causes of environmental degradation, linking each activity that implies water use, in order to identify central aspects that need urgent attention.

The millennium ecosystem assessment (MEA) is an international working program, it ran up to the year 2005, and was designed for decision makers in order to provide scientific information regarding the links between changes in ecosystems and human wellbeing.

MEA seeks to contribute to the generation of sufficient individual and institutional capacities in order to make integrated evaluations of ecosystems, translated into concrete results. Thus, given new resources, societies ought to be trained in order to manage better their biological resources and ecosystems.

However, natural resource management presents problems that are generated in the high basin and affect users and ecosystems in the lower basin. Thus, each impact derived from productive activities and mismanagement has distinct repercussions for communities and the ecosystem, depending on their territorial location (Cotler, 2009).

These kinds of characteristics make the utility of the basin manifest, as a place of analysis and management; given that it is a naturally bound territory, its landscapes are the spatial manifestation of the relation between rural and urban societies, and their environment.

The evaluation of anthropogenic effects in a micro-basin, aids a country or region to deepen the knowledge regarding the links between ecosystems and human wellbeing; it

de las zonas bajas. Así, cada uno de los impactos producidos por el manejo u actividad productiva, repercute con distinta intensidad sobre los pobladores y el ecosistema, dependiendo de su posición en el territorio (Cotler, 2009).

Este tipo de características ponen de manifiesto la utilidad de la cuenca como territorio de análisis y gestión, por ser un territorio delimitado naturalmente, sus paisajes constituyen la manifestación espacial de la relación entre las sociedades rurales, urbanas y su ambiente.

La evaluación de los efectos antropogénicos en una microcuenca, presta ayuda a un país o región ya que profundiza el conocimiento de los vínculos entre los ecosistemas y el bienestar humano; también integra información provista por las ciencias naturales y sociales; además facilita el manejo integrado de los ecosistemas (EM, 2005).

Por otro lado, la evaluación puede servir como herramienta para analizar la compatibilidad de las políticas implementadas por instituciones a diferentes escalas; identificar y evaluar las políticas y las opciones de manejo para la sustentabilidad de los servicios de los ecosistemas; así como su armonización con las necesidades humanas.

Debido que una evaluación integra aspectos económicos, ambientales, sociales y culturales, es importante poner de manifiesto el potencial de los ecosistemas para contribuir a la disminución de la pobreza y al fortalecimiento del bienestar social. Es por esto que resulta importante, la realización de estudios que permitan la evaluación de los efectos antropogénicos en la microcuenca del Río Pixquiac, en el entendido que la información obtenida servirá para determinar factores que ayuden a analizar la situación actual del recurso hídrico, mediante la identificación y análisis de los aspectos sociales, así como las actividades económicas que afectan la disponibilidad del agua en cuanto a calidad y cantidad.

Lo anterior, puede servir para impulsar acciones que contribuyan al manejo adecuado del agua y a los tomadores de decisiones a llevar una gestión eficiente del recurso, ya que también se evalúan otros aspectos que tienen que ver con los servicios ambientales.

Bajo esta problemática se pretende identificar ¿Cuáles son las actividades que realizan los distintos usuarios del agua y como afectan su disponibilidad en cuanto a cantidad y calidad?, con la finalidad de establecer las causas y efectos del ser humano que inciden en este recurso. A partir de lo

also integrates information provided by both natural and social sciences, as well as facilitating integrated ecosystem management (EM, 2005).

Besides, the evaluation can prove a useful tool to analyze the compatibility of politics implemented by institutions at different scales; identifying and evaluating both politics and management options for the sustainability of services provided by ecosystems and in order to harmonize them with human needs.

Given that evaluations integrate economic, environmental, social, and cultural aspects, it is important to manifest the potential of ecosystems for contributing to poverty mitigation and the consolidation of social wellbeing. Thus, it is important to make studies that allow the evaluation of anthropogenic effects in the Pixquiac River micro-basin, understanding that the information shall be used in order to determine factors that help to make an analysis of the current situation of water resources, after identifying and analyzing the social aspects as well as economic activities which affect water availability in terms of quality and quantity.

This can help to promote actions that contribute to an adequate water management and guide decision makers in issues surrounding water, although it must be said that other aspects are also considered relating to environmental services.

Under this perspective, what we seek to identify is: what are water users' activities and how do they affect water availability in terms of quality and quantity?, in order to establish the causes and effects of human beings' actions on the resource. Following from this, we establish the following hypothesis: anthropogenic activities have an impact on hydrological resources in the River Pixquiac micro-basin and on the ecosystem, producing a reduction in the quality and quantity of the resource.

MATERIALS AND METHODS

In order to evaluate anthropogenic effects on the micro-basin and fulfill the objectives of the present research, it was necessary to identify the effects of water users' activities on environmental services provided by forests and the micro-basin.

anterior, se establece la siguiente hipótesis: las actividades antropogénicas impactan los recursos hidrológicos de la microcuenca del Río Pixquiac y repercuten en el ecosistema, provocando una reducción en la calidad y cantidad del recurso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo la evaluación de los efectos antropogénicos y cumplir con los objetivos establecidos en la presente investigación, se llevó a cabo la identificación de los efectos de los usuarios del agua que inciden sobre los servicios ambientales proporcionados por los bosques y las cuencas.

En la Figura 1 se muestra la secuencia de trabajo, desarrollada para evaluar los efectos antropogénicos en la microcuenca del Río Pixquiac y se describen brevemente cada una de las etapas.

Identificación de las características de la zona de estudio

La microcuenca del Río Pixquiac, nace en la vertiente nororiental del sistema montañoso volcánico del Cofre de Perote a una altura de 3 760 msnm, en las coordenadas geográficas 19° 30' 36" de latitud norte y 97° 08' 51.6" de longitud oeste, se une a los 1 300 msnm con el río Sordo. La vegetación predominante en esta zona es el bosque mesófilo de montaña, caracterizado por ser uno de los tipos de vegetación más diversos.

De acuerdo con la carta hidrológica superficial del INEGI pertenece a la Cuenca del Río la Antigua. Los principales ríos de la microcuenca del Pixquiac son: el mismo Pixquiac (corriente principal), Huichila, Agüita fría, Xocoyolapan y Atopa. La población de la microcuenca es de 10 603 habitantes y tiene una superficie de 10 727 hectáreas, donde escurren 213 ríos (25 perennes y 188 intermitentes) a través del territorio en los municipios Perote, Las Vigas de Ramírez, Coatepec, Acajete y Tlalnahuayocan.

Determinación de los servicios ambientales proporcionados por cuencas y bosques

Por medio de investigación documental, se estudiaron los tipos de servicios ambientales, que brindan tanto las cuencas hidrológicas como los bosques, con la finalidad de identificarlos con facilidad en la microcuenca del Río Pixquiac.

The work sequence is outlined in Figure 1, developed in order to evaluate anthropogenic effects in the Pixquiac River micro-basin. Each step is briefly detailed.

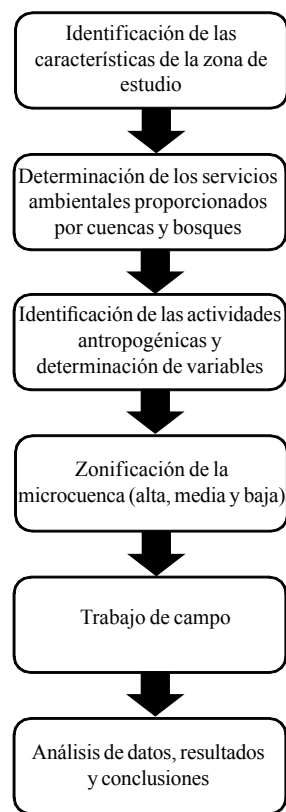


Figura 1. Esquema metodológico para evaluar los efectos antropogénicos.

Figure 1. Methodological diagram to evaluate anthropogenic effects.

Characteristics identification of the area under study

The source of the Pixquiac River micro-basin is at the northeastern volcanic mountain range Cofre de Perote at a height of 3 760 masl in the coordinates 19° 30' 36" north latitude and 97° 08' 51.6" west longitude; at 1 300 masl it joins the Sordo River. The predominant vegetation in this area is mesophilic mountain forest, characterized by very diverse vegetation.

According to the surface hydrology map of INEGI, it is part of the basin of the Antigua River. The main rivers in the micro-basin are the Pixquiac River (main current), Hichila River, Agüita Fria River, Xocoyolapan River, and Topa River. The total population in the micro-basin is 10 603 inhabitants, in a surface area of 10 727 ha with 213 rivers (25 perennial and 188 intermittent streams) in the municipalities of Perote, Las Vigas de Ramírez, Coatepec, Acajete and Tlalnahuayocan.

Servicios ambientales proporcionados por las cuencas hidrológicas

Calidad de agua superficial. Beneficio que se deriva de las cuencas hidrológicas y sus componentes para la purificación de los cuerpos de agua; es decir, para mantener la composición del agua superficial en términos físicos, químicos y biológicos (Ley de Aguas Nacionales, 2008).

Calidad de agua subterránea. El buen funcionamiento de las cuencas hidrológicas está ligado a conservación de los ciclos hidrológicos; por lo tanto, también beneficia el mantenimiento de los escurrimientos en calidad y cantidad (Ley de Aguas Nacionales, 2008).

Regulación de caudales. Reduce tanto el riesgo de inundaciones durante la temporada de lluvia, como la probabilidad de escasez de agua durante la temporada de secas (Madrigal, 2008).

Productividad acuática animal y vegetal. Las cuencas hidrológicas son un hábitat biológico riquísimo de reservas genéticas, que provee espacio y materiales para una multitud de organismos, que integran un alto porcentaje de la diversidad biótica del sistema acuático.

Belleza escénica. Para fines turísticos y científicos.

Servicios ambientales proporcionados por los bosques

Conservación de la biodiversidad. Los bosques albergan un porcentaje importante de la biodiversidad en el mundo, la pérdida del hábitat forestal es una de las principales causas de la disminución de especies (Pagiola, 2006).

Captura de carbono. Los bosques almacenan enormes cantidades de carbono (IPCC, 2010).

Microclima. Los bosques estabilizan la temporada regional, ya que su follaje absorbe, intercepta y refleja los rayos del sol (Aceves, 2005).

Retención hídrica. El suelo funciona como un filtro, zona de amortiguamiento y gran almacén del agua de lluvia, el bosque se humedece en las capas superiores de la corteza terrestre y la transporta a los acuíferos subterráneos, limpiándola de contaminantes y sustancias tóxicas (Pagiola, 2006).

Determining environmental services provided by basins and forests

Using documentary research methods, the types of environmental services provided by water basins and forests were studied, in order to clearly identify them within the Pixquiac River micro-basin.

Environmental services provided by hydrological basins

Surface water quality. Benefit derived from hydrological basins and their components for the purification of water bodies; that is to say, in order to keep the composition of surface water in physical, chemical and biological terms (Ley de Aguas Nacionales, 2008).

Underground water quality. The good working of hydrological basins is tied to the conservation of hydrological cycles, thus, it also benefits runoffs in terms of quality and quantity (Ley de Aguas Nacionales, 2008).

Flow's regulation. It reduces inundation risks during the rainy season, as well as the probability of water scarcity during dry season (Madrigal, 2008).

Vegetal and animal aquatic productivity. Water basins are a biological habitat very rich in genetic reserves, providing space and materials for any organisms that make up a high percentage of biotic diversity in aquatic systems.

Landscape beauty. For scientific and touristic ends.

Environmental services provided by forests

Biodiversity conservation. Forests account for an important share of the world's biodiversity, loss of forest habitat is one of the main causes of threat to species (Pagiola, 2006).

Carbon capture. Forests store enormous amounts of carbon (IPCC, 2010).

Microclimate. Forests stabilize seasons and regions; their foliage absorbs, intercepts, and reflects solar rays (Aceves, 2005).

Water retention. The soil works like a filter, a damper zone where water is stored. Forests are humid in the upper layers of earth and as water descends to the aquifer, it gets cleaned of pollutants and toxic substances (Pagiola, 2006).

Calidad del suelo. A partir de sus funciones de regulación, atenúa el efecto erosivo de los flujos y descargas durante las tormentas, controla la exportación de la materia orgánica y materiales disueltos, determina la composición biogeoquímica de las aguas disponibles para los organismos del suelo (Toledo, 2006).

Estabilidad del suelo. Las raíces de los árboles reducen la vulnerabilidad a la erosión, especialmente en las pendientes más pronunciadas; los bosques también ayudan a reducir el impacto de la lluvia en el suelo y el nivel de desalojamiento de partículas (Pagiola, 2006).

Se identificaron las actividades antropogénicas de los usuarios del agua en la microcuenca del Río Pixquiac, al determinar los tipos de uso de suelo en la región. Las actividades identificadas y las variables que se tomaron en cuenta para evaluar el alcance de sus impactos se enlistan a continuación:

Agrícola. Siembra de cultivos, control de insectos (uso de pesticidas), control de “malas hierbas” (uso de herbicidas) aplicación de agroquímicos y método de laboreo.

Pecuaría. Cría de ganado, aves o porcinos; alimentación de animales, limpieza del área donde habitan, pastoreo y sacrificio de animales.

Forestal. Explotación de bosques madereros, tala inmoderada, reforestación y monocultivo.

Acuicultura. Método de crianza; sustancias químicas utilizadas para la alimentación o enfermedades; introducción de especies no nativas; y modificación del patrón de corriente del agua superficial.

Doméstica. Descarga de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica, descarga de grasas y aceites, descarga de detergentes y jabones, redes de distribución, concesiones de agua para distintos usos e incineración de residuos.

Industrial. Explotación de acuíferos, descarga de aguas residuales con residuos tóxicos, derrames y escapes.

Zonificación

En la Figura 2 se tiene el mapa de la microcuenca del Río Pixquiac, donde se observan las zonas de acuerdo a su altitud, así como los principales usos del suelo.

Soil quality. Derived from its regulating functions, it attenuates the erosive effect of water flows and discharges during torments; it controls exports of organic matter and dissolved materials; it determines the biogeochemical composition of waters for soil organisms (Toledo, 2006).

Soil stability. The roots of trees reduce vulnerability in the face of erosion, especially in the steepest areas; forests also help reduce the impact of rainfall in soils and the level of dislodgement of particles (Pagiola, 2006).

The anthropogenic activities of water users in the Pixquiac River micro-basin were identified according to the types of land use in the region. Activities identified and variables considered in the evaluation of impacts are listed as follows:

Agricultural. Crop cultivation, insect control (pesticide use), weed control (herbicide use) and agrochemical use and farming techniques.

Livestock. Cattle breeding, bird breeding, poultry and pig farming; animal feeding, cleaning stables, pasturage and animal slaughter.

Forestry. Wood exploitation and logging, reforestation and monoculture.

Aquaculture. Chemical substances used for feeding or against illnesses; introduction of nonnative species; changing the flow of surface water currents.

Domestic. Wastewater discharge with high contents of organic matter, oils and fats, detergents and soaps; distribution networks; water concessions for different uses; burning of residues.

Industrial. Exploitation of aquifers; wastewater discharge with toxic residues; spills and leaks.

Zoning

Figure 2 presents the map of the Pixquiac River micro-basin, highlighting zones according to their elevation and main land uses.

Fieldwork

The use of questionnaires was directed to water users in the high, middle and lower basin areas; they had a series of specific questions regarding the everyday use of the

Trabajo de campo

Se aplicaron distintos cuestionarios dirigidos a los usuarios del agua de acuerdo a la zona alta, media y baja, consistentes en una serie de preguntas específicas con respecto al modo cotidiano de utilizar este recurso. Se determinó la muestra mediante un proceso aleatorio estratificado, tomando como base el tipo de ingreso y la población ocupada en el sector primario. En el Cuadro1 se tiene el resultado del cálculo de la muestra.

Como se observa en el Cuadro 1, se aplicó el instrumento de investigación a 41 personas dedicadas al sector primario, ya que en este sector se desempeñan la mayoría de los habitantes de la microcuenca, debido que las zonas altas y media corresponden a localidades rurales.

Para analizar los efectos antropogénicos identificados, se elaboró una matriz de impacto ambiental, tomando como base la matriz de Leopold (1971). En ésta se establece la relación causa-efecto, además de estimar su intensidad, temporalidad, espacialidad y reversibilidad (Gómez, 2003).

Cuadro 1. Cálculo de muestra para la microcuenca del Pixquiac.
Table 1. Sample calculation for the Pixquiac River micro-basin.

Localidad	Población sector primario	Proporción (%)	Muestras al 95% de confianza y 15% error
La Orduña	178	55	22
Ingenio del Rosario	45	14	6
Zapotal	37	11	5
Capulines	21	6	3
Vega de Pixquiac	21	6	3
Mesa de Laurel	23	7	3
Total	325	100	41

Fuente: observatorio del agua para el estado de Veracruz, ABCC. 2009.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los impactos ambientales se analizaron de acuerdo a los criterios señalados anteriormente, en el Cuadro 2 se tiene el número total de impactos generados en la región del Pixquiac, provocados por los usuarios del agua, respecto al criterio intensidad, está conformada por dos variables complementarias; el carácter y la magnitud del impacto.

The sample was determined by a stratified random process, based on the type of income and the population occupied in the primary sector. Table 1 shows the result of the sample calculations.

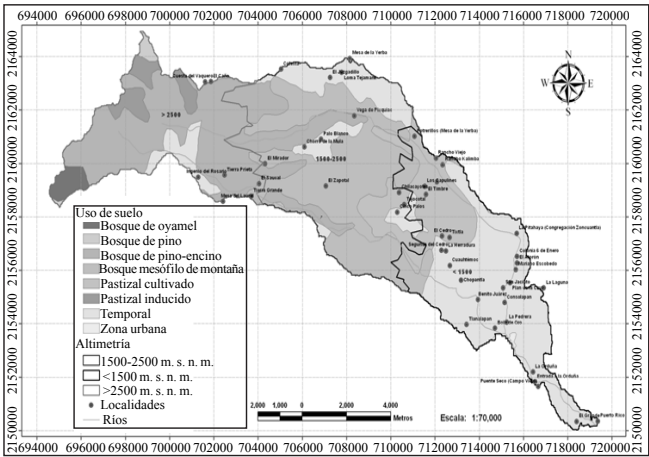


Figura 2. Mapa de la microcuenca del Río Pixquiac, sobre el uso de suelo en distintas zonas altimétricas.
Figure 2. Map of the Pixquiac River micro-basin according to elevation and main land use.

As it can be seen in Table 1, the research instrument was applied to 41 people working for the primary sector, which is the main sector of economic activity for the inhabitants of the micro-basin as the high and middle basin zones corresponding to rural areas.

In order to analyze the anthropogenic effects identified, an Environmental Impact Matrix was developed. It was based on Leopold’s (1971) Matrix, in

Cuadro 2. Número de impactos ambientales identificados en la microcuenca del Río Pixquiac, respecto al criterio de intensidad.**Table 2. Number of environmental impacts identified in the Pixquiac River micro-basin according to their intensity.**

Usuario	Intensidad							
	Impacto muy alto benéfico	Impacto alto benéfico	Impacto medio benéfico	Impacto bajo benéfico	Impacto bajo adverso	Impacto medio adverso	Impacto alto adverso	Impacto muy alto adverso
Agrícola	-	-	-	3	68	29	8	1
Pecuario	-	-	3	1	42	14	6	-
Forestal	2	7	7	1	17	21	6	-
Acuacultura	2	-	-	-	31	5	6	-
Industrial	-	-	-	-	3	7	8	4
Doméstico	-	-	4	-	63	35	3	6
Total	4	7	14	5	224	111	37	11
Total de impactos identificados= 413								

Fuente: observatorio del agua para el estado de Veracruz, ABCC. 2010.

Como se refleja en el Cuadro 2, las actividades que desempeñan los usuarios del agua tienen en su mayoría impactos de carácter adverso, aunque a diferente escala de intensidad, de los 413 impactos detectados, sólo 7% son benéficos y generalmente se refieren a beneficios económicos.

La mayor parte de los impactos adversos, considerados según nuestra clasificación, son de intensidad baja, en la actividad agrícola; por ejemplo, el uso de pesticidas para el control de insectos, afecta a ciertas especies que conforman la biodiversidad del bosque en el área donde son aplicados. Respecto a los impactos adversos de intensidad media, la actividad doméstica en la zona baja es la que afecta mayormente al ecosistema, ya que se descargan aguas residuales en concentraciones superiores a las que el río puede superar.

A pesar de que hay pocos efectos adversos de intensidad muy alta, éstos afectan a los servicios ambientales que proporcionan los ecosistemas; por ejemplo, en la zona baja se detectaron descargas de aguas residuales provenientes de la actividad industrial (empresas dedicadas la producción de lácteos, refresqueras, beneficios de café), por este motivo el recurso hídrico está degradado, ya que sus características fisicoquímicas y biológicas han sido alteradas en su totalidad. Por otra parte, en el Cuadro 3 se tiene el análisis de los impactos detectados respecto a los criterios de temporalidad, espacialidad y reversibilidad.

which cause-effect relationships are established, as well as their intensity, temporality, spatiality and reversibility (Gómez, 2003).

RESULTS AND DISCUSSION

Environmental impacts were analyzed according to the abovementioned criteria. The Table 2 has the total number of impacts generated by water users in the Pixquiac region according to the intensity criterion, which is made up of two complementary variables: type and impact magnitude.

As it can be seen in Table 2, the activities of water users mostly have an adverse impact, although at a different scale; out of the 413 detected impacts, only seven percent are positive and they generally refer to economic benefits.

According to our classification, most negative impacts are of a low intensity and in agricultural activities, for example, pesticide use for controlling insects is an aspect that affects other species that make up the forest's biodiversity in the areas where they are used. Regarding middle intensity adverse impacts, domestic activities in the lower basin are the most important challenge, as wastewaters are discharged in amounts greater than the river's capacity to overcome them.

Cuadro 3. Número de impactos ambientales identificados en la microcuenca del Río Pixquiac, respecto a criterios de temporalidad, espacialidad y reversibilidad.

Table 3. Number of environmental impacts identified in the Pixquiac River micro-basin according to their temporality, spatiality and reversibility.

Usuario	Temporalidad			Espacialidad			Reversibilidad	
	Temporal a corto plazo	Temporal a mediano plazo	Permanente	Alcance mínimo	Alcance local	Alcance regional	Reversible	Irreversible
Agrícola	48	45	16	71	27	11	47	34
Pecuario	30	25	11	52	11	3	27	20
Forestal	1	26	34	31	19	11	5	32
Acuacultura	14	12	18	36	8	-	13	18
Industrial	9	-	13	4	14	4	2	16
Doméstico	41	21	49	71	26	14	52	25
Total	143	129	141	265	105	43	146	145

Fuente: observatorio del agua para el estado de Veracruz, ABCC. 2010.

En el Cuadro 3 se observa, que el criterio de temporalidad, una tercera parte de los impactos son permanentes; es decir, que sus efectos persisten en un periodo de tiempo prolongado. Por ejemplo, en el caso de la actividad forestal, la explotación de árboles madereros y su reforestación con especies de árboles de un sólo tipo y con un método de siembra no acorde con los patrones naturales, afecta a los servicios ambientales a largo plazo, ya que no se pueden brindar los mismos servicios ambientales que proporcionaba el bosque antes de ser explotado (Llerena, 2010).

La actividad doméstica es la que tiene un mayor alcance espacial, ya que implica que haya una menor disponibilidad del agua en cuanto a la cantidad, al extraer agua desde la zona alta hasta la baja; por otro lado las descargas de agua residual en la zona baja, que han provocado un deterioro de este recurso, afecta incluso zonas más bajas donde confluye con otra microcuenca.

Por último, respecto al criterio de reversibilidad, se tiene que cerca de la mitad de los impactos evaluados con este criterio son irreversibles, siendo la actividad agrícola (con 34 impactos irreversibles) la que requiere de mayor atención por la utilización de agroquímicos y el mal manejo de sus tierras.

CONCLUSIONES

La actividad agrícola requiere de una atención inmediata, en cuanto al tipo de producción que se lleva a cabo en la microcuenca, ya que ésta es la actividad que tiene

Even if there are a few very high intensity negative impacts, they affect environmental services of the ecosystem. For example, in the lower basin, industrial wastewater discharges were detected (industries producing dairy products, soft drinks and coffee), degrading water resources and totally altering their physicochemical and biological characteristics. On the other hand, Table 3 shows the analysis of impacts regarding the temporality, spatiality and reversibility criteria.

In terms of temporality, Table 3 shows that a third part of the impacts are permanent, i. e., their effects endure for a long time. In forestry activities, for example, wood exploitation and reforestation occurs with a single variety of trees and with an inadequate planting method that disturbs natural patterns. It affects long terms environmental services as the forest is no longer able to provide the same environmental services as it was before being overexploited (Llerena, 2010).

Domestic activities impact the greatest spatial areas. They imply lower water availability in terms of water quantity, extracting water from the high up to the lower basin. Also, wastewater discharges in the lower basin have an impact that reaches far, to areas where the river meets another micro-basin.

Lastly, regarding the reversibility criteria, it's found that half of the evaluated impacts are irreversible. Agricultural activities, with 34 irreversible impacts, are the most pressing as they imply agrochemical use and land mismanagement.

mayor número de impactos irreversibles; es decir, que es imposible que el ecosistema pueda recuperar sus características originales sin necesidad de la intervención del hombre. Esto se debe porque se utilizan agroquímicos para mejorar la eficiencia de sus cultivos a corto plazo; que se han implementado tipos de cultivos que no son de la región y no se utiliza el método de rotación de tierras para la siembra.

Los actores gubernamentales no han atendido uno de los mayores retos establecidos incluso en las NOM-002-SEMARNAT-1996, ya que en la zona baja se observa un mayor grado de degradación del ecosistema acuático, debido a las descargas directas de tipo doméstico, porque no cuentan con un sistema de drenaje adecuado, ni mucho menos con una planta de tratamiento de aguas residuales.

La mayor parte de los impactos detectados son a largo plazo o permanentes; es decir, que los ecosistemas se ven afectados por un extenso periodo de tiempo, lo que amenaza tanto a la biodiversidad como a los servicios que suministran los ecosistemas para el futuro.

Lo anterior implica inversión tanto del sector público como privado, para optimizar las prácticas de producción del sector primario. Es fundamental desarrollar estrategias de gestión que permitan tanto el cuidado como la conservación del agua y los bosques, con el propósito de amortiguar la degradación de los ecosistemas y asegurar el bienestar de la población en una escala intergeneracional.

AGRADECIMIENTO

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), y fondos mixtos del estado de Veracruz; por el apoyo financiero para realizar el proyecto "Gestión integral del agua en la microcuenca del Río Pixquiac" (37-137).

LITERATURA CITADA

Aceves, P. 2005. Deforestación en México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). D. F., México. 46-50 pp.

CONCLUSIONS

Agricultural activities require an immediate attention, specifically regarding the type of production in the micro-basin which has the highest number of irreversible impacts and the ecosystem is unable to recuperate its original characteristics without human intervention. This is due to pesticide use in order to improve short term crop efficiency, as well as the use of crops that are not from the region and lack of crop rotation.

Government actors have not given priority to one of their greatest challenges, legally established in law NOM-002-SEMARNAT-1996. In the lower basin, one sees greater degradation of aquatic ecosystems from domestic wastewater discharges, due to the lack of an adequate sewage system and a much needed wastewater treatment plant.

Most impacts detected are permanent or long-termed, affecting ecosystems for a long period of time and threatening biodiversity and future environmental services provided by the ecosystem.

All this implies an investment in both, the public and private sector in order to optimize productive practices mainly in the primary sector. It is fundamental to develop management strategies that enable both, care and conservation of water and forests, in order to mitigate the degradation of the ecosystems and guarantee the wellbeing of populations in a trans-generational scale.

End of the English version



- Bishop, J. and Landell-Mills, N. 2003. Los servicios ambientales de los bosques. *In*: Pagiola, S. J. Bishop and Landell-Mills, N. (Comp.). La venta de servicios ambientales forestales. Instituto Nacional de Ecología (INE). México. 31-50 pp.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2007. Estadísticas del agua en México 2007. CONAGUA. México. 17-135 pp.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1984. Carta hidrológica de aguas superficiales, E14-3 Veracruz. Esc. 1:250 000. México.

- Cotler, H. and Care, G. 2009. Lecciones aprendidas del manejo de cuencas en México. Instituto Nacional de Ecología (INE). México. 15-16 pp.
- Evaluación de los ecosistemas del milenio (EM). 2005. Ecosistemas y bienestar humano: marco para la evaluación. World Resources Institute. 3-6 pp.
- Fundación ecológica y desarrollo. 2003. El agua, recurso limitado. Sequía, desertificación y otros problemas. Caja Madrid Obra Social. España. 23-85 pp.
- Gómez, D. 2003. Evaluación de impacto ambiental, un instrumento preventivo para la gestión ambiental. Mundi-Prensa. Madrid, España. 442-447 pp.
- Herman, R. 2004. Compensación por servicios ambientales y comunidades rurales. Instituto Nacional de Ecología (INE). México. 12-18 pp.
- Jaakonkari, M. 1996. Análisis de la relación entre neoliberalismo y desarrollo sustentable. *In*: Valdiviezo, R. and Flores, F. (Comp.). Importancia y perspectivas del desarrollo sustentable en México. Centro de estudios para el desarrollo sustentable. México. 15-36 pp.
- Ley de Aguas Nacionales. 1992. Última reforma aplicada en el Diario Oficial de la Federación. 18-04-2008.
- Llerena, C. 2003. Servicios ambientales en las cuencas y producción de agua, conceptos, valoración, experiencias y sus posibilidades de aplicación en el Perú. URL: <http://www.rlc.fao.org/foro/psa/pdf/llerena.pdf>.
- Maderey, L. 2005. Principios de hidrogeografía. Estudio del ciclo hidrológico. Instituto de Geografía de la UNAM. México. 89 p.
- Marsily, G. 2003. El agua. Siglo veintiuno editores. México. 94 p.
- Madrigal, R. 2008. El pago por servicios ecosistémicos y la acción colectiva en el contexto de cuencas hidrográficas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Costa Rica. 5-8 pp.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación, Ciencia y Educación (UNESCO). 2003. Agua para todos, agua para la vida. UNESCO/Mundi-Prensa libros. Francia. 8 p.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2002. Guía para la presentación de la manifestación de impacto ambiental. SEMARNAT. México. 97 p.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2004. Introducción a los servicios ambientales. SEMARNAT. México. 9-21 pp.
- Toledo, A. 2006. Agua, hombre y paisaje. Instituto Nacional de Ecología (INE). México. 124 p.
- Villegas, F. 1995. Evaluación y control de la contaminación. Universidad Nacional de Colombia. Colombia. 140-155 pp.
- Wagner, T. 1996. Contaminación, causas y efectos. Gernika. México. 56 p.