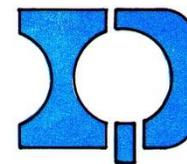




UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA



FACULTAD DE
INGENIERÍA QUÍMICA

“Agua: efectos provocados por las actividades antropogénicas en
la microcuenca del río Pixquiac”

TESIS

Que para obtener el título de:

Ingeniero Ambiental

Presenta:

Elba Lupita Alvarado Michi

Director Interno:

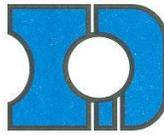
M. en C. Bertha Ma. Rocío Hernández Suárez

Director Externo:

Dra. María Del Socorro Menchaca Dávila

XALAPA-EQZ., VER.

DICIEMBRE DE 2010



**FACULTAD DE
INGENIERIA QUIMICA**

OFICIO: I. A. 103/2010
ASUNTO: Se autoriza
Impresión

A LA C. ELBA LUPITA ALVARADO MICHI
PASANTE DE LA CARRERA DE
INGENIERIA AMBIENTAL
P R E S E N T E.

Habiendo sido debidamente revisado y aprobado su trabajo
Recepcional: **TESIS** presentado por Usted, y que lleva por titulo "**AGUA:
EFECTOS PROVOCADOS POR LAS ACTIVIDADES
ANTROPOGÈNICAS EN LA MICROCUENCA DEL RÌO
PIXQUIAC.**", y estando de acuerdo con los catedráticos que integran el
Jurado de la Revisión Escrita de que es aceptable para su Examen
Profesional **AUTORIZO** que procede la Impresión de dicho trabajo.

A T E N T A M E N T E

Xalapa, Ver., a 02 de Diciembre de 2010

M. EN A. RAFAEL GOMEZ RODRIGUEZ
DIRECTOR



FACULTAD DE
INGENIERIA QUIMICA
DIRECCION
XALAPA, VER.

MAT.- S03000393
GEN.- 10
Latp*

RECONOCIMIENTOS

La presente tesis se elaboró en el marco del modelo científico del Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, ABCC (Agua, Bosques, Cuencas y Costas), es decir, la determinación y construcción del objeto de estudio, el marco teórico – conceptual y metodológico, así como el seguimiento del desarrollo de las distintas fases de la investigación, estuvo a cargo de la asesoría permanente de la Dra. Socorro Menchaca Dávila, Coordinadora Académica del OABCC, cuya sede está en el Centro de Ciencias de la Tierra de la Universidad Veracruzana, entidad académica en donde se desarrolló la tutoría y estancia científica de la investigación.

Se contó con el apoyo de las siguientes becas: Dirección General de Investigaciones de la Universidad Veracruzana, a través del proyecto “Red Académica del Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz” de la Convocatoria DGI-2007; PROMEP, proyecto “Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz”; “CONACYT-FOMIX-Veracruz, proyecto “Gestión Integral del Agua en la Microcuenca del Río Pixquiac” (37137).

También se contó con la colaboración y apoyo del Dr. Gabriel Díaz Padilla, Investigador Titular del Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) región Xalapa, en conjunto con su equipo de trabajo, en cuanto a las recomendaciones y apoyo para el cálculo de la muestra, así como aportaciones técnicas para la elaboración de este estudio.

La Facultad de Ingeniería Química, carrera Ingeniería Ambiental, sobre todo a la M. en C. Bertha Ma. Rocío Hernández Suárez, Directora Interna de esta tesis, que con su experiencia, dedicación y atención se logró la culminación de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, mi testigo, mi amigo, tan perfecto, que sólo Tú sabes alinear cada elemento en su momento y en su lugar.

A mis padres, Adrián y Cira que han creído en mí y que han puesto su empeño inquebrantable para ver sus esfuerzos reflejados en mi superación. Su apoyo, su cariño y confianza son los que me mantuvieron de pie en este camino.

Mis hermanos Adriana y Yair, mis compañeros y amigos de toda la vida, a quienes quiero mucho, segura de que estarán ahí para dedicarnos apoyo mutuamente.

A mi ser amado Mauricio Vázquez, que me ha manifestado su amor en cada momento.

A mis tíos y mi familia en general, que han creído en mí, que se preocupan por mi bienestar.

A mis grandes amigos, con quienes he aprendido tantas cosas y compartido momentos memorables de mi vida, Rosaura Mora eres un gran ejemplo, Haydée Villaseca, Raquel Gasperín, Berenice Saldaña, María Medina, Verónica Larios, Eder Díaz, Amygzaday López, Jasmin M. Galicia, Diana Aquino, Montse Valerio, Nayelit Muñoz, Ana L. Ortiz, Edith G. Hernández, Rosario Castelán, Naxhiely Perdomo, Jocelyn García, Víctor Cábal, Juan A. Sanchez, Heraclio Marini, Jaciel Muñoz.

Agradezco la compañía y sincero apoyo de mis compañeros y amigos en esta trayectoria de investigación Karina Zapata, David Méndez y Marco A. Pérez, quienes estuvieron conmigo durante este proceso.

Al equipo directivo, académico, técnico y administrativo del Centro de Ciencias de la Tierra, en especial al Mtro. Ignacio Mora, Dr. Gilbert Torres, Mtro. Emilio Pratz, y Mtro. Edgar Hernández.

A los Maestros Rafael Gómez y Betzabé Mora de la Facultad de Ingeniería Química, quienes me honraron con sus aportaciones para hacer de éste un mejor trabajo.

Mi intento es impregnar mi gratitud con cada uno de mis actos.

Capítulo I. Introducción.....	1	3.5.1 Administración de los derechos del agua en México.....	56
Antecedentes.....	4	3.5.2 Instituciones relacionadas con el agua en México	57
Justificación.....	5	3.5.3 Políticas públicas del agua.....	58
Objetivos.....	6		
Capítulo II. Desarrollo Sustentable y Servicios Ambientales.....	7	Capítulo IV. Los usuarios del agua y las actividades antropogénicas en la microcuenca del río Pixquiac.....	61
2.1 Concepto de desarrollo.....	7	4.1 Concepto de actividad antropogénica.....	61
2.2 Desarrollo neoliberal.....	9	4.2 Efectos antropogénicos.....	63
2.3 Desarrollo sustentable.....	12	4.2.1 Agua.....	64
2.4 Desarrollo neoliberal vs. desarrollo sustentable.....	15	4.2.2 Suelo.....	66
2.5 Los servicios ambientales.....	19	4.2.3 Impactos en la salud humana.....	68
2.6 Tipos de servicios ambientales.....	21	4.2.4 Vulnerabilidad humana a los desastres naturales	70
2.7 Importancia de los servicios ambientales proporcionados por los bosques y las cuencas.....	24	4.3 Actividades socioeconómicas desarrolladas en la microcuenca del río Pixquiac.....	71
2.7.1 Servicios ambientales proporcionados por los bosques.....	24		
2.7.2 Importancia del suelo.....	26	Capítulo V. Metodología.....	75
2.7.3 Servicios ambientales proporcionados por las cuencas.....	29	5.1 Planteamiento del problema.....	75
Capítulo III. Problemática de los recursos hídricos..	32	5.2 Metodología.....	76
3.1 Importancia del agua.....	32	5.2.1 Identificación de las características de la zona de estudio.....	77
3.2 Problemática de los recursos hídricos a escala mundial.....	33	5.2.2 Identificación de los servicios ambientales que proporcionan los bosques y las cuencas hidrológicas.....	78
3.3 Situación de los recursos hídricos en México.....	39	5.2.3 Identificación de las actividades antropogénicas por medio de cartografía.....	78
3.4 El ciclo del agua.....	42	5.2.4 Determinación de variables.....	79
3.4.1 Ciclo natural del agua.....	43	5.2.5 Zonificación de la microcuenca.....	83
3.4.2 Ciclo natural-antropogénico del agua.....	49	5.2.6 Determinación de las categorías de muestreo y sitios de muestreo.....	85
3.5 Gestión del agua.....	56		

5.2.7 Diseño y aplicación de los cuestionarios para los usuarios del agua.....	86
5.2.8 Aplicación de la matriz de Leopold modificada en cada zona de la región.....	86
Capítulo VI. Resultados y discusión.....	91
6.1 Actividad agrícola.....	91
6.1.1 Servicios ambientales proporcionados por las cuencas hidrológicas afectados por la actividad agrícola.....	92
6.1.2 Servicios ambientales proporcionados por los bosques afectados por la actividad agrícola.....	95
6.1.3 Sociedad.....	99
6.2 Actividad pecuaria.....	104
6.2.1 Servicios ambientales proporcionados por las cuencas hidrológicas afectados por la actividad pecuaria.....	105
6.2.2 Servicios ambientales proporcionados por los bosques afectados por la actividad pecuaria.....	109
6.2.3 Sociedad.....	111
6.3 Actividad forestal.....	116
6.3.1 Servicios ambientales proporcionados por las cuencas hidrológicas afectados por la actividad forestal.....	117
6.3.2 Servicios ambientales proporcionados por los bosques afectados por la actividad forestal.....	117
6.3.3 Sociedad.....	123
6.4 Actividad de acuicultura.....	126
6.4.1 Servicios ambientales proporcionados por las cuencas hidrológicas afectados por la actividad de acuicultura.....	127

6.4.2 Servicios ambientales proporcionados por los bosques afectados por la actividad de acuicultura.....	131
6.4.3 Sociedad.....	133
6.5 Actividad industrial.....	135
6.5.1 Servicios ambientales proporcionados por las cuencas hidrológicas afectados por la actividad industrial.....	135
6.5.2 Servicios ambientales proporcionados por los bosques afectados por la actividad industrial.....	139
6.5.3 Sociedad.....	141
6.6 Actividad doméstica.....	144
6.6.1 Servicios ambientales proporcionados por las cuencas hidrológicas afectados por la actividad doméstica.....	145
6.6.2 Servicios ambientales proporcionados por los bosques afectados por la actividad doméstica.....	150
6.6.3 Sociedad.....	152

Capítulo VII. Conclusiones y recomendaciones 156

7.1 Conclusiones.....	156
7.2 Recomendaciones.....	159

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Comparación entre desarrollo sustentable y desarrollo neoliberal.....	18
Tabla 4.1 Actividad económica por municipio y sector de ocupación.....	73

Tabla 5.1 Definición de variables independientes.....	80	Tabla 6.6 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios del sector pecuario en la microcuenca del río Pixquiac. Criterio analizado: Temporalidad.....	108
Tabla 5.2 Definición de variables dependientes.....	82	Tabla 6.7 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios del sector pecuario en la microcuenca del Río Pixquiac. Criterio analizado: Espacialidad....	110
Tabla 5.3 Zonificación de la microcuenca del río Pixquiac de acuerdo con la altitud y tipos de uso de suelo.....	83	Tabla 6.8 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios del sector pecuario en la microcuenca del río Pixquiac. Criterio analizado: Reversibilidad.....	112
Tabla 5.4 Cálculo de la muestra para aplicación de cuestionarios en la microcuenca del río Pixquiac.....	86	Tabla 6.9 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios del sector forestal en la microcuenca del río Pixquiac. Criterio analizado: Intensidad.....	118
Tabla 5.5 Matriz de Leopold modificada.....	88	Tabla 6.10 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios del sector forestal en la microcuenca del río Pixquiac. Criterio analizado: Temporalidad.....	119
Tabla 6.1 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios del sector agrícola en la microcuenca del río Pixquiac. Criterio analizado: Intensidad.....	94	Tabla 6.11 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios del sector forestal en la microcuenca del río Pixquiac. Criterio analizado: Espacialidad.....	121
Tabla 6.2 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios del sector agrícola en la microcuenca del Río Pixquiac. Criterio analizado: Temporalidad...	96	Tabla 6.12 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios del sector forestal en la microcuenca del río Pixquiac. Criterio analizado: Reversibilidad.....	123
Tabla 6.3 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios del sector agrícola en la microcuenca del Río Pixquiac. Criterio analizado: Espacialidad....	98	Tabla 6.13 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios en acuicultura en la microcuenca del río Pixquiac. Criterio analizado: Intensidad.....	128
Tabla 6.4 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios del sector agrícola en la microcuenca del Río Pixquiac. Criterio analizado: Reversibilidad..	100		
Tabla 6.5 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios del sector pecuario en la microcuenca del río Pixquiac. Criterio analizado: Intensidad.....	106		

Tabla 6.14 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios en acuacultura en la microcuenca del río Pixquiac. Criterio analizado: Temporalidad.....	129	Tabla 6.22 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios del sector doméstico en la microcuenca del río Pixquiac. Criterio analizado: Temporalidad...	149
Tabla 6.15 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios en acuacultura en la microcuenca del río Pixquiac. Criterio analizado: Espacialidad.....	130	Tabla 6.23 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios del sector doméstico en la microcuenca del río Pixquiac. Criterio analizado: Espacialidad....	151
Tabla 6.16 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios en acuacultura en la microcuenca del río Pixquiac. Criterio analizado: Reversibilidad.....	132	Tabla 6.24 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios del sector doméstico en la microcuenca del río Pixquiac. Criterio analizado: Reversibilidad..	153
Tabla 6.17 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios del sector industrial en la microcuenca del río Pixquiac. Criterio analizado: Intensidad.....	136	Tabla 6.25 Principales diferencias del impacto ambiental provocado por los usuarios del agua en cada zona de la microcuenca del río Pixquiac.....	155
Tabla 6.18 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios del sector industrial en la microcuenca del río Pixquiac. Criterio analizado: Temporalidad...	137		
Tabla 6.19 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios del sector industrial en la microcuenca del río Pixquiac. Criterio analizado: Espacialidad....	138		
Tabla 6.20 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios del sector industrial en la microcuenca del río Pixquiac. Criterio analizado: Reversibilidad..	140		
Tabla 6.21 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios del sector doméstico en la microcuenca del río Pixquiac. Criterio analizado: Intensidad.....	147		

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Esquema de los tres pilares del desarrollo sustentable.....	13
Figura 2.2 Tipos de servicios ambientales.....	23
Figura 2.3 Beneficiarios de los servicios ambientales...	28
Figura 3.1 Relación entre la disponibilidad de agua y la población.....	36
Figura 3.2 Uso promedio de agua por persona por día (litros) 1998-2002.....	37
Figura 3.3 Población carente de acceso de agua y saneamiento.....	38

Figura 3.4 Variación de la disponibilidad media del agua per cápita de 1950 a 2005 en México (m ³ /persona-año)	40	Figura 6.10 Estanque criadero de truchas en la zona baja.....	134
Figura 3.5 Ciclo natural del agua.....	44	Figura 6.11 Deterioro del acceso principal de la Localidad La Orduña, Coatepec.....	142
Figura 3.6 Diagrama de patrones de escurrimiento.....	47	Figura 6.12 Origen del agua que llega a las viviendas y escases en el hogar en la microcuenca del Pixquiac.....	144
Figura 3.7 Ciclo natural-antropogénico del agua.....	50	Figura 6.13 Descarga de aguas residuales en la zona baja.	146
Figura 3.8 Actores e interacciones en un sistema de administración de derechos del agua.....	58	Figura 6.14 Presa Vega de Pixquiac en la zona media.	146
Figura 4.1 Crecimiento de la población en las revoluciones humanas.....	62		
Figura 4.2 Principales causas de la degradación de los suelos en México, 1999.....	66		
Figura 5.1 Esquema metodológico.....	77		
Figura 5.2 Mapa de la microcuenca del río Pixquiac de acuerdo a la altitud y tipos de uso de suelo..	84		
Figura 6.1 Principales tipos de cultivo y superficie de siembra en la microcuenca del Pixquiac.....	92		
Figura 6.2 Cosecha de papa para su comercialización en la zona alta.....	102		
Figura 6.3 Pendiente de suelo desgastada, consecuencia del cultivo en laderas en la zona media.....	103		
Figura 6.4 Principales animales de crianza y superficie que se destina al pastoreo en la microcuenca del Pixquiac.....	104		
Figura 6.5 Pastoreo de ganado en la zona alta.....	114		
Figura 6.6 Alimentación de ganado por acarreo de pasto en la zona baja.....	114		
Figura 6.7 Especie de pino cultivado en la zona alta....	124		
Figura 6.8 Manejo forestal en la zona media de la microcuenca.....	125		
Figura 6.9 Estanque para criadero de truchas en la zona media.....	133		
		ANEXOS	
		Anexo I. Normas Oficiales Mexicanas en materia de Agua.....	162
		Anexo II. Instituciones relacionadas con el agua en México en el ámbito federal.....	164
		Anexo III. Cuestionarios aplicados en campo.....	166
		REFERENCIAS.....	171

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación está basado desde la perspectiva del manejo integral de cuencas, ya que el agua es un recurso esencial para el desempeño de las actividades de los seres vivos. A pesar de la importancia que representa este recurso, su situación actual es digna de atender debido a que las prácticas humanas no han tomado en cuenta los efectos de degradación que provocan en la disponibilidad de los recursos hídricos respecto a su calidad

y cantidad.

Esto se debe principalmente al modelo de desarrollo económico que impera en la actualidad a escala mundial, ya que el uso de los recursos naturales se basa en las reglas que delimita el mercado de libre comercio.

Por lo anterior, es importante analizar cómo es que el hombre afecta a la naturaleza, para atender los aspectos en los cuales tienen inferencia, específicamente los usuarios del agua, y así actuar de manera pertinente para llevar a cabo las actividades socioeconómicas de una forma más eficiente y en armonía con el ambiente.

El propósito es desarrollar instrumentos que permitan evaluar las alteraciones antropogénicas en los servicios ambientales que prestan las cuencas hidrológicas y los bosques, particularmente en la microcuenca del río Pixquiac, unidad que ha sido determinada como área de estudio, la cual abarca los municipios de San Rafael Tlalnelhuayocan, Coatepec, Acajete, Las Vigas de Ramírez y Perote.

AGÜA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas
en la microcuenca del río Pixquiac

Elba Lupita Alvarado Michi

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 tener en cuenta que si no se lleva a cabo un buen manejo de los recursos hidrológicos, se propicia al deterioro de los bienes y servicios ambientales; esto quiere decir que si los usuarios del agua no utilizan sus recursos de manera consciente, el resultado es un ambiente degradado y difícil de recuperar.

En virtud de que la microcuenca del río Pixquiac no está exenta de las afectaciones relacionadas con el

desempeño de las actividades humanas, a pesar de que es una fuente de agua dulce superficial que presta servicios ambientales, incluso 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 de forma inmediata.

Por esta razón, el principal objetivo de esta investigación es evaluar los efectos antropogénicos que sobre la microcuenca del río Pixquiac provocan los distintos usuarios del agua, para que una vez que se conozcan puntualmente las causas de las afectaciones, puedan tomarse decisiones adecuadas respecto al manejo de los recursos naturales, especialmente los recursos hidrológicos.

El contenido de los capítulos se conforma de la siguiente manera:

El Capítulo II incluye los conceptos relacionados con el desarrollo del ser humano, analizando los modelos económicos, que han sido la causa principal de la

degradación ambiental, así como la iniciativa del desarrollo sustentable para dar un panorama de las expectativas de esta propuesta. En este capítulo también se identifican los servicios ambientales y sus interacciones con elementos bióticos y abióticos, mismos que son afectados por el hombre.

El Capítulo III contiene lo relacionado con la problemática actual de los recursos hídricos, así como la importancia del ciclo natural y antropogénico del agua, por último, se hace referencia de algunos de los conceptos que tienen que ver con la administración pública del agua.

En el Capítulo IV denominado “Los usuarios del agua y las actividades antropogénicas en la microcuenca del río Pixquiac” contiene la descripción de algunos efectos antropogénicos, así como las distintas actividades de los habitantes de la microcuenca, que son susceptibles de afectar a los recursos hidrológicos.

En el Capítulo V, referente a la metodología, se desarrollan las técnicas e instrumentos que se siguieron para obtener datos útiles a la investigación, como la

adaptación de la Matriz de Leopold Modificada que consiste en un análisis cualitativo y cuantitativo de las actividades humanas y su afectación a los servicios ambientales y sociedad.

En el Capítulo VI se realiza un análisis y discusión de los efectos provocados por los usuarios del agua en los servicios ambientales proporcionados por las cuencas hidrológicas y los bosques, así como las afectaciones a la misma sociedad.

Finalmente, en el Capítulo VI se presentan las conclusiones y recomendaciones de acuerdo a lo que se observó durante el desarrollo de la investigación.

Antecedentes

La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM) es un programa de trabajo internacional concluido en el 2005, diseñado para satisfacer las necesidades que tienen los encargados de la toma de decisiones de contar con 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. En el análisis final y con los nuevos recursos disponibles, las sociedades tienen que estar capacitadas para lograr un mejor manejo de sus recursos biológicos y sus ecosistemas.

Respecto al continente americano, para llevar a cabo el manejo integrado de los recursos hídricos en la cuenca del río Amazonas, se inició una plataforma que tuvo lugar en 1992 mediante la conferencia de Manaus, Brasil sobre la cooperación Sur-Sur en el trópico húmedo, con la

colaboración entre los ocho países amazónicos y de estos con otras regiones del bosque tropical y con todos los países del mundo, particularmente relevante con los aspectos del agua a nivel regional y mundial. El Núcleo de Altos Estudios Amazónicos de la Universidad du Pará en conjunto con la UNESCO han llevado a cabo un trabajo holístico para la preservación de la naturaleza de la Pan-Amazonía.

Por otra parte, en el país también se han tenido avances respecto al estudio de las alteraciones antrópicas a nivel de microcuencas, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), publicó en 1997 un manual para la evaluación social en las microcuencas con el objetivo de analizar las características sociales de los usuarios del agua, orientado a evaluar la factibilidad social de los proyectos de pequeña irrigación, dotación de agua potable, drenaje y ordenamiento de aprovechamientos, entre otros, bajo la perspectiva social. Esta evaluación se lleva a cabo por medio de técnicas de investigación social, que a su vez, son un recurso útil para identificar las condiciones o conflictos sociales que limitan el uso o distribución de los recursos hídricos, así como para

AGUA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas en la microcuenca del río Pixquiác

Elba Lupita Alvarado Michi

buscar alternativas que permitan minimizar estos obstáculos y promover una mayor participación social en las políticas del agua.

Es también necesario poner de manifiesto la utilidad de la cuenca como territorio de análisis y gestión, por ser un territorio, delimitado por límites naturales, sus paisajes constituyen la manifestación espacial de la relación entre las sociedades, rurales y urbanas y, su ambiente. Cotler H. (2009) sostiene que el manejo de los recursos naturales presenta cierto tipo de problemática, que se genera desde la parte alta de la cuenca, que puede afectar a usuarios y ecosistemas de las zonas bajas, esto quiere decir que cada uno de los impactos producidos por una actividad productiva repercute con distinta intensidad sobre los pobladores y el ecosistema, dependiendo de su posición en el territorio.

En la actualidad existen pocos estudios en relación a los impactos ambientales sobre una microcuenca, por este motivo se lleva a cabo un estudio que facilite la identificación de las alteraciones de origen antropogénico, con la finalidad de evaluar su intensidad en el tiempo, en el espacio y su

capacidad de reversibilidad.

Justificación

La evaluación de los efectos antropogénicos en una microcuenca, presta ayuda a un país o región ya que profundiza el conocimiento de las relaciones y vínculos entre los ecosistemas y el bienestar humano; también integra información provista por las ciencias naturales y sociales; y 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 el sostenimiento de los servicios de los ecosistemas; así como su armonización con las necesidades humanas.

Debido a 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.

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 de 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 su 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 adecuada del recurso, ya que también se evalúan otros aspectos que tienen que ver con los servicios ambientales.

Por último, la ampliación de los conocimientos en el ámbito de la ingeniería ambiental respecto a la identificación de los efectos adversos que el ser humano es capaz de provocar en el sistema hidrológico, es indispensable para desarrollarse como profesionistas en el ámbito de la evaluación del impacto ambiental.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar los efectos antropogénicos que sobre la microcuenca del río Pixquiac provocan los distintos usuarios del agua.

Objetivos Específicos

- Identificar los servicios ambientales proporcionados por las cuencas y los bosques.
- Identificar los aspectos sociales y las actividades económicas en los cinco municipios que abarca la microcuenca del río Pixquiac.

AGUA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas en la microcuenca del río Pixquiac

Elba Lupita Alvarado Michi

- Identificar cuáles son los efectos adversos más significativos provocados por las actividades

humanas, sociales y económicas en la región del Pixquiac.

estructura de arreglos institucionales, con la finalidad de lograr objetivos y distribuir los resultados de su actividad productiva. El desarrollo puede entenderse como los aspectos permanentes y estructurados de la política económica de cualquier país, a un mediano o largo plazo (Di Pace, 1992).

CAPÍTULO II

DESARROLLO SUSTENTABLE Y SERVICIOS AMBIENTALES

2.1 Concepto de desarrollo

Algunos aspectos de los modelos de desarrollo, se refieren a la manera en que una sociedad utiliza los recursos naturales, se interrelaciona con otras sociedades, responde a los cambios y procesos de creación bajo una

En este sentido, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en su primer Informe de Desarrollo Humano (IDH) en 1990, declara que desarrollo, en general, es un proceso de vida que permite contar con alternativas u opciones de selección para las personas, entre las cuales resalta: a) La búsqueda de conocimientos, b) La posibilidad de tener una vida prolongada y saludable, y c) Tener acceso a los recursos que permitan un nivel de vida aceptable. De esta manera, para el año 2001, la ONU señala en que el concepto de desarrollo consiste en “la ampliación de las opciones que los pueblos tienen para vivir de acuerdo con sus valores” (ONU, 2001, p.11).

Precediendo a esta conceptualización, en 1949 el presidente de Estados Unidos, Harry Truman implementó la

AGÜA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas en la microcuenca del río Pixquiac

Elba Lupita Alvarado Michi

Ley de Desarrollo, e hizo una categorización del mundo en Países Desarrollados y Países Subdesarrollados esta ley representaba, en primera instancia, la explotación económica de recursos tales como tierra, minerales y productos forestales, en segundo plano se tomaba en cuenta el “progreso” y el “bienestar” (Sachs, 1997).

En este contexto, en la década de los sesenta se creía que el crecimiento económico era el factor más importante en la base de desarrollo de un país ya que se consideraba suficiente y necesario para resolver otros problemas, incluyendo temas sociales tales como el empleo y la pobreza. A fines de los años sesenta, los expertos del Banco Mundial se dieron cuenta que las políticas de crecimiento no funcionaban por que tanto la pobreza como el desempleo incrementaban y la situación alimentaria no parecía mejorar. Además, que una elevada tasa de crecimiento no podía coexistir con situaciones de deterioro del empleo y con la pobreza, así que se inició la búsqueda de estrategias de desarrollo económico y social más orientadas al empleo (Emmerij, Núñez, 1998).

Se debe mencionar que existen distintos modelos de desarrollo económicos, en el transcurso de la historia han surgido diferentes teorías, "...unas enfatizando en la industrialización, otras en el comercio, o los recursos naturales, y últimamente se pone un énfasis en la tecnología y la información" (Murillo, 2001, p. 28); los modelos que predominan fueron fundamentados en los antiguos prototipos de Newton y Descartes, quienes tenían una concepción mecanicista de un universo infinito, cuantitativo y constituido por piezas separables y sustituibles, dentro del cual, las partes eran consideradas las más importantes que el todo y la estructura era determinante de los procesos, lo que se encuentra en contraposición de la realidad (Negret, 2001).

El desarrollo económico puede ser definido de distintas maneras, de acuerdo con Millán (1998) en general, existen dos grandes líneas: en la primera, el desarrollo es visto como un proceso de crecimiento del producto per cápita que se ve acompañado por una distribución más equitativa del ingreso y de sustanciales mejoras en el

bienestar social; la segunda línea de interpretación consiste en un proceso global de alteraciones estructurales, que tiene efectos polarizados, en donde se da la acumulación del capital, pues genera crecimiento del producto per cápita.

De esta manera es como se han creado controversias en torno al modelo económico neoliberal, que es el que prevalece en la actualidad en el mundo contemporáneo, por lo cual se han creado propuestas alternativas a esta tendencias de “crecimiento” para atenuar los efectos provocados en la sociedad; la economía local y sobre todo el medio ambiente, como es el caso del desarrollo sustentable. Ambos conceptos se describen en este estudio con la finalidad de comparar estos modelos para resaltar sus características principales.

2.2 Desarrollo Neoliberal

El desarrollo neoliberal o neoliberalismo nace después de la Segunda Guerra Mundial como una reacción política e ideológica. Las ideas básicas del neoliberalismo se estructuraron en un marco que sirve de guía y orientación para los procesos socioeconómicos de los países

desarrollados con la finalidad de enfrentar la crisis de los años setenta y ochenta. Los economistas lo han definido de distintas maneras, Jaakonkari (1996) describe:

...Se puede encuadrar al neoliberalismo como una corriente de pensamiento económico que se origina a raíz de la globalización de los mercados mundiales, en tal sentido se descarta la participación directa del Estado en la actividad económica y permite que las fuerzas de oferta y demanda determinen la participación de organismos privados, desplazándose de esta acción los recursos públicos; de este fenómeno es obvio que el Estado sólo será regulador y no promotor del desarrollo económico (p. 20).

El neoliberalismo atravesó su primera etapa hacia 1947, su tesis básica es que el *mercado* constituye el mejor instrumento, el más eficaz para la asignación de recursos económicos y la satisfacción de necesidades, su objetivo central es el crecimiento económico ante todo.

A fines de los años 70's el neoliberalismo inició su etapa más sólida, de acuerdo con Sachs (1997), con las administraciones de Thatcher (Gran Bretaña, 1979) y Regan (EE.UU., 1980). A partir de esto, la doctrina neoliberal fijó un

AGUA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas en la microcuenca del río Pixquiac

Elba Lupita Alvarado Michi

programa de política económica relativamente uniforme y de alcance mundial, sin embargo, se hizo hincapié en la búsqueda de competitividad mediante el refuerzo de la política de disminución del costo de la fuerza de trabajo y los salarios (Sachs, 1997).

Debido a lo anterior, el estallido de la pobreza durante los 80's adquirió gran importancia porque fue producto de un fuerte e incesante incremento de la desigualdad, que continúa hasta el presente. Es en este periodo cuando se considera al trabajo como asunto prioritario, Ezcurra (1998) señala que se perciben riesgos para la viabilidad política del programa neoliberal, ya que el crecimiento económico no redundaba en una mejora social. Es importante mencionar que la concentración de la riqueza ha estado en manos de las minorías, esto quiere decir, entre empresarios, gobernantes, reyes, sacerdotes, nobles, burócratas, lo cual significa la degradación económica y social de las grandes masas de población (Sunkel y Paz, 1982). Así, el papel del trabajo retrocedió a una instancia de mercancía comprada al menor precio, tendencia que perduró y se acentuó en los 90's.

En este escenario, la cuestión social es concebida como factor de desorden y de riesgo político con lo cual se tiene previsto un fracaso, ya que según coinciden Ornelas (1997) y Menchaca (2005), los instrumentos del Estado se muestran incapaces para frenar la profundización de la recesión económica y ofrecer estabilidad al proceso de acumulación del capital, al mismo tiempo se percibe que la vía propuesta para alcanzar el "bienestar económico" no ha cubierto los alcances a escala humana y tampoco ha tomado la importancia que alberga la naturaleza. Sin embargo, se aseguró que se trataba sólo de resultados momentáneos o transitorios, no obstante el retroceso social constituye un impacto negativo de largo plazo, e incluso se estima que el sistema que actualmente nos rige está en una dirección equivocada, ya que sólo se basa en flujos económicos, es por esto que se requiere de una visión integral del desarrollo.

Por otra parte García (1992), menciona que considerando al neoliberalismo desde una perspectiva latinoamericana, podría decirse que surge con base tanto en

una crítica de las políticas desarrollistas de la industrialización y al Estado benefactor-proteccionista, como en la constatación de no haberse logrado los objetivos que se propusieron alcanzar las políticas de estabilización y ajustes en las décadas pasadas. Este marco se convirtió, según señalan Sunkel y Paz (1982), en una serie de fórmulas de política económica para que se apliquen en los países subdesarrollados, que son los que enfrentan problemas de endeudamiento externo con los países desarrollados.

En este sentido, Larraín (2001) y Leff (2004) señalan que para la economía, la naturaleza y la vida humana sólo son factores de la producción; debido a esto, tanto los precios de bienes como de servicios no tienen el alcance de todos los costos implicados porque no incluyen los costos del daño ambiental; los daños a la salud de los trabajadores y a la población; los costos de regeneración de los recursos naturales; y aún no existen acuerdos para abordar estos problemas bajo criterios de sustentabilidad.

Según el Programa de las Naciones Unidas para la

Alimentación Mundial, se produce en el mundo una y media veces más de los alimentos necesarios para proporcionar a todos los habitantes del planeta de una dieta adecuada y nutritiva, sin embargo, una de cada siete personas padece de hambre (Toledo, 2006).

Por lo tanto, la tendencia del crecimiento económico sin tomar en cuenta los costos socio ambientales, provoca que no asegure la solución de la pobreza ni la distribución de la riqueza, al contrario, Larraín (2001) precisa que puede aumentar la brecha entre los sectores socioeconómicos si los aumentos en la productividad no se distribuyen a través de los salarios o de las políticas sociales, el mejoramiento de la infraestructura o la restauración ambiental.

La transformación que actualmente se desarrolla a nivel mundial respecto al modelo de desarrollo económico en cuestión, es analizado por Yarzabal (1999), citado por Menchaca (2005), expone que *“la globalización en curso forma parte de un programa neoliberal”* (p. 50) debido a que a finales de la década de los 70's, el neoliberalismo fue el principal mecanismo regulador y distribuidor de la riqueza.

Así mismo, Borge (2004) comenta que impulsó la transformación global y sigue provocando la polarización social, la migración masiva y el avance de la destrucción sin precedentes de las bases de la vida del planeta.

En otro aspecto señalado por Yarzabal (1999), citado por Menchaca (2005), es que “el programa neoliberal está siendo revisado por sus propios impulsores” (p. 50) ya que si bien, la aplicación de las políticas neoliberales han permitido que se establezca la macroeconomía, también han provocado fenómenos tales como el aumento en las tasas de desempleo, la intensificación de la economía informal y el incremento de la pobreza.

Con este antecedente puede decirse que la degradación ambiental se manifiesta, según Leff (2004), como un síntoma de una crisis de civilización, marcado por el modelo de modernidad que se rige bajo el predominio del desarrollo de la razón tecnológica por encima de la organización de la naturaleza.

Es así como se ha determinado la búsqueda de sistemas alternativos al neoliberalismo, que incluso

anteponga a los recursos naturales y los servicios ambientales que proporciona la Tierra a los intereses económicos, es decir, un sistema en donde tanto la sociedad, el gobierno y la economía interactúen de manera armoniosa para alcanzar el equilibrio de un desarrollo en la que no se tenga que sacrificar bienes naturales, cultura ni condición social, en el que se pueda asegurar que las futuras generaciones cuenten con los beneficios que hasta el momento, todavía algunos pueden disfrutar.

2.3 Desarrollo Sustentable

El desarrollo sustentable es uno de los conceptos más importantes en los últimos cuarenta años de debates, investigaciones, estudios y avances sobre el conocimiento científico del mundo, en lo que se refiere a la cuestión ambiental y la problemática social. La Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente en 1987, que originalmente se llamó “Nuestro Futuro Común” (*Our Common Future* en inglés), encabezada por la Dra. Gro Harlem Brundtland, utilizó por primera vez el término de desarrollo sustentable y lo definió como:

AGUA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas en la microcuenca del río Pixquiac

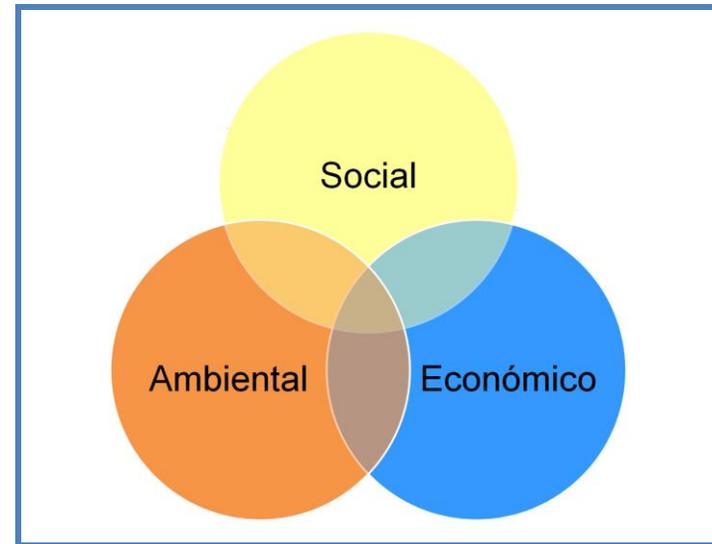
Elba Lupita Alvarado Michi

“...aquel que satisface las necesidades del presente sin restringir la posibilidad de que las generaciones futuras satisfagan las suyas”.

Este concepto logró incorporar políticamente a nivel global la ecología como un instrumento de planificación, de acuerdo con Larrain (2001), abrió nuevas perspectivas de desarrollo y progreso, por que colocó a escala planetaria la problemática ambiental así como las soluciones necesarias, y forjó las bases de un enfoque común respecto al tema de comercio y medio ambiente, ya que emite al crecimiento económico como parte del problema de degradación ambiental y no como parte de la solución (Shaw y Vigano, 2001).

En la Figura 2.1, se observa que es necesario tomar en cuenta los factores de desarrollo que impliquen lo referente a los aspectos social, económico y ambiental, que en conjunto se logre un desempeño sustentable aplicable en todos los niveles organización.

Figura 2.1 Esquema de los tres pilares del desarrollo sustentable



Fuente: Menchaca. Observatorio del agua para el estado de Veracruz, ABCC (2008)

Se ha demostrado que degradación social y degradación ambiental van de la mano, Negret (2001) señala que la sustentabilidad implica reconocer los aspectos en lo social, lo económico y lo ambiental, para tales fines requiere la permanente acción humana a través del conocimiento científico, el análisis, la investigación e implementación de las acciones políticas que lo hagan viable para que consecuentemente se sostenga en el espacio y en el tiempo.

AGUA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas en la microcuenca del río Pixquiác

Elba Lupita Alvarado Michi

Por otra parte, cabe mencionar que los problemas ambientales han tomado importancia desde que fueron difundidos al mundo, a partir de la Declaración que fue resultado de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, celebrada en Estocolmo en 1972, donde se señala que la deforestación; la pérdida de diversidad genética de los recursos bióticos; la extinción de especies; la erosión de los suelos y la pérdida de fertilidad de las tierras; la desertificación; la contaminación química de la atmósfera, los suelos y los recursos hídricos; la producción y disposición de residuos tóxicos y desechos radioactivos; la lluvia ácida generada por la industrialización; la destrucción de la capa foliar de los bosques; el calentamiento global; entre otros, son temas de gran relevancia que han llamado la atención a nivel global, de acuerdo con Leff (2004) y Toledo (2006).

Junto con estos procesos de degradación ambiental, se agrega una serie de efectos económicos, sociales y culturales que afectan a las mayorías, lo cual ha producido un proceso generalizado de pobreza, marginación social y

descenso en las condiciones de salud de la población. La pobreza crítica y la degradación ecológica están asociados con la imposición de modelos tecnológicos que han provocado procesos migratorios, asentamientos precarios; desempleo; desnutrición; una vida insalubre e indigna; el desarraigo de las comunidades de sus territorios étnicos, la destrucción de sus identidades culturales y la discontinuación de prácticas tradicionales del uso de los recursos (Leff, 2004).

Esta destrucción de la base de recursos del planeta y su impacto en los valores culturales y humanos ha generado la necesidad de orientar los estilos de desarrollo para eliminar la pobreza crítica y pasar de la sobrevivencia al mejoramiento de la calidad de vida.

Por otra parte, Larraín (2001), comenta que a pesar de la Cumbre sobre el Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas celebrada en Río de Janeiro, Brasil en 1992, aún predomina en los gobiernos la visión de que la sustentabilidad del desarrollo se basa fundamentalmente en el logro del crecimiento económico, pero si no se toman en

AGUA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas en la microcuenca del río Pixquiác

Elba Lupita Alvarado Michi

cuenta los costos ambientales se induce al daño ambiental. En este sentido, se deduce que entre más crecimiento económico, será necesario un nivel adicional de protección y reparación ambiental.

Actualmente es inevitable el respeto por la integridad ambiental y su mantenimiento, para esto se debe reconocer las repercusiones de la actividad humana en los sistemas ecológicos, respetar los límites de la capacidad regenerativa de los ecosistemas, evitar los daños irreversibles a las poblaciones, así como a las especies vegetales y animales, y proteger la diversidad biológica.

Muchos aspectos del medio ambiente, como la supervivencia de las especies, o el buen funcionamiento de las cadenas alimentarias biológicas, contienen valores que no se pueden salvaguardar con la incorporación de los costos, es por esto necesaria la aplicación de otros instrumentos de políticas ambientales coordinadas. La participación activa de todos los segmentos de la sociedad como intérprete de las necesidades de la comunidad, es crucial para el éxito en el desarrollo sustentable. Cada día

se reconocen más las conexiones íntimas que existen entre el medio ambiente, crecimiento económico y desarrollo social (Leichner, 2001).

2.4 Desarrollo Sustentable vs. Desarrollo Neoliberal

El desarrollo sustentable, desempeña una función clave para despertar la conciencia de medir la interacción entre los aspectos económico, ambiental y social a partir de la Cumbre de Río realizada en 1992 (Menchaca, 2005), con este concepto se plantea un intercambio definido entre el crecimiento económico y el medio ambiente, que busca mejorar la situación económica, social y ambiental de manera simultánea sin comprometer el bienestar de generaciones futuras. En contraparte el neoliberalismo, tendencia que surgió desde principios de la década de los años 70, provocó que se llevaran a cabo prácticas para satisfacer las necesidades humanas, frecuentemente insostenibles a largo plazo. La relación que existe entre ambos modelos de desarrollo se plantea a continuación.

En las últimas décadas han surgido un conjunto de problemas asociados a los efectos del modelo de desarrollo

AGUA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas en la microcuenca del río Pixquiác

Elba Lupita Alvarado Michi

neoliberal. Al respecto, Valdiviezo y Flores (1996), plantean que por esta situación la comunidad internacional, a mediados de los años 90, enfrenta los retos de establecer estrategias económicas y políticas públicas para resolver los problemas del atraso económico. Entre sus propuestas se encuentra la promoción del empleo, así como una redistribución más equitativa del ingreso y el combate de la pobreza; no obstante, a estos problemas se asocian los efectos territoriales de la industrialización y la concentración urbana, los cuales están afectando la relación entre el hombre y la naturaleza.

A pesar de la evidente degradación de los ecosistemas, los problemas ambientales frecuentemente son hechos a un lado en nombre del “desarrollo”, que se basa en el crecimiento económico, medido por la tasa de cambio en el Producto Interno Bruto (PIB). Debido a esto, el bienestar y la productividad de millones de personas alrededor del mundo se ven afectados, Valdiviezo et al. (1996) sostiene que al “desarrollo” se deben incorporar consideraciones ambientales para referirse al progreso en

lugar de la destrucción; sustentabilidad en lugar de soluciones a corto plazo; y un mejoramiento en el bienestar humano, en lugar del mejoramiento de la situación de la minoría.

Cabe destacar que para el concepto de desarrollo se debe tomar en cuenta que las futuras generaciones deberán soportar el inconveniente de la degradación ambiental. Así que es crucial que el desarrollo sustentable considere el componente de *Equidad intergeneracional*. De hecho un objetivo central de éste es encontrar soluciones al círculo vicioso de la pobreza, crecimiento poblacional y degradación ambiental.

Cabe destacar nuevamente, que en el neoliberalismo se busca el crecimiento económico a través de la maximización del consumo y de la libertad de las fuerzas del mercado para evitar la interferencia de los gobiernos nacionales o de las reglamentaciones internacionales.

Para complementar lo anterior, López (2008) señala que siempre se consideró a la naturaleza como una fuente inagotable de recursos, y debido esa sensación de infinitud

AGUA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas en la microcuenca del río Pixquiác

Elba Lupita Alvarado Michi

se ha propiciado a la depredación y el derroche. No obstante, la difusión de fundamentos respecto a que el planeta es un sistema cerrado, ha permitido que se tome conciencia de la capacidad limitada de los ecosistemas, así como los requerimientos de herramientas de gestión, y la voluntad para llevar a cabo la racionalidad, conservación y preservación del ambiente.

Por esta razón, al converger las prácticas económicas y sociales con la naturaleza, se advierte la característica de sustentabilidad, puesto que se están involucrando los tres pilares en los que reposa este concepto: medio ambiente, economía y sociedad (López, 2008).

Por lo anterior, es importante neoliberalismo se revise y modere ya que, de acuerdo con Valdiviezo et al. (1996), si las políticas neoliberales reducen subsidios para la contaminación e insumos, ambientalmente degradantes, motivan la recuperación de costos para servicios esenciales como el agua, electricidad y saneamiento y procuran una oportunidad para la transferencia de tecnología y crecimiento económico a través del libre comercio, lo cual

sería un avance significativo para evitar la degradación ambiental.

Sin embargo, la cuestión ambiental para el desarrollo neoliberal se refiere apenas a los aspectos físicos, en el sentido del uso cada vez más eficiente de los recursos naturales. Es por esto que la tecnología desarrolla un papel tan importante para el neoliberalismo, ya que se sostiene que en la medida en que la humanidad avanza en el desarrollo tecnológico, es un avance ambiental casi por definición, pues estaría usando los recursos más eficientemente. Además, las cuestiones políticas y sociales, como las distributivas y de justicia social, no son ambientales, pertenecen a otro espacio de discusión (Chang, 2005).

Por otro lado, la tendencia neoliberal rechaza la idea de limitar ecológicamente el crecimiento, porque eso restringiría los efectos positivos del progreso económico y del avance tecnológico (Chang, 2005).

Por esta razón, el neoliberalismo postula que el crecimiento económico es la mejor solución para los

problemas ambientales, ya que se tiene una confianza en el mercado, debido a que se sostiene que regulará el uso eficiente de los recursos y el control de contaminantes; con relación al uso de los recursos, no se cree que habrá problemas de escasez o agotamiento, pues en la medida que escasee un recurso, el aumento del precio estimulará el empleo de otro para sustituirlo.

Por otra parte, Chang (2005) señala que los neoliberales sostienen que la tierra cultivable no será la principal limitación para la producción de alimentos en el mundo, debido a que la tecnología agrícola revolucionó tanto las formas de producción que elevó las tasas de producción de la tierra, además, defienden el uso de pesticidas y químicos por que elevan dicha productividad e insisten en que no son comprobadamente perjudiciales para la salud humana.

En conclusión, puede decirse que la principal tesis de los neoliberales es la defensa del crecimiento económico,

las demás son secundarias y sólo se relacionan para reforzarla (Chang, 2005). Está en contra de lo que plantea el desarrollo sustentable porque para defender el medio ambiente se propone limitar el crecimiento económico.

Por lo anterior, Chang, (2005) subraya que rescatar los aspectos sociales en el debate ambiental no significa, necesariamente, limitar el crecimiento o retroceder en los avances tecnológicos, sino que significa una elección política para enfocar estos avances de manera que se satisfagan las demandas de la mayoría.

Por último, en la tabla 2.1 se hace una comparación entre ambos modelos de desarrollo, para destacar sus diferencias. Se toma como base la comparación que Menchaca (2005) señala respecto al enfoque de los rasgos distintivos del conocimiento. En este cuadro se hace referencia al desarrollo neoliberal, desde la perspectiva de que sólo se basa por leyes económicas, mientras que el desarrollo sustentable tiene como objetivo el bienestar social por medio de las valorización de los recursos naturales.

Tabla 2.1 Comparación entre Desarrollo Sustentable y Desarrollo Neoliberal

Desarrollo Sustentable	Desarrollo Neoliberal
------------------------	-----------------------

AGUA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas en la microcuenca del río Pixquiác
Elba Lupita Alvarado Michi

- Propósito: Permitir un desarrollo humano sostenible en donde lo económico no subordine los beneficios sociales ni los recursos naturales.
- La justicia social de los seres humanos se basa en el bienestar social, e incide en las grandes problemáticas del mundo: alimento, salud, medio ambiente, educación, violencia, democracia, etc.
- La satisfacción de las necesidades humanas, principal objetivo, se basa en el crecimiento económico y desarrollo social.
- Es para el beneficio de los individuos que viven en las regiones del mundo y también puede ser dirigido a industrias nacionales e internacionales.
- Este modelo prevé que no se destruyan o sobre utilicen los recursos naturales, debido a esto la producción de bienes y servicios es de baja escala, y su consumo es local, regional, nacional e internacional.
- Tiene como valores fundamentales el respeto al patrimonio natural y la identidad cultural de los pueblos.
- El bienestar social es una necesidad sentida por los individuos que viven en las localidades del mundo porque se dirige a resolver problemáticas complejas.

- Propósito: Incorporar valor agregado a la producción de bienes y servicios dirigidos al mercado
- El crecimiento está relacionado con las nuevas áreas de conocimiento: microelectrónica, informática, telecomunicaciones, ingeniería genética y biotecnología.
- Su propósito fundamental es el crecimiento económico a escala global.
- Los servicios y bienes con alto valor se producen a gran escala, con un consumo nacional e internacional.
- Se basa en teorías mecanicistas, que afirman que el todo tiende al infinito y el beneficio de este es para las grandes empresas, industrias nacionales y transnacionales.
- No prevé el deterioro de los recursos naturales ni los efectos de la apropiación y manipulación de los recursos genéticos.
- El bienestar es una necesidad creada, dirigida principalmente para los individuos o empresas comerciales.

FUENTE: Menchaca, 2005

A pesar de que el ser humano necesita de manera imprescindible los servicios ambientales proporcionados por los ecosistemas para llevar a cabo sus actividades, su uso irracional, delimitado por las tendencias neoliberales, ha provocado el deterioro de los mismos, lo que ocasiona que

cada vez se tenga una menor disponibilidad de los recursos naturales. Resulta relevante analizar cuáles son los servicios que proporciona la naturaleza, especialmente los proporcionados por las cuencas hidrológicas, para determinar cómo pueden ser afectados de forma directa o

AGUA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas en la microcuenca del río Pixquiac

Elba Lupita Alvarado Michi

indirecta por el hombre y sus actividades.

2.5 Servicios Ambientales

El concepto de Servicios Ambientales (SA) se ha desarrollado en todo el mundo desde finales de los años cincuenta y adquirió relevancia en los setenta gracias al interés de los ecologistas; anterior a éste, surgió el concepto de *ecosistema* para comprender la interacción que existe entre los seres vivos y el ambiente abiótico que los rodea, es así, como el concepto *servicio* apareció, para dar cuenta de la dependencia que tiene la humanidad con los ecosistemas (Herman, 2004). El vínculo fundamental que se establece entre éstos dos términos, de acuerdo con Herman (2004), es que los ecosistemas desempeñan funciones que permiten que los seres humanos puedan vivir en la Tierra.

La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2003) define a los SA como:

“... los procesos y las funciones de los ecosistemas que, además de influir directamente en el mantenimiento de la vida, generan beneficios y bienestar para las personas y las comunidades”.

Adicionalmente, es necesario diferenciar entre bienes y servicios ambientales, ya que los primeros refieren a productos tangibles de la naturaleza, de los que el ser humano se beneficia directamente, tales como madera, frutos, agua, suelo; en cambio, servicios ambientales son beneficios intangibles que se utilizan indirectamente, por ejemplo, la captura de carbono, regulación del clima, belleza escénica, control de la erosión, etcétera (SEMARNAT, 2003).

Si se toma en cuenta el concepto de servicios ambientales desde un enfoque ecosistémico, los SA también pueden ser llamados servicios ecosistémicos, Groot (2002) lo define como:

“Servicios directos o indirectos que reciben los seres humanos de las interacciones que se producen en los ecosistemas”.

El concepto de ecosistema ofrece un marco valioso para analizar e intervenir en los vínculos que existen entre las personas y el medio ambiente. La Evaluación de Ecosistemas del Milenio (EM, 2005) señala que por esta razón el enfoque ecosistémico cuenta con el respaldo del

Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB), que plantea que dicho enfoque sea una estrategia para el manejo integrado del suelo, agua y los recursos orgánicos que promueve la conservación y el uso sustentable en términos equitativos. Este enfoque reconoce que los humanos, con su diversidad cultural, son parte integral de los ecosistemas.

Por otra parte, Retamal, Madrigal, Alpízar, Jiménez, (2008), dan cuenta de que la producción de los SA depende de muchas características específicas del ecosistema, tales como la composición de los suelos, usos de la tierra, tipo de vegetación, clima y manejo de los recursos naturales.

Cabe señalar que es importante que el hombre tenga conciencia de la interacción con los ecosistemas, ya que favorece sus actividades productivas, como la agricultura, la ganadería o la acuicultura; al respecto Zalles (2001), señala que dichas actividades se basan en el hecho de que cierta superficie terrestre o volumen de agua puede sustentar los procesos biológicos que la actividad requiere, y cuando no hay un manejo adecuado de los recursos, es posible que se provoque una degradación que en ciertos casos tiene

efectos persistentes.

Además de esto, la degradación de los servicios que prestan los ecosistemas se debe a muchas causas, entre las que se incluye la demanda excesiva de éstos (producto del crecimiento económico), los cambios demográficos y las elecciones individuales (en relación a la toma de decisiones respecto a qué y cuánto consumir, y qué valor asignar a los que se consume). La EM (2005) señala que los mecanismos del mercado no siempre garantizan la conservación de los servicios que prestan los ecosistemas ya que puede que no existan mercados para algunos de ellos; si existen es posible que las políticas y las instituciones no permitan a las personas que viven en ese ecosistema beneficiarse de ellas; por otra parte, los mercados generalmente son incapaces de enfrentar temas de equidad intra e intergeneracional relacionados con el manejo de los ecosistemas, puesto que algunos cambios en los servicios de los ecosistemas son irreversibles.

Referente a esto, un país por ejemplo, puede aumentar el suministro de alimentos, convirtiendo un bosque

AGUA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas en la microcuenca del río Pixquiác

Elba Lupita Alvarado Michi

en suelo agrícola; sin embargo, en dicha transformación disminuye la oferta de SA tales como el calidad del agua, regulación de inundaciones, control de sequias (EM, 2005).

Por otro lado, existen indicadores que señalan que la demanda humana sobre los ecosistemas crecerá aún más en las décadas siguientes. Las estimaciones actuales de las Perspectivas Mundiales del Ambiente (GEO, por sus siglas en inglés, 2000) prevén un aumento de la población en 3 mil millones de personas y un crecimiento de 400% de la economía mundial en el 2050, esto implica un aumento drástico de la demanda y consumo de recursos biológicos y físicos, al igual que un aumento sostenido de impactos en los ecosistemas y en los servicios que prestan. El problema que plantea la creciente demanda de los servicios se combina con la degradación cada vez más intensa de la capacidad que tienen los ecosistemas para prestar servicios.

Por lo anterior, se requiere tener en cuenta qué tipos de servicios ambientales ofrecen los ecosistemas para facilitar la identificación de la incidencia sobre éstos del

factor antropogénico, en el siguiente apartado se señalan los tipos de servicios ambientales.

2.6 Tipos de Servicios Ambientales

Es oportuno considerar que los ecosistemas naturales proveen Servicios Ambientales de cuatro tipos, de acuerdo con la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (2005), a continuación se señalan cada uno de estos:

- SA de apoyo, son los procesos necesarios para la producción de los servicios de los ecosistemas como la producción de materias primas, la producción de oxígeno y la formación del suelo.
- SA de provisión, son los productos que las personas obtienen del ecosistema, como la obtención de alimentos, combustibles, fibras, agua pura y los recursos energéticos.
- SA de regulación, son los beneficios que las personas obtienen de la regulación de los procesos de los ecosistemas, entre los que se incluye el control del clima y de inundaciones, el mantenimiento de la calidad del aire,

AGUA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas en la microcuenca del río Pixquiác

Elba Lupita Alvarado Michi

control de la erosión, la regulación de las enfermedades humanas y la purificación del agua.

- SA culturales, son los beneficios intangibles que las personas obtienen de los ecosistemas mediante el enriquecimiento espiritual, la reflexión, la recreación y las experiencias estéticas.

Cabe señalar que, a pesar del papel primordial de los SA en la subsistencia humana, los procesos de deforestación, el uso intensivo de agroquímicos, y de forma más general, la sobreexplotación de recursos naturales, afectan la capacidad de los ecosistemas para proveerlos de forma permanente. No obstante a lo anteriormente planteado, SEMARNAT (2003) y Retamal et al. (2008) sugieren que los ecosistemas intervenidos por el hombre, como potreros, plantaciones forestales o hasta una ciudad, también pueden ofrecer una variedad de SA. Por ejemplo, los agro-ecosistemas bien manejados para la correcta implementación de prácticas de conservación de suelos y

aguas, pueden reducir la pérdida de fertilidad del suelo, además de mejorar la disponibilidad y calidad del agua, por mencionar algunos beneficios.

La figura 2.2 representa los nexos entre los servicios ecosistémicos y los componentes del bienestar humano, e indica el grado hasta donde es posible que los factores socioeconómicos pueden influir en dicha relación. Según la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005), cabe señalar que la fuerza de los nexos y el potencial para influir sobre ellos varían de acuerdo a los ecosistemas y regiones. Además, de la influencia de los servicios de los ecosistemas sobre el bienestar humano que se presentan en la figura, existen otros factores que pueden influir, como factores ambientales, económicos, sociales, tecnológicos y culturales. Cabe mencionar que a su vez, los ecosistemas son afectados por los cambios en el bienestar social, debido a que los componentes de bienestar reflejan la geografía, la cultura y las circunstancias ecológicas locales (EM, 2005).

Figura 2.2 Tipos de Servicios Ambientales





Fuente: Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005

A medida que aumenta la evidencia del cambio en los ecosistemas del mundo, Boege y Zalles (2001) señalan que las presiones causadas por el crecimiento de la población humana, el patrón de sus asentamientos y los niveles cada vez mayores de consumo de recursos naturales, amenazan

el futuro abastecimiento de alimentos y agua, las condiciones de calidad de vida, la salud física y mental de las personas, y la sobrevivencia de las especies con las cuales comparten este planeta.

Aunado a lo anterior, es necesario destacar la

AGUA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas en la microcuenca del río Pixquiác

Elba Lupita Alvarado Michi

importancia de los servicios ambientales que prestan tanto los bosques y las cuencas, a continuación, se presenta un análisis de éstos y la relación que tienen respecto al suministro de los SA.

2.7 Importancia de los Servicios Ambientales proporcionados por los bosques y las cuencas hidrológicas

Se analizan la relevancia de los SA proporcionados tanto por los bosques como por las cuencas hidrológicas, al considerar de acuerdo con SEMARNAT (2004), que los bosques y el agua son los principales protagonistas del desarrollo de la vida en los ecosistemas, los primeros por ser productores y partícipes de una gran cantidad de funciones, y el agua por ser el líquido conductor, regulador y portador de vida.

2.7.1 Servicios ambientales proporcionados por los bosques

A continuación se tocará en los temas acerca de los servicios ambientales proporcionados por los bosques,

relacionados con la protección de cuencas hidrológicas, conservación de la biodiversidad y captura de carbono, así como la importancia que tiene el suelo en la prestación de estos servicios, a la manera de Pagiola, Bishop, Landel-Mills (2006), en su texto “La venta de servicios ambientales forestales”.

Un bosque incluye cualquier uso de suelo con una cubierta arbórea sustancial, no todos los bosques tienen el mismo valor ya que la estructura, composición y ubicación de un bosque específico, juega un papel fundamental en la determinación de los servicios que puede ofrecer. Hay una variación entre los tipos y niveles de servicios que proporcionan los bosques naturales a los consumidores, principalmente se describen en tres categorías: protección de la cuenca hidrológica, conservación de la biodiversidad y captura de carbono; no obstante, también proporcionan muchos otros beneficios, incluyendo el uso recreativo del bosque y su aportación a la belleza del paisaje (Pagiola et al., 2006).

Respecto a la protección de las cuencas hidrológicas,

AGUA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas en la microcuenca del río Pixquiác

Elba Lupita Alvarado Michi

los bosques desempeñan un papel importante en la regulación de los flujos hídricos y en la reducción de la sedimentación. Los cambios en la cobertura forestal pueden afectar la cantidad y la calidad de los flujos de agua, erosión, sedimentación, niveles freáticos y productividad acuática. Pagiola et al. (2006) señala que estos impactos dependen de muchas características específicas al sitio, incluyendo el terreno, la composición del suelo, las especies arbóreas, la mezcla de vegetación, el clima y los regímenes administrativos. En este sentido, si un bosque es deforestado se induce a la compactación del suelo, por lo tanto el escurrimiento aumentará, lo que ocasionaría que las capas freáticas no se recarguen lo suficiente, al mismo tiempo que provoca un mayor riesgo de inundación.

Otra de las aportaciones forestales a las cuencas hidrológicas es que 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. La vegetación tiene también una amplia gama de efectos directos e indirectos que reducen o incrementan

las tasas de erosión a través de procesos climáticos e hidrológicos, como el amortiguamiento de los impactos de lluvia. Donde la cobertura vegetal reduce la erosión también suele favorecer depósitos de sedimentos, lo que crea condiciones para la generación de suelos y sustratos que hacen posible la creación de hábitats fluviales, planicies de inundación y terrazas aluviales (Pagiola et al., 2006).

Pagiola et al. (2006) afirma que los bosques preservan o prolongan el valor de la infraestructura hidráulica: los canales de riego, los puertos y las vías marítimas, las represas para las hidroeléctricas y las plantas de tratamiento de agua esto debido a que ayudan a prevenir la sedimentación de los cuerpos de agua de la parte baja de la cuenca.

En lo que se refiere a la conservación de la biodiversidad, los bosques albergan un porcentaje importante de la biodiversidad en el mundo, es por esto que la pérdida del hábitat forestal es una de las principales causas de la disminución de especies (Pagiola et al., 2006).

El potencial que representa el material genético

AGÜA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas en la microcuenca del río Pixquiác

Elba Lupita Alvarado Michi

natural para la investigación farmacéutica justifica la conservación de los ecosistemas naturales, ya que toda la industria biotecnológica depende de la existencia de la biblioteca natural de información genética y química aún por explorar. Otro de los valores que se atribuyen a la biodiversidad incluye la aplicación de sustancias químicas nuevas en la agricultura o en la industria.

A pesar de su importancia, el valor de la biodiversidad en el futuro es incierto, debido a que una vez que la información genética o química contenida es aislada en el laboratorio, reduce su valor y resulta más fácil para que los procesos químicos, industriales y agrícolas produzcan material adicional sin tener que recurrir a la vida silvestre. Esto podría resultar benéfico en el sentido de que reduce el riesgo de sobreexplotar a la biodiversidad, pero al mismo tiempo, como marca Pagiola et al. (2006), limita su valor en estado natural y minimiza su importancia para los consumidores, lo que podría originar que no se protegiera ni se conservara.

En relación con la captura de carbono, los bosques

almacenan enormes cantidades de carbono, y mientras están en crecimiento, capturan carbono de la atmósfera. El cambio climático es el resultado de la acumulación de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2000), estima que el aumento de 30% en los niveles atmosféricos de GEI hizo que la temperatura mundial aumentara 0.6° C, principalmente provocado por el combustible fósil, que representa el 75% de los GEI, seguido por la degradación forestal y la deforestación que representan un 20% adicional.

De acuerdo con lo anterior, los bosques representan un papel importante en la regulación del clima a escala global, ya que las plantas toman el bióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera en el proceso de la fotosíntesis y lo utilizan para elaborar azúcares, y otros compuestos orgánicos necesarios para su crecimiento y metabolismo. Los árboles, por ejemplo, almacenan carbono hasta cuando empiezan a descomponerse, después pueden liberar el bióxido de carbono de su madera (Pagiola et al., 2006).

2.7.2 Importancia del suelo

La influencia de los bosques montañosos en la cuenca alta sobre el ciclo hidrológico (precipitación, evapotranspiración y corrientes superficiales), son de gran importancia desde la perspectiva de que forman barreras adicionales para las masas de aire que se mueven en la atmósfera, lo cual crea flujos ascendentes de aires frescos, formando nubes y consecuentemente mayor precipitación en la zona de recarga. El papel hidroclimático de los bosques incluye la condensación, el rocío, la escarcha y la neblina. Según Toledo (2006), la influencia de las masas forestales sobre el balance de agua depende de la edad y la composición de las especies, de las propiedades del suelo, de la topografía y de las condiciones hidroclimáticas locales.

A partir de sus funciones de regulación del ciclo hidrológico, la cobertura vegetal controla los flujos de agua y la humedad de los suelos, atenúa el efecto erosivo de los flujos y descargas durante las tormentas y huracanes; controla la exportación de la materia orgánica y materiales disueltos, y determina la composición biogeoquímica de las

aguas disponibles para los organismos del suelo (Pagiola et al., 2006).

Es así como el suelo proporciona funciones y servicios ambientales esenciales para la vida, debido a que consiste en una estructura compleja creada por la influencia del sustrato rocoso, la topografía, el clima, el tiempo y las actividades humanas. El suelo es un soporte crítico de la vida de la que depende toda la biodiversidad terrestre, y resulta también un gran proveedor, almacén y promotor de la biodiversidad de la biósfera.

Tales funciones están vinculadas a servicios ambientales vitales relacionados con la producción y el soporte de biomasa de la Tierra, como la producción de alimentos, forrajes, recursos energéticos renovables y materias primas; también funciona como un filtro, zona de amortiguamiento y gran almacén del agua de lluvia, que humedece las capas superiores de la corteza terrestre y la transporta a los acuíferos subterráneos, limpiándola de contaminantes y sustancias tóxicas; es una cámara de incubación, descomposición y reciclamiento de nutrientes

AGUA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas en la microcuenca del río Pixquiác

Elba Lupita Alvarado Michi

para los propios organismos que habitan en él y para todas las plantas que constituyen la cubierta vegetal de la Tierra. Es también un hábitat biológico riquísimo de reservas genéticas, que provee espacio, materiales y biomasa para una multitud de organismos que integran un alto porcentaje de la diversidad biótica del sistema terrestre; y un factor decisivo en la dinámica de los intercambios de gases, solutos y elementos bióticos entre la fase acuosa, sólida y gaseosa de la Tierra (Pagiola et al., 2006).

De acuerdo con Pagiola et al. (2006), la biota del suelo juega un papel importante en la estabilización y la regularización del sistema climático de la Tierra, la materia orgánica de los suelos constituye el mayor almacén de carbono de la Tierra. En la Figura 2.3 se muestra un bosque en particular y seis servicios representados por cada círculo. Este bosque provee grandes beneficios hídricos y de captura de carbono, pero presta beneficios relativamente menores en cuanto a biodiversidad. En lo específico, los grupos locales responsables de tomar decisiones sobre el bosque, darán prioridad a los beneficios derivados de su uso directo, como la recolección de leña y otros productos

forestales no maderables; mientras que los servicios hídricos, por lo general, no son tomados en cuenta ya que solo que benefician a los usuarios de cuenca abajo. Asimismo, los servicios de la captura de carbono benefician a la sociedad en escala global por que tienen la característica de mitigar el cambio climático.

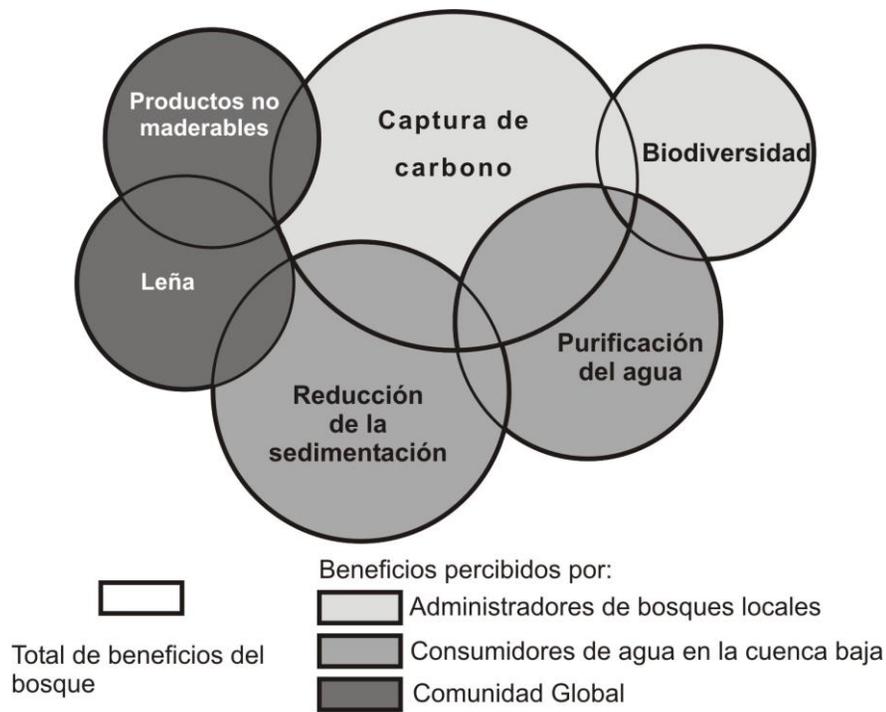
Figura 2.3 Beneficiarios de los servicios forestales

mecanismos que permitan la preservación de los ecosistemas, sin dejar a un lado las necesidades humanas, se ha propuesto el Sistema de Pago por Servicios Ambientales, que sugiere que los beneficiarios cuenca abajo remuneren el costo de los servicios proporcionados cuenca arriba a los habitantes de la zona, y de esta manera se generen recursos que se puedan usar para financiar los esfuerzos de conservación.

2.7.3 Servicios ambientales proporcionados por las cuencas hidrológicas

El agua es un componente multifuncional con funciones vitales tanto para la naturaleza como para las sociedades humanas: como hábitat; como sistema de transporte de energía, materia orgánica y minerales; como factor productivo de biomasa y alimentos; entre otras (Toledo, 2006).

Las cuencas hidrológicas son la unidad básica en la regulación del agua ya que muchos de los patrones hídricos en una cuenca dependen de su relieve, pendiente, tamaño, ubicación geográfica, tipo de suelo, y por supuesto, de los



FUENTE: Pagiola et al., 2006

A pesar de que los bosques proporcionan múltiples servicios ambientales, éstos se están agotando. Las causas de deforestación son muchas y complejas como la existencia de subsidios a la agricultura y las políticas de comercio de la madera, que fomentan el cambio de uso del suelo forestal y la explotación no sustentable de los bosques. Por esta razón, es necesario implementar

ecosistemas que la conforman (Cotler, Caire, 2009). De acuerdo con Orozco, Jimenez, Faustino, Prins (2008), una cuenca es un sistema compuesto por tres componentes: el **biofísico** formado por el agua, el suelo y el aire; el **biológico** formado por la vegetación (flora) y los animales (fauna), y la **población humana** con sus actividades económicas, su cultura y sus organizaciones; por esta razón, debe haber un equilibrio entre los tres componentes; si uno de ellos es afectado, se produce un desbalance que pone en peligro a todo el sistema.

Así es como las cuencas hidrográficas forman sistemas complejos y dinámicos que generan múltiples interacciones a distintas escalas. Esto provoca que los actores que viven dentro de los límites físicos de las cuencas, y aún más allá, perciban costos y beneficios que no provienen directamente de sus propias acciones (Orozco et al, 2008).

Los beneficios que proveen las cuencas hidrográficas a los seres humanos son variados y pueden ser analizados desde la perspectiva de la Evaluación de los Ecosistemas

del Milenio (EM, 2005). Esta evaluación estableció que el crecimiento de las economías y el bienestar de las poblaciones humanas están fuertemente asociados con los beneficios que proveen los ecosistemas en términos de provisión de agua y alimentos, regulación del clima e inundaciones y opciones para la recreación y la investigación.

Madrigal (2008) considera que los ecosistemas forestales juegan un papel importante en la prestación de servicios hidrológicos valiosos, desde este punto de vista, se distinguen varios servicios específicos, entre ellos:

- La reducción de sedimentos en las vías fluviales, lo cual reduce la sedimentación de las represas y a su vez los costos asociados de producción y mantenimiento de los sistemas de riego, las plantas hidroeléctricas, los sistemas de distribución de agua potable, etc;
- La regulación del ciclo hidrológico, lo que reduce tanto el riesgo de inundaciones durante la temporada de lluvia, como la probabilidad de escasez de agua durante la

temporada de secas;

- El aumento del volumen de agua disponible durante todo el año o, específicamente, durante la temporada de secas;
- Protección del agua para uso urbano, rural, industrial, etc.;
- El mantenimiento de los hábitats acuáticos (por ejemplo, la reducción de la temperatura del agua mediante la sombra de los árboles, el aseguramiento de restos adecuados de madera y hábitat para las especies acuáticas).
- La belleza escénica natural para fines turísticos y científicos.

Dichos servicios son lo suficientemente importantes para los consumidores de agua y los habitantes de la cuenca abajo para justificar la conservación de los bosques. Pocos estudios, revelan que los impactos de los bosques en los SA hidrológicos, dependen de muchas características específicas al sitio, incluyendo el terreno, la composición del suelo, las especies arbóreas, la mezcla de vegetación, el clima y los regímenes administrativos.

Además, la naturaleza y el valor de los SA de las cuencas hidrológicas no sólo dependen de las características del bosque mismo, sino también de la cantidad y las características de los beneficiarios. Dos bosques idénticos proporcionarán servicios de agua muy diferentes si un bosque se encuentra en una cuenca muy poblada y el otro en una zona despoblada. También, las diferencias de ingresos pueden afectar el valor relativo de los diferentes servicios forestales, en la medida en que el valor refleje la capacidad de pago de las personas y su disposición a pagar (Pagiola et al., 2006)

El sistema hidrológico y su cuenca asociada juegan un papel fundamental en lo que respecta a la regulación y el mantenimiento de la biodiversidad en los paisajes terrestres, ya que Toledo (2006) señala que tienen un papel vital en el movimiento de organismos y de flujos energéticos (sedimentos, minerales y materia orgánica) y funcionan como los mecanismos de transporte más importante en los ecosistemas.

En el siguiente capítulo, se hace un análisis de la

AGÜA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas
en la microcuenca del río Pixquiác

Elba Lupita Alvarado Michi

importancia de los recursos hídricos, desde perspectivas a escala local y global para dar cuenta de la problemática actual, así como para analizar cómo el ser humano interviene directa e indirectamente en el ciclo natural del agua. Se pondera el agua, ya que, como se señaló anteriormente, es un elemento esencial para llevar a cabo las funciones que mantienen el equilibrio en los ecosistemas, mediante el complejo sistema del ciclo hidrológico y sus interacciones con el factor antropogénico.

AGUA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas
en la microcuenca del río Pixquiac

Elba Lupita Alvarado Michi

CAPÍTULO III PROBLEMÁTICA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

3.1 Importancia del agua

La vida empieza en el agua, es un componente básico de los seres vivos, ya que hombre, animal y vegetal se componen de aproximadamente un 72% de agua. Este recurso es fundamental en la producción de alimentos, en el bienestar del hombre, en la cría de animales, en la industria,

en la construcción, etcétera.

Para las plantas, es un elemento insustituible ya que todas necesitan el líquido en mayor o menor medida, para vivir. Marsily (2003) señala que los nutrientes del suelo solo pueden ser absorbidos por las plantas si están disueltos en agua.

El agua, además de ser parte esencial de los seres vivos, desempeña un papel importante respecto a la determinación de los climas, de los cuales es componente esencial. También es un componente químico de la biósfera en la naturaleza en grandes cantidades en estado sólido, líquido y gaseoso. Prieto (2002) señala que es un medio de disolución de sustancias sólidas y gaseosas, y es un factor importante en la determinación de la superficie de la Tierra, asimismo, señala que en abundancia descontrolada puede ser un agente destructivo, produciendo inundaciones, deslizamientos, erosión, transporte de materiales y sedimentaciones.

Es pertinente mencionar que el agua para los seres humanos no sólo representa una necesidad básica para la

AGÜA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas
en la microcuenca del río Pixquiác

Elba Lupita Alvarado Michi

sobrevivencia, ya que también se puede considerar como un factor clave para el desarrollo de la humanidad en sus distintos contextos geográficos y climáticos. De acuerdo con Sandre y Murillo (2008), la rica diversidad cultural del mundo se puede relacionar con las distintas formas de acceso a este líquido vital. Para dar un ejemplo, de la importante relación entre agua y desarrollo cultural, se tiene que todas las civilizaciones antiguas se han asentado y desarrollado cerca de fuentes de agua. En el caso de México la cultura Azteca se desarrolló en el Valle de México, en un medio ambiente acuático donde se construyó un paisaje cultural de chinampas y canales.

Por esta razón, resulta importante tener una idea de la cantidad que se dispone, y analizar si esa cantidad es estable. De acuerdo con el World Resources Institute (1990-1991) citado por Marsily (2003), la cantidad de agua superficial sólo perdura a nuestro alcance alrededor de 16 días, dependiendo de la temporada del año. El tiempo medio de estancia indicado, se refiere, al lapso en que el agua permanece en un medio dado antes de recomenzar

una nueva etapa del ciclo del agua, los días señalados son suficientes para que el ser humano disponga de éstos y los utilice para desempeñar sus actividades.

En contraparte las aguas subterráneas tienen siglos de residencia, y sin embargo las extracciones en la actualidad de este recurso son a un ritmo insostenible, ya que la sobreexplotación del agua subterránea excede los niveles de alimentación natural de los acuíferos en al menos en 160.000 millones de metros cúbicos cada año, de acuerdo con Marsily (2003).

El buen uso del agua señala el nivel de vida y desarrollo de un pueblo, por ello se hace necesario estudiar y proponer medidas para resolver el problema del manejo y preservación del agua ante la demanda y escasez que viene en aumento. El agua dulce, según Prieto (2002) es el problema ambiental y político más decisivo que enfrentará la humanidad.

3.2 Problemática de los recursos hídricos a escala mundial

AGÜA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas en la microcuenca del río Pixquiaco

Elba Lupita Alvarado Michi

El agua es un recurso fundamental para toda forma de vida y para la producción de bienes y servicios como se dijo en el apartado anterior. De acuerdo con Olza (2003) los cálculos realizados indican que existen 1,400 millones de km³ de agua, por lo tanto, es el componente más abundante en el planeta y forma parte de los océanos, los ríos, los lagos y los glaciares, cubriendo el 70% de la superficie de la tierra.

Del total de este recurso en el planeta, sólo el 3% (alrededor de 42 millones de km³) es agua dulce, pero dos tercios de éste porcentaje no son accesibles por que se encuentra en zonas poco pobladas o glaciares; así que solamente el 1% del agua dulce existente está al servicio de la vida de los seres humanos de manera directa, estando la mayoría en los mantos acuíferos y el resto en lagos, arroyo, ríos y pantanos, señala Olza (2003). Además, es preciso considerar que las necesidades de los ecosistemas acuáticos no marinos requieren una parte importante de esta agua para su conservación, por lo que el recurso accesible para las necesidades humanas se puede evaluar

en poco más de 10.000 km³ anuales (Naredo, 2001).

A pesar de las pequeñas proporciones anteriormente citadas, cada habitante de la tierra dispondría cerca de 1.700 m³ anuales, volumen suficiente si se tiene en cuenta que las extracciones actuales de agua son alrededor de 5.000 km³, según Naredo (2001).

Sin embargo, esto no constituye una garantía de suministro de agua a la población. Sin duda, ello es debido a que, por un lado, es necesario destinar una parte importante de este volumen a las necesidades propias de los ecosistemas acuáticos naturales, y por otro, a que la distribución de la población y la disponibilidad local o regional de agua dulce se hallan distribuidas de manera desigual en el planeta.

Con estos datos podemos ver que, de acuerdo con Olza (2003), los principales problemas relacionados con el agua a escala planetaria no se derivan de su cantidad, sino más bien del acceso y de su calidad. No siempre se encuentra en el lugar requerido ni con la calidad adecuada

para su consumo y utilización.

Como se ha señalado, en muchas regiones del mundo el uso poco cuidadoso de los recursos hídricos está dañando gravemente el medio natural. La utilización excesiva o errónea de los recursos de agua dulce tiene serias consecuencias para los ecosistemas que sustentan el desarrollo del ser humano.

Las principales razones del descenso de la disponibilidad de agua dulce por habitante son básicamente el crecimiento de la población, el incremento de las extracciones (en las últimas décadas han crecido a un ritmo de dos veces superior al de la población) y la contaminación, que está causando la pérdida de un volumen significativo de recursos hídricos. Se estima que en 1996 la población mundial usaba el 54% del agua dulce accesible, contenida en los ríos, lagos y acuíferos, pero las proyecciones indican que este porcentaje se elevará hasta el 70% en 2025, si se tiene en cuenta sólo el crecimiento de la población, y el consumo se elevará aún más si continua aumentando al ritmo actual (Olza, 2003).

Por esto, es necesario que se documente en este apartado la magnitud de la crisis del agua y se describan sus causas, así que es preciso iniciar con la distribución mundial de agua dulce ya que alrededor de las tres cuartas partes de las precipitaciones anuales caen en zonas en donde se concentra menos de un tercio de la población mundial. Esta desigualdad en la distribución conlleva a que haya países con abundantes recursos hídricos para satisfacer todas sus necesidades, mientras que otros están afectados por una limitación importante de este recurso. En la figura 3.1 se ilustra la disparidad continental de agua dulce y población según UNESCO (2003). Se subraya en particular, la presión ejercida en el continente asiático que alberga más de la mitad de la población mundial con solo el 36% de los recursos hídricos del mundo (UNESCO, 2003).

Por otro lado, las previsiones para el año 2025 señalan que las disponibilidades de agua per cápita de Europa y Estados Unidos disminuirán a menos de la mitad de los niveles con los que disponían en 1950; del mismo modo tanto Asia como América latina tendrán sólo la cuarta

parte de lo que tenían entonces; la situación será difícil en África y Oriente Próximo donde las reservas representarían solo la octava parte de las que había en 1950 (Olza, 2003). Estos cálculos señalan que la menor disponibilidad de agua se debe también a que el consumo de agua per cápita aumenta, por la mejora de los niveles de vida de la población (UNESCO, 2003).

Además, si se suma la variación espacial previamente mencionada y la variación temporal del agua dulce disponible, se puede decir que la cantidad de agua existente para todos los usos empieza a escasear y ello nos

Figura 3.1 Relación entre la disponibilidad de agua y la población



Fuente: UNESCO (2003)

lleva a una crisis del agua (UNESCO, 2003).

Por otra parte, es importante resaltar la comparación entre países en desarrollo y subdesarrollado ya que ponen en relieve las dimensiones de la desigualdad global (Figura 2.2), por ejemplo el uso promedio de agua oscila entre 200 y 300 litros diarios por persona, en la mayoría de los países europeos, incluso en Estados Unidos utilizan alrededor de 575 litros; por el contrario, el uso promedio en países como Mozambique es inferior a los 10 litros, de acuerdo con el Informe Humano de Desarrollo 2006 (PNUD, 2006).

Las personas que carecen de acceso de agua en los países en desarrollo, consumen menor cantidad de agua, en parte, porque tienen que recorrer largas distancias para adquirirla (PNUD, 2006). Las normas internacionales establecidas por la OMS y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), citadas por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2006), sugieren un consumo mínimo de 20 litros al día, cantidad suficiente para beber y para la higiene personal básica. Si se consideran las necesidades de agua para baño y para lavar, esta cantidad

asciende a unos 50 litros diarios aproximadamente. Sin embargo, gran una gran parte de la población mundial se sitúa por debajo de los requerimientos mínimos de agua, tanto de forma temporal como permanente (PNUD, 2006).

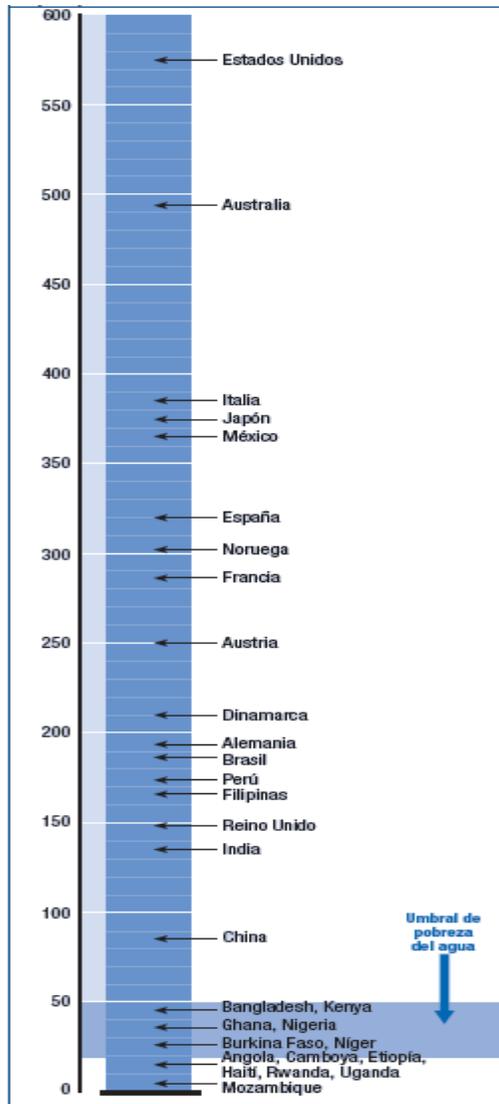
Otro de los aspectos que provocan en gran medida la reducción de la disponibilidad de agua dulce es la contaminación, ya que, de acuerdo con UNESCO (2003), alrededor de dos millones de toneladas de desechos son arrojados diariamente en aguas receptoras, incluyendo residuos industriales y químicos, descargas humanas y desechos agrícolas (fertilizantes, pesticidas y residuos de pesticidas).

Aunque los datos confiables sobre la extensión y gravedad de la contaminación son incompletos, se estima que la producción global de aguas residuales es de 1,500 km³ aproximadamente, según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2006). Se debe tomar en cuenta

Figura 3.2 Uso Promedio de agua por persona por día (litros) 1998-2002

AGUA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas en la microcuenca del río Pixquiác

Elba Lupita Alvarado Michi



Fuente: Informe sobre desarrollo humano, 2006

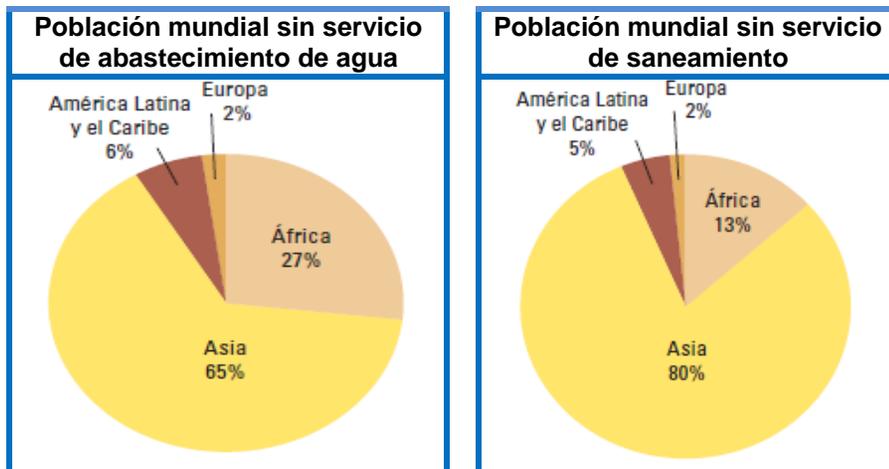
que un litro de agua residual contamina ocho litros de agua dulce, por lo tanto, la carga mundial puede ascender actualmente a 12,000 km³ (UNESCO, 2003).

Estas cifras nos llevan a analizar las condiciones de calidad de vida de la población, ya que la situación actual de los recursos hídricos desencadena múltiples problemas relacionados con la escasez y contaminación.

Al respecto, la UNESCO establece que para el año 2003 alrededor de 1,100 millones de personas carecían de instalaciones necesarias para abastecerse de agua, es decir, que beben agua de los drenajes o de los lagos y ríos que comparten con animales y que están infectados con bacterias nocivas, esto es porque viven a más de un kilómetro de una fuente de agua segura; y aproximadamente 2,400 millones no tenían acceso a sistemas de saneamiento. Esto entre otros efectos provoca, según la OMS (2000), citada por UNESCO (2003), que casi 3.5 millones de personas, en su mayoría niños, mueran cada año debido a las enfermedades relacionadas con el agua, como malaria y diarrea.

Esto constituye un serio problema, ya que la población más vulnerable a los efectos de la falta de suministro de estos servicios son los más pobres. La figura 2.3 corresponde a la población afectada por la falta de suministros de servicios de agua potable y saneamiento, según UNESCO (2003).

Figura 3.3 Población carente del acceso de agua y saneamiento



Fuente: UNESCO, 2003

Por lo tanto, la crisis mundial del agua, además de impactar el entorno natural, por el uso excesivo o indebido, es decir uso no racional, recae sobre todo en la vida cotidiana de las poblaciones pobres, que sufren el peso de

las enfermedades relacionadas con el agua, que viven en entornos degradados y a menudo peligrosos. Como señala la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2003), el estado de pobreza de un amplio porcentaje de la población mundial es, a su vez, un síntoma y una causa de la crisis del agua, lo que afecta a países en América Latina, como a continuación se establece.

3.3 Situación de los Recursos Hídricos en México

México es un país de grandes contrastes y carencias respecto al agua. La distribución de este recurso es muy variable regionalmente, además de que la administración para la preservación del recurso es una tarea compleja que requiere del trabajo de diversas instituciones federales, estatales y municipales y de la sociedad en general. En este apartado se tiene la intención de describir la situación actual de los recursos hídricos en el país, con la finalidad de comprender la problemática y cuáles han sido sus principales causas.

Trabajos realizados por instituciones como la

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) y el Instituto Nacional de Ecología (INE), han determinado que en el país existen alrededor de 1,471 cuencas hidrográficas (CONAGUA, 2008). Cabe mencionar que el país recibe anualmente aproximadamente 1,488 miles de millones de metros cúbicos de agua en forma de precipitación, de los cuales, el 72.5% se evapotranspira y regresa a la atmósfera, el 22.1% escurre por los ríos y arroyos, y el 5.4% se infiltra al suelo y recarga los mantos acuíferos. De esta forma el país cuenta anualmente con 458 mil millones de metros cúbicos de agua dulce renovable según CONAGUA (2006), lo que se denomina disponibilidad media, en referencia al contexto mundial, esto sin tomar en cuenta las reservas de agua almacenadas principalmente en los mantos acuíferos y también en lagos naturales y artificiales.

Al tener una visión global, pareciera que México no es vulnerable a todo tipo de problema relativo a sus recursos hídricos, sin embargo, su situación se torna difícil, al hacer un análisis respecto a los que plantea la Comisión Nacional

del Agua (2007) en las estadísticas del agua en México:

- Las cifras de disponibilidad son engañosas debido a que no son representativas de la disponibilidad real del agua para cada habitante del país, según su ubicación geográfica.
- Hay una desigualdad de la distribución en el agua en el tiempo y el espacio. Las precipitaciones se concentran principalmente en cuatro meses del año y dos tercios del país son zonas áridas o semiáridas.
- Existe una demanda que crece exponencialmente, derivada del crecimiento poblacional y el desarrollo económico.
- El uso del agua es ineficiente en distintos sectores usuarios.
- La disponibilidad del agua es aún menor debido a la contaminación del agua.

Es importante destacar que la disponibilidad media per capita ha disminuido considerablemente, de 18,035 m³/persona-año en 1950 a sólo 4,312 en el 2007 de acuerdo con CONAGUA (2009). En la figura 3.4 se observa

AGUA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas en la microcuenca del río Pixquiac

Elba Lupita Alvarado Michi

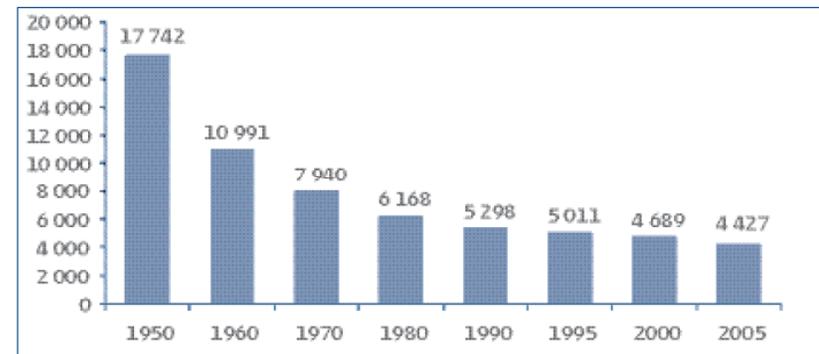
la tendencia de la disponibilidad del agua en México a través de los años.

Es necesario tomar en cuenta el contraste regional entre el desarrollo y la disponibilidad del agua, por la desigualdad que existe. El país puede ser dividido principalmente en dos zonas: la zona norte, centro y noreste, donde se concentra la mayor parte de la población (77%) y se genera el 87% del PIB, pero únicamente disponen del 31% del agua dulce; en contraparte la zona sur y sureste, donde habita el 23% de la población y sólo se genera el 13% del PIB, cuenta con una disponibilidad de 69% de agua dulce (CONAGUA, 2007). Por lo tanto, el recurso se distribuye contrariamente con relación a las necesidades y en consecuencia con relación a la demanda.

También es importante analizar cómo se utiliza el agua que dispone el país, ya que del total, la agricultura por irrigación consume un 77.9%, en el uso doméstico se utiliza el 11.5%, en la industria el 8.5% y en la acuacultura en 2.1%. Es importante tener en cuenta que, según señala Terrazas (2005), la cantidad de agua que se desperdicia

debido a los procesos utilizados en la irrigación es del 54%, y del agua potable que conducen los sistemas de suministro de agua potable se pierde el 45% a lo largo de las redes. Además, aunque el uso industrial no es un consumidor de agua muy importante, en el Foro Mundial del Agua (2003) se

Figura 3.4 Variación de la disponibilidad media del agua per cápita de 1950 a 2005 en México (m³/persona-año)



FUENTE: CONAGUA, 2008

señaló que representa una fuente de contaminación tres veces mayor que la que representan todos los centros de población.

Así mismo, la demanda del agua en el país va en incremento, lo que ejerce una mayor presión sobre el recurso ya que en las últimas cinco décadas, la población

prácticamente se cuadruplicó de 25.8 millones de habitantes en 1950 a 97.4 millones en el año 2000. Además las estimaciones para año 2030 indican que la población crecerá en 84% con respecto a la actual, de la cual el 50% estará concentrada en ciudades urbanas (CONAGUA, 2006).

La presión sobre el recurso en la zona alta del país ha provocado problemas de sobreexplotación en acuíferos cada vez más alta. De los 654 acuíferos del país el 97% están sobreexplotados y se sitúan principalmente en los estados del centro y norte. A partir de la década de los 70's aumentó sustancialmente el número de acuíferos sobreexplotados, se señala que de éstos se extrae casi el 60% del agua para todos los usos y adicionalmente de los acuíferos sobreexplotados, existen 17 acuíferos con problemas de intrusión salina (CONAGUA, 2005).

Por otro lado, también existe el problema de que la mayoría de los cuerpos de agua superficial reciben descargas de aguas residuales sin tratamiento, de origen doméstico, industrial y agrícola, lo que provoca grados

variables de contaminación que limitan el uso directo del agua. Esto implica el deterioro de la calidad del agua en varias cuencas donde se concentran poblaciones como Atoyac, Balsas, Blanco, Coatzacoalcos, Culiacán, Lerma, Río Nautla, Pánuco, Papaloapan, Valle de México y San Juan. Sin embargo, las autoridades no cuentan con un plan para enfrentar esta situación porque no hay estudios que determinen los riesgos en el país por el tema de la calidad del agua.

Aunado a esto, el periódico La Jornada (2010) publicó que especialistas universitarios a nivel nacional señalan que ante las ineficientes políticas gubernamentales, en el 2015 habrá 8.4 millones de mexicanos sin acceso a agua segura y 6.3 millones sin saneamiento básico, aún cuando México cumpla con los objetivos del milenio implementados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU). Tal desigualdad en el país afecta sobre todo a los más pobres, que son quienes paradójicamente pagan más por el líquido, pues al carecer del servicio de agua entubada tienen que conseguirla mediante pipas o embotellada.

AGUA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas en la microcuenca del río Pixquiác

Elba Lupita Alvarado Michi

Una vez expuesta la problemática se puede determinar que la ineficiencia en el uso del agua, en conjunto con el incesante crecimiento poblacional y la contaminación de los cuerpos de agua, han provocado que el agua de los ríos y lagos sean insuficientes en algunas zonas, que las fuentes de abastecimiento subterráneas estén sobreexplotadas y que la calidad del agua se haya deteriorado. Por lo tanto es necesario fortalecer técnicamente al sector hidráulico, el cual es fundamental para el bienestar y el progreso del país.

3.4 El Ciclo del Agua

El agua como componente arterial de la Tierra, es un recurso renovable, que, como se vio anteriormente, tiene diferencias en cuanto a la disponibilidad y amplias variaciones de precipitación estacional en diferentes partes del mundo. La precipitación constituye la principal fuente de agua para todos los usos humanos y ecosistemas; es recogida por las plantas y el suelo; se evapora en la atmósfera mediante la evapotranspiración o corre hasta el mar, lagos y humedales a través de los ríos. Sin embargo, el

control que la humanidad ejerce sobre el agua es global y actualmente el hombre desempeña un papel importante en el ciclo hidrológico.

Por esta razón, es necesario analizar el ciclo hidrológico de manera natural, para conocer cada una de sus etapas en el planeta y dimensionar su importancia. De la misma forma, se analiza el ciclo del agua incidido por el desempeño de las actividades del ser humano, al que llamamos ciclo natural-antropogénico del agua.

3.4.1 Ciclo natural del agua

El agua en la naturaleza no permanece estática, presenta un constante dinamismo en el cual se determinan diferentes etapas o fases que, por su manera de enlazarse, generan un verdadero ciclo debido a que su inicio ocurre donde posteriormente concluye. Para explicar el ciclo natural del agua, se toma como base el libro de “Principios de hidrogeografía. Estudio del ciclo hidrológico” de Elena Maderey (2005), en el cual se define al ciclo del agua o ciclo hidrológico como el orden de sucesión de los acontecimientos debidos al comportamiento del agua en la

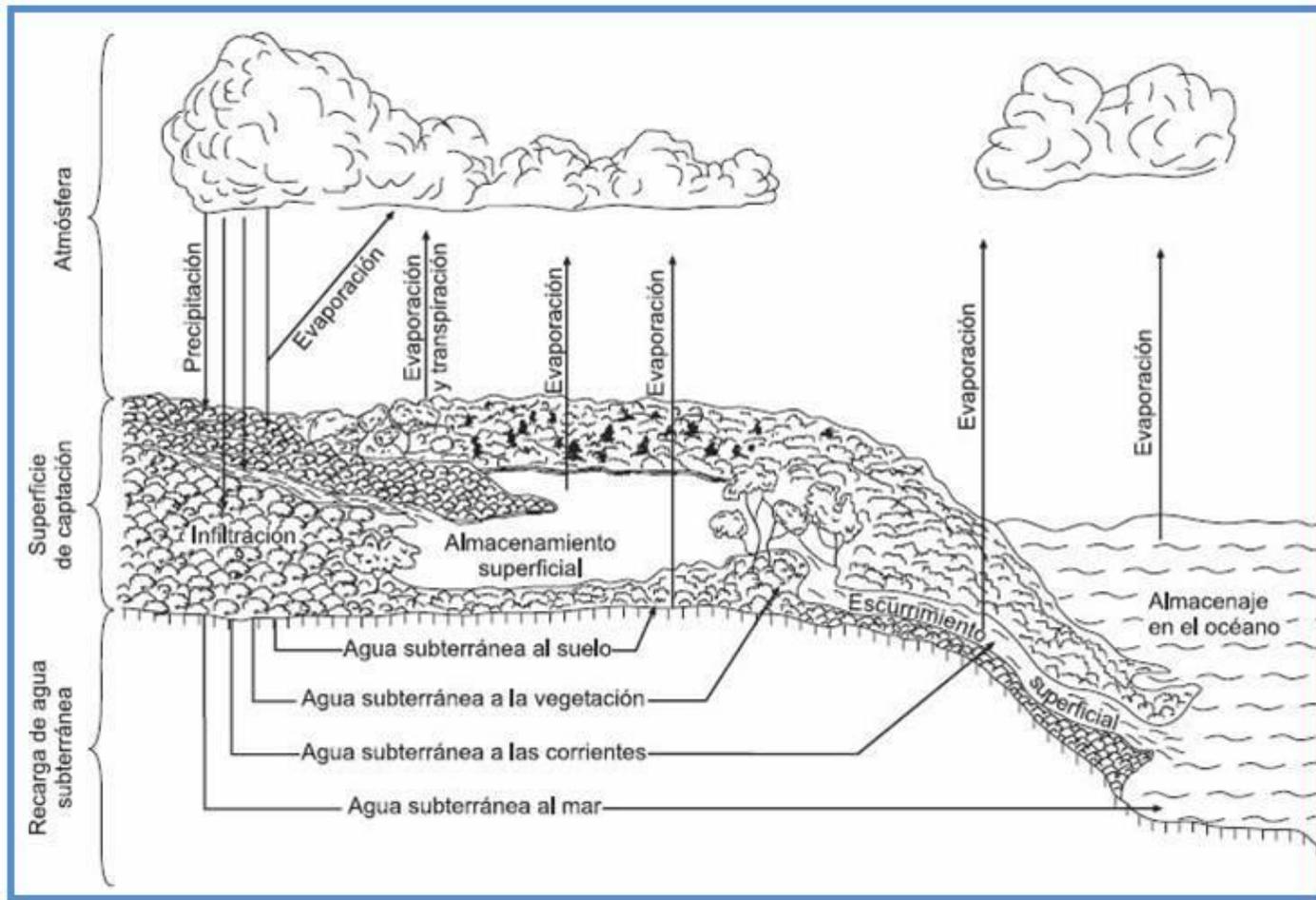
atmósfera, en la superficie terrestre y en el subsuelo mediante el cual se realiza el abastecimiento de agua para las plantas, los animales y el hombre. En la figura 3.5 se tiene un esquema elaborado por Maderey (2005), mismo que ilustra el comportamiento del ciclo hidrológico.

La atmósfera comprende al agua en forma de vapor y de nube que proviene, casi en su totalidad, del agua evaporada en el mar. Esta humedad es transportada, por los sistemas de vientos y bajo el efecto de la energía térmica aportada por el Sol, hacia los continentes en donde se precipita de forma líquida, sólida o de condensación (rocío y escarcha). Durante la precipitación el agua puede iniciar su retorno hacia la atmósfera, porque en su caída se evapora una fracción; otra parte queda interceptada en la superficie de las plantas desde donde una parte se evapora y otra parte escurre hacia el suelo y se infiltra (Maderey, 2005).

El agua que cae directamente al suelo será la que recorra propiamente el ciclo hidrológico y puede seguir varios caminos; una parte de esta precipitación puede caer sobre superficies líquidas (ríos, lagos, lagunas, presas, etc.), donde podrá volver a evaporarse, otra parte correrá por la superficie dando lugar al escurrimiento superficial o escorrentía que llega a los cauces de los ríos que, finalmente desembocarán en el mar que a su vez aportan grandes cantidades de sedimentos y materia orgánica necesarios para la vida litoral y acuática (Maderey, 2005).

Cabe señalar que, una parte que precipita en la superficie terrestre, se evapora directamente desde el suelo, mientras que otra satisface la humedad del suelo por infiltración, que al momento de saturarse produce el flujo subsuperficial que llega a los cauces de los ríos.

Figura 3.5 Ciclo natural del agua



Fuente: Principios de hidrogeografía, Maderey (2005)

Asimismo, esta escorrentía puede penetrar y recargar los acuíferos donde permanece en relativo reposo desde días hasta cientos o miles de años, o también puede circular y alcanzar los ríos, fluir a la superficie en manantiales o fuentes o llegar directamente al mar por percolación llega a los mantos de agua subterráneos. Es necesario tener en cuenta que la mayor parte de los movimientos subterráneos del agua son muy lentos; y que, desde la superficie del mar y desde las demás superficies líquidas hay otra etapa de evaporación que cierra el ciclo (Maderey, 2005).

A continuación se describen brevemente cada uno de los elementos más importantes del sistema del ciclo hidrológico para su mayor comprensión.

Precipitación

Se entiende por precipitación la caída de partículas líquidas o sólidas de agua. Prieto (2002) y Maderey (2005) sostienen que al enfriarse el vapor de agua en la atmósfera, pasa al estado intermedio de neblina o nubes, cuyas pequeñas gotas que las forman llegan a reunirse en gotas más gruesas que se precipitan hasta el suelo en forma de

lluvia. La intensidad y cantidad de precipitación dependerán del contenido de humedad en el aire y la velocidad vertical del mismo.

La ubicación geográfica es otro de los aspectos a considerar para determinar la cantidad de lluvia, Marsily (2003) señala que llueve menos en el centro de los continentes que cerca de las costas, debido a que el 85 % del vapor de agua viene de los océanos.

Evaporación y transpiración

La evaporación, es un aspecto físico que consiste en el paso del estado líquido al gaseoso del agua. Debe considerarse que la evaporación puede tener varios orígenes, desde la lluvia que queda en las plantas y la parte que llega al suelo. Una vez que el suelo se satura, el agua corre por la superficie y también desde esta se produce evaporación. Por último, otra fuente de evaporación es la que se produce en las superficies líquidas, ya sea mares, ríos y lagos. Cabe señalar que también existe otra forma de evaporación que se produce a partir de la nieve y del hielo

(Maderey, 2005).

Es necesario tomar en cuenta el agua que las plantas toman del suelo por medio de sus raíces y a través de su ciclo biológico la regresan a la atmósfera por medio de la transpiración. Este proceso también depende de la temperatura, la humedad y de la velocidad del viento.

La evapotranspiración se produce mediante la extracción del agua del suelo por las raíces, y la posterior transpiración de las plantas, si llega a reducir la evaporación, también se verán reducidas las precipitaciones.

Uno de los factores que determinan la evapotranspiración es la energía que aporta la radiación solar, así como también influye la disponibilidad de agua y de vegetación, ya que la evaporación y la transpiración de las plantas son funciones que dependen de la cantidad de agua presente en el suelo (Maderey, 2005).

Infiltración

El otro proceso es la infiltración, se refiere al movimiento del agua desde la superficie hacia el interior del

suelo, del agua infiltrada se proveen casi todas las plantas terrestres y animales, de la misma forma alimenta los acuíferos y a la mayoría de las corrientes en el periodo de estiaje, también reduce las inundaciones y la erosión del suelo.

En el proceso de infiltración se distinguen tres fases según Maderey (2005): la fase de intercambio, que se presenta en la parte superior del suelo, donde el agua puede retornar a la atmósfera por medio de la evaporación; la fase de transmisión es la que ocurre cuando la acción de la gravedad supera a la de la capilaridad y obliga al agua a deslizarse verticalmente hasta encontrar una capa impermeable. Por último, en la fase de circulación el agua se acumula en el subsuelo debido a la presencia de una capa impermeable y empieza a circular por la acción de la gravedad.

Los factores que intervienen en la capacidad de infiltración son: el tipo de suelo, grado de humedad del suelo, presencia de sustancias coloidales, acción de la precipitación sobre el suelo, cobertura vegetal, acción del hombre y de los animales, y la temperatura (Maderey,

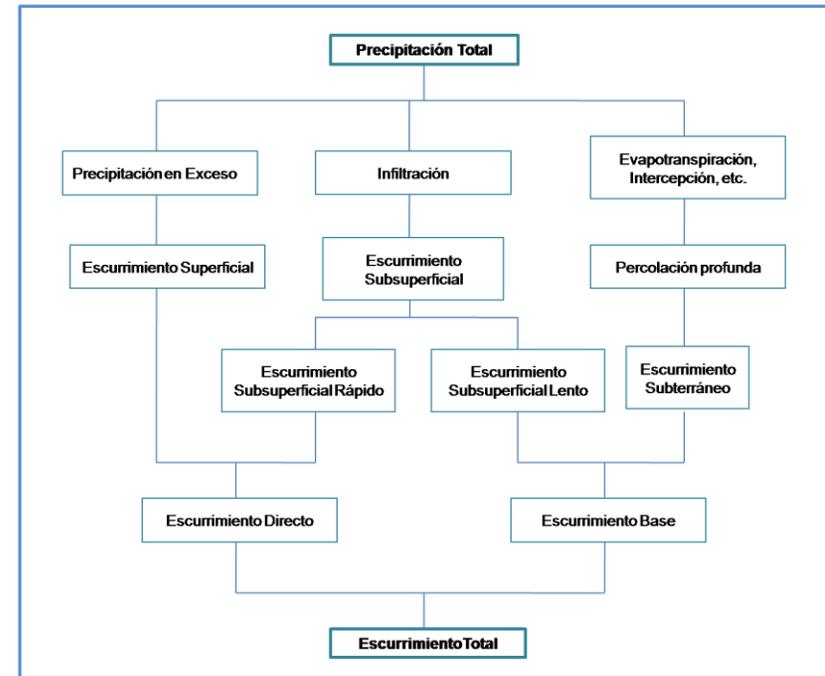
2005).

Es por esto que el suelo es un elemento esencial para determinar el patrón de infiltración, ya que es determinado por sus propiedades físicas como la textura, estructura, peso específico real y aparente, la porosidad y la permeabilidad.

Escurrimiento

El escurrimiento es la parte de la precipitación que aparece en las corrientes fluviales superficiales perennes, intermitentes o efímeras, y que regresa al mar o a los cuerpos de agua interiores. De acuerdo con las partes de la superficie terrestre en las que se realiza el escurrimiento, según Maderey (2005), éste se puede dividir como se muestra en la figura 3.6.

Figura 3.6 Diagrama de patrones de escurrimiento



Fuente: Principios de hidrogeografía, Maderey (2005)

Según Maderey (2005), el *escurrimiento superficial* o *escorrentía*, es la parte del agua que escurre sobre el suelo y después por los cauces de los ríos; el *escurrimiento subsuperficial*, es la parte del agua que se desliza a través de los horizontes superiores del suelo hacia las corrientes; el *escurrimiento subterráneo*, es aquel que se lleva a cabo en los mantos subterráneos y posteriormente, por lo general, descarga a las corrientes fluviales; la *precipitación*

en exceso es la que contribuye directamente al escurrimiento superficial; el *escurrimiento base*, se refiere a escurrimiento subterráneo y la parte retardada del escurrimiento subsuperficial; y por último, el *escurrimiento directo* es la parte del agua que entra rápidamente en el cauce de las corrientes.

Los factores que influyen sobre el escurrimiento se refieren a las características del terreno, es decir, sus características climáticas y fisiográficas. Los factores climáticos determinan la cantidad de agua destinada al terreno proveniente de la precipitación, también de manera indirecta afectan otros elementos como la temperatura, el viento, la presión y la humedad relativa. Marsily (2003) señala que los factores fisiográficos se relacionan con la forma y las características físicas del terreno, así como con los canales que forma el sistema fluvial, también son importantes aspectos físicos del terreno como la naturaleza del suelo, la pendiente, la presencia de vegetación, el uso del suelo, la geología, la topografía y la red de drenaje.

Una de las consecuencias del escurrimiento es la

erosión de los suelos, ya que al pasar sobre la superficie, la capa de agua que escurre está en condiciones de arrastrar partículas finas del suelo y llevárselas consigo (Marsily, 2003), lo que hace que el suelo se desgaste.

Agua subterránea

El agua subterránea es la que se encuentra dentro de la litósfera, en condiciones normales, la distribución de agua en el subsuelo se divide en dos zonas: la de aireación (o no saturada) y la de saturación, de acuerdo con Maderey (2005), y se explica a continuación.

La zona de aireación comprende a su vez tres franjas: la franja de agua de suelo, conformada por el agua higroscópica, el agua capilar y el agua libre o de gravedad; la franja intermedia, donde el espesor varía desde cero hasta varios metros, se encarga de conectar la franja de agua de suelo con la franja capilar; la franja capilar, es una capa humedecida por el agua que asciende de la zona de saturación debido a fenómenos capilares.

Cabe señalar que la zona de saturación contiene el

AGUA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas en la microcuenca del río Pixquiac

Elba Lupita Alvarado Michi

agua subterránea, y en esta región el movimiento del agua es más lento por que los poros e intersticios se encuentran ocupados por ella. La capa saturada es el *manto freático* y el límite de la zona libre de agua que ocupa esta región es la superficie freática. La parte inferior de la zona de saturación está compuesta por una capa impermeable, la cual impide que el agua siga descendiendo.

Maderey (2005) señala que las formaciones geológicas, según su aptitud para contener y dejar pasar el agua a través de su masa, reciben distintos nombres:

Acuíferos: son formaciones que permiten al agua moverse a través de ellas bajo condiciones ordinarias y son capaces de suministrarla por gravedad o por bombeo en la calidad requerida.

Acuicierres o acuitardos: son formaciones capaces de contener agua, pero incapaces de transmitirla en cantidades suficientes como para la captación o formación de manantiales importantes.

Acuífugos: son formaciones impermeables que no absorben

ni transmiten agua.

La presencia y el movimiento del agua subterránea están condicionados por ciertos factores entre los que se cuentan como más importantes la precipitación, la forma del terreno, la geología y la presencia o ausencia de la vegetación.

Una vez que se comprenda el ciclo natural del agua en todas sus fases, es imprescindible entender la incidencia humana en este proceso biofísico. En el siguiente apartado, se hace referencia al ciclo natural-antropogénico del agua, donde se explica cómo es que el ser humano interviene en dicho ciclo.

3.4.2 Ciclo natural – antropogénico del agua

Es necesario comprender que el hombre, con el desempeño de sus actividades es un modificador del ciclo del agua y con su intervención introduce cambios, altera energías, modifica la dirección del desplazamiento de las aguas. En síntesis, el ser humano es capaz de modificar las características y funciones de los ecosistemas en una

escala local, regional y global.

El aprovechamiento de las aguas por el hombre para satisfacer sus necesidades y para eliminar sus desechos perturba fuertemente el esquema natural y modifica tanto la calidad como la cantidad de las aguas y por tanto el conjunto de los ecosistemas terrestres y acuáticos, de acuerdo con Marsily (2003).

Llorente (2003) señala que hoy en día, dada la gran variedad de las actividades humanas y los muchos cambios que producen sobre el medio ambiente, resulta difícil imaginar que el ciclo del agua no esté afectado de alguna manera por las actividades humanas. A continuación, veremos cómo las actividades del hombre influyen sobre el ciclo hidrológico y lo transforman en el ciclo natural – antropogénico del agua.

El ser humano ha ideado y perfeccionado una serie de sistemas que conforman el ciclo natural-antropogénico del agua, que comprende una serie de fases (ver figura 3.7), que en algunos casos no implica que necesariamente se

cumpla cada una.

Figura 3.7 Ciclo Natural-Antropogénico del Agua



Fuente: Menchaca, Alvarado. Observatorio del Agua para el estado de Veracruz, ABCC (2010)

Como se observa en la figura 3.7, el ciclo natural-antropogénico del agua comprende las siguientes fases:

- La *Disponibilidad*: se debe contar con una fuente de agua natural para satisfacer las necesidades humanas.
- La *Extracción*: aprovechamiento de las aguas

AGUA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas en la microcuenca del río Pixquiac

Elba Lupita Alvarado Michi

subterráneas, la derivación de los caudales superficiales o desalación del agua de mar.

- *Almacenamiento y canalización* de las aguas superficiales y subterráneas.
- *Tratamiento (potabilización)* para conseguir la calidad que cada uso requiere.
- *Distribución* en la red urbana, industrial o agrícola
- *Usos del agua*, los actores más importantes de este ciclo que intervienen directa o indirectamente en su proceso.
- *Disposición* de las aguas residuales, una vez utilizadas.
- *Tratamiento* de las aguas residuales y su depuración.
- *Reutilización*, recargas y retorno al medio natural o utilización de agua tratada para otros fines.

A continuación, se exponen las distintas fases antropogénicas del agua que inciden en el ciclo del agua.

Disponibilidad del agua

El agua se encuentra en estado natural en distintas depósitos como corrientes fluviales, lagos, lagunas, manantiales o acuíferos, desde donde el ser humano puede tomarla. El acceso a estas fuentes en algunas ocasiones es fácil, mientras que en otras se requiere de grandes inversiones para poder obtenerla.

Extracción del agua

Esta fase se refiere a los métodos que utiliza el ser humano para obtener este recurso, a continuación se explican los más utilizados actualmente.

Aprovechamiento de las aguas subterráneas

Se estima que en la Tierra las aguas subterráneas son cien veces más abundantes que la superficiales, sin tomar en cuenta los casquetes polares, sin embargo, Llorente (2003) señala que más de la mitad de esas aguas están por debajo de los 800 metros de profundidad y por lo

tanto es difícil extraerlas para cubrir demandas existentes.

Esta agua del subsuelo se aprovecha cuando fluye a la superficie de forma natural a través de manantiales o mediante la extracción directa desde las fuentes naturales, por medio de pozos, de los cuales se puede bombear el agua al exterior. Con frecuencia las aguas subterráneas no pueden extraerse del terreno o hacerlo resulta muy costoso.

Es necesario resaltar que la explotación de los acuíferos debe ser acorde con su capacidad natural de recarga, de manera que no se extraiga el recurso a un ritmo superior al que el ciclo natural pueda restablecerlo. Si este principio no se respeta, el resultado es el fenómeno de la sobreexplotación de las aguas subterráneas, que puede provocar hundimientos o en el caso de los acuíferos costeros puede provocar que baje el nivel, penetre el agua de mar y se salinice (Llorente, 2003).

Derivación de caudales de las aguas superficiales

Las aguas de ríos y lagos se extraen mediante derivaciones, como canales, presas o bombeos. Se trata de

estructuras colocadas directamente en la fuente de abastecimiento, con el fin de captar el flujo de agua deseado y conducirlo hasta la siguiente etapa del ciclo.

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (2009), el crecimiento de las actividades socioeconómicas provoca una reducción significativa de los caudales y la modificación de los regímenes originales de flujo en las corrientes superficiales, al satisfacer las necesidades de los usos tradicionales del agua.

También señala que, con la finalidad de aprovechar los recursos hídricos del agua superficial para propiciar el desarrollo, se han construido diversas obras hidráulicas que han modificado los escurrimientos naturales en cantidad, calidad y, en consecuencia, han causado la variación en la morfología del cauce, el transporte de sedimentos, la temperatura del agua, entre otras variables.

Debido a esto, las actividades de uso y explotación de los recursos hídricos producen cambios notables en el régimen natural de las fuentes de agua en forma continua, estacional o temporal, llegándose en muchos casos a limitar

totalmente el flujo o el almacenamiento de agua en algunos tramos fluviales, en lagos, lagunas y humedales.

Almacenamiento y canalización

A lo largo de la historia, el hombre ha utilizado distintos sistemas para almacenar el agua, tanto superficial como subterránea, de acuerdo con Llorente (2003). Entre estos sistemas figuran los pozos, las cisternas, los tanques, las balsas o represas, cabe señalar que estas estructuras consisten en una obstrucción física de la corriente superficial que impide su flujo natural, incluso en algunos casos es necesario inundar la zona para tener una mayor área de almacenamiento.

Tratamiento (Potabilización)

Cabe señalar, en este apartado que cada uso que damos al agua requiere una calidad distinta y recibe un tratamiento diferenciado, previamente a su utilización. Entre los usos más importantes se distinguen el agrícola, doméstico e industrial y algunos otros como acuicultura, forestal y pecuario.

En el caso del agua para uso agrícola, no necesariamente debe ser tratada para el regadío, ya que inclusive normas alimentarias permiten el uso de agua tratada. No obstante en ciertos casos se requiere de agua de mejor calidad debido a que ésta puede ser transmisora de bacterias que desarrollan enfermedades gastrointestinales.

El agua para uso doméstico requiere de una mejor calidad, pues debe ser potable y cumplir con normas de control de para evitar daños a la salud. Por ello, el agua que proviene de las corrientes superficiales es canalizada hasta una planta potabilizadora, en la que se somete a tratamiento para eliminar sólidos y desinfectar. En la actualidad es poco común que las aguas superficiales o aún subterráneas cumplan con las normas de calidad y puedan ser distribuidas sin tratamiento.

En lo que se refiere a la industria, se requiere que el agua se encuentre bajo ciertas condiciones para su uso: como transmisor de calor o de refrigeración; producción de vapor; en el proceso de fabricación de productos; como

materia prima; es utilizada también como disolvente de diferentes procesos productivos; y, por último, para la obtención de energía.

Distribución

En esta etapa del ciclo, el agua es transportada, ya sea desde las plantas potabilizadoras o directamente desde el sistema de almacenamiento, a través de una red de distribución hasta los depósitos de regulación, esta infraestructura suele ser subterránea y contiene el agua necesaria para abastecer a los usuarios correspondientes.

Usos del agua

Los usuarios del agua son los actores dentro del ciclo. Los usos que el ser humano le da al agua son innumerables, van desde sus necesidades básicas hasta en procesos sofisticados de industrialización. La Comisión Nacional del Agua y otras instituciones de competencia han hecho una clasificación a nivel nacional para distinguir entre los diferentes tipos de uso, los que serán señalados en un capítulo posterior. Es importante tener en cuenta que, con el

simple hecho de tomar cierta cantidad de agua para determinada actividad, se alteran las condiciones naturales del entorno. Por lo tanto, cuando el agua es vertida en conjunto con los residuos, se provoca un cambio en las condiciones originales de los ecosistemas acuáticos, los que disponen de diversos mecanismos de autodepuración y son capaces de eliminar por sí mismos gran parte de la materia orgánica que contamina sus aguas; sin embargo, cuando la capacidad de depuración es rebasada la calidad del río es perturbada y éste se degrada, en ocasiones de manera irreversible.

Disposición

Una vez que el agua es utilizada, se envía a través de canales recolectores, conocidos como red de drenaje sanitario, para que ésta sea depositada de acuerdo al tipo de sistema de manejo del recurso.

Las aguas usadas, llamadas también aguas residuales, pueden tener dos vías alternativas para dar continuidad al ciclo natural-antropogénico del agua: una de éstas es la descarga directa a los cuerpos de agua naturales

AGUA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas en la microcuenca del río Pixquiác

Elba Lupita Alvarado Michi

como ríos, lagos o al mar, que se encuentran por lo general corriente debajo de donde el agua es extraída. La otra vía es, en el mejor de los casos, cuando se somete a un tratamiento para eliminar los sólidos suspendidos totales, la materia orgánica y sustancias químicas, con la finalidad de verter las aguas tratadas en los cuerpos de agua sin perturbar los ecosistemas acuáticos.

Cabe aclarar que, de acuerdo con De la Osa (2003), si los ríos pueden autodepurar sus aguas, no quiere decir que no degrade su calidad durante el proceso, por lo tanto, conviene reconocer que los ríos no deben ser los drenajes naturales de todo tipo de desechos de nuestras sociedades.

Desafortunadamente en el país, el gobierno no invierte en infraestructura para este tipo de tratamiento, ya que el costo es un factor limitante. Por esta situación, la mayoría de las fuentes de agua dulce en la actualidad se encuentran en condiciones poco favorables tanto para la salud y la seguridad del bienestar social y del recurso en el futuro.

Tratamiento

Como se menciono anteriormente, el agua residual, es por lo general descargada directamente a los cuerpos de agua, corriente abajo de donde se toma inicialmente. Esto provoca que los cuerpos receptores se deterioren respecto a su calidad, dependiendo del tipo de residuos que contengan las descargas y su variabilidad en cuanto tiempo y cantidad.

Debido a ésta problemática a nivel mundial, se han propuesto diversos sistemas de tratamiento de las aguas residuales, los cuales muchas veces simulan o reproducen las mismas funciones depuradoras de la naturaleza, pero a una velocidad superior a la que se desarrolla de manera natural, para lograr cubrir la producción de aguas residuales, que crece a un ritmo cada vez más acelerado.

Estos sistemas de tratamiento consisten en una serie de procesos, principalmente biológicos, combinados con otros de tipo físicos y químicos con el objetivo de eliminar la materia orgánica y otros compuestos nocivos para el desarrollo del ecosistema acuáticos. La finalidad del tratamiento es obtener agua de una mejor calidad para

reincorporarla a los cuerpos de agua o inclusive para reutilizarla en otras actividades donde se pueda aplicar. Otro de los productos obtenidos es un lodo, donde se concentran los residuos extraídos de las aguas servidas, éstos pueden ser depositados en el suelo o aplicados para otro uso (Llorente, 2003).

Reutilización

La reutilización de las aguas residuales es una práctica muy extendida. En la actualidad este tipo de aguas ha llegado a formar parte del ciclo natural-antropogénico del agua y son consideradas como recursos hídricos alternativos. La depuración previa de éstas aguas mejora su calidad y abre las posibilidades de su reutilización. Por otra parte, la reutilización cumple un segundo objetivo, que es evitar su vertido directo a los cauces o al mar en donde pueden tener efectos negativos como la eutrofización, malos olores, impacto visual o la propia contaminación del agua; también evita extracciones excesivas de agua dulce (UJI, 2009). De esta forma se consigue que los recursos hídricos disponibles de forma natural sólo se ocupen de

cubrir aquellas demandas que exigen una calidad de agua más alta.

La reutilización del agua residual tratada es de distintos tipos, según Asano (1991) citado por UJI (2009), entre los principales se encuentra el riego agrícola (cultivos y semilleros), riego de parques y jardines, reutilización industrial (para refrigeración, alimentación de calderas, usos urbanos no potables), recarga artificial (recarga de acuíferos, control de la intrusión marina, etc.), riego de zonas verdes, combate de incendios, sanitarios, aire acondicionado, uso ambiental (caudales ecológicos, zonas húmedas) u otros como construcción, eliminación de polvo y limpieza de ganado.

Por otra parte, el lodo obtenido como subproducto en el tratamiento de aguas residuales, conocido como biosólido, es utilizado para fines agrícolas como abono, que implica su mezcla con fuentes de carbón. Así mismo, cuando el lodo es sometido a un proceso de biodigestión, produce biogás que puede ser utilizado para generación de energía eléctrica.

La reutilización de aguas tratadas tiene algunas limitaciones potenciales, como su posible efecto sobre la calidad de agua superficial o subterránea, sobre la salinidad del suelo, los propios cultivos y algunos aspectos relacionados con la salud pública, este tipo de daños provoca que la aceptación social se torne difícil.

Una vez que se toma en cuenta cuál es la incidencia del ser humano en el sistema natural del agua y cómo influye de una manera significativa en los ecosistemas naturales, con el desempeño de sus actividades sociales y económico-productivas, es conveniente analizar cómo se lleva a cabo la administración del recurso, para asegurar que se disponga de éste tanto en calidad como en cantidad en una escala de tiempo a largo plazo.

3.4 Gestión del Agua

La gestión del agua consiste en la aplicación de instrumentos jurídicos y normativos, económicos financieros y de concertación, con el fin de propiciar un uso responsable del recurso; es decir, administrar y preservar las aguas nacionales para lograr su uso sustentable, con la

responsabilidad de los tres órdenes del gobierno y de la sociedad en general, de acuerdo con Llorente (2003) y CONAGUA (2007).

3.5.1 Administración de los derechos del agua en México

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que data de 1917, reconoce a la nación como propietaria de toda el agua dentro de su territorio y autoriza al Gobierno para administrar estos recursos y otorgar concesiones para el uso del agua. Conforme al artículo 115, los gobiernos municipales, con los apoyos del gobierno federal y estatal, son los responsables de los servicios de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales. El artículo 27 constitucional señala las disposiciones relacionadas con la administración de los derechos del agua.

Es pertinente mencionar que también se cuenta con la Ley de Aguas Nacionales que precisa los instrumentos normativos de que dispone la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) para formular, poner en práctica y evaluar la

AGUA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas en la microcuenca del río Pixquiac

Elba Lupita Alvarado Michi

planeación hidráulica del país, administrar y custodiar las aguas nacionales, expedir títulos de concesión y permisos de descarga de aguas residuales así como sus prórrogas y transmisiones, así como proyectos de reglamentos de cuencas.

Por otra parte, la Ley Federal de Derechos publicada en el Diario Oficial de la Federación, está relacionada con el pago por el uso de aguas nacionales, así como por el uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la nación, como son los cuerpos receptores de descargas de aguas residuales.

Del mismo modo existen normas oficiales mexicanas que regulan los límites máximos permisibles de descargas y otros instrumentos de orden y control. En el Anexo I se muestra una tabla en la que se despliegan las principales Normas Oficiales Mexicanas en Materia del agua.

3.5.2 Instituciones relacionadas con el agua en México

La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) es la dependencia de gobierno que

tiene como propósito fundamental “fomentar la protección, restauración y conservación de los ecosistemas y recursos naturales, y bienes y servicios ambientales, con el fin de propiciar su aprovechamiento y desarrollo sustentable”.

A su vez, la SEMARNAT tiene a su cargo órganos desconcentrados y descentralizados para la gestión, entre estos La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), que es la dependencia gubernamental encargada del manejo del agua, la cual dispone de gerencias regionales para cubrir todo el país. Solís (2005) señala que la CONAGUA entrega agua en bloques a todo el país y la cobra a precios que incorporan un precio variable de subsidio. La venden a crédito a los municipios y éstos la revenden a los consumidores finales.

En la figura 3.8 se muestra cómo pueden interactuar los diferentes actores en la administración de un sistema de derechos de agua de acuerdo con Garduño (2003).

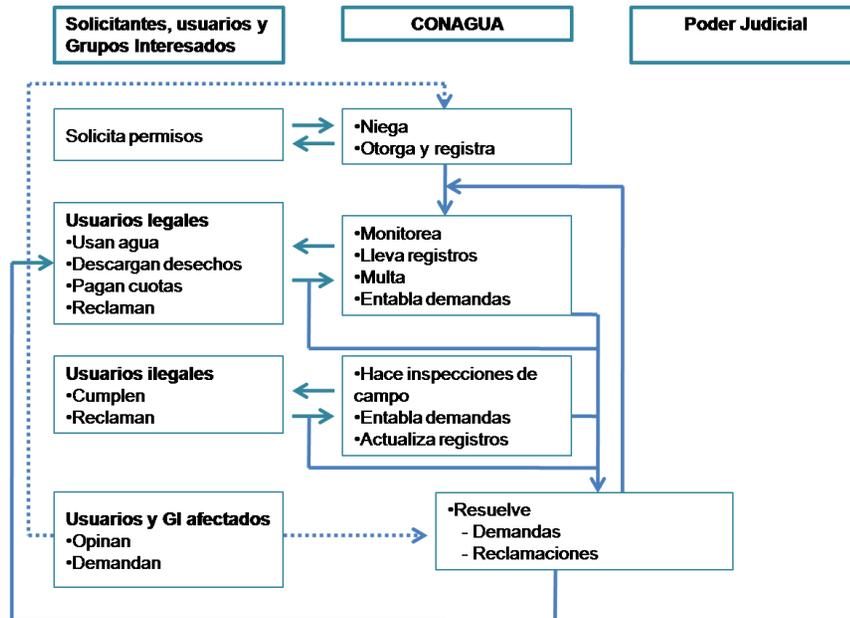
El actor más importante es el usuario/solicitante/permisionario. La CONAGUA puede negar al solicitante el permiso o puede otorgarlo y



registrarlo. Una vez que al solicitante le otorgan un permiso,

(Garduño, 2003).

Figura 3.8 Actores e interacciones en un sistema de administración de derechos del agua



Fuente: FAO, 2003

se convierte en usuario legítimo-legal y debe extraer agua, descargar agua residual en un cuerpo de agua receptor, pagar las cuotas y los cargos de acuerdo con la legislación de aguas y los términos y condiciones adjuntos al permiso

Por su parte, la *autoridad del agua* lleva registros y controla el cumplimiento de los usuarios/permisionarios por medio de inspecciones de campo y otros métodos apropiados de verificación. Garduño (2003) señala que si se descubre alguna infracción, se impone una multa al usuario/permisionario o se solicitará al sistema judicial que lo procese si se ha cometido una ofensa criminal. Además, junto con el sistema judicial, pueden recibir demandas que el usuario/permisionario o terceras partes interpongan contra una decisión tomada por la autoridad del agua.

Para llevar a cabo las funciones que le han sido asignadas, la CONAGUA trabaja en conjunto con diversas instancias en el ámbito federal, estatal y municipal, así como con asociaciones de usuarios, empresas e instituciones del sector privado y social. En el Anexo II se despliega una lista de las principales instituciones que tiene que ver con la administración del agua en el país.

3.5.3 Políticas públicas del agua

Una política pública se refiere a la determinación de cómo el gobierno actúa junto con la sociedad y otras organizaciones para dar soluciones a determinados problemas que aquejan a la población. De acuerdo con Pineda (2007), es un sistema complejo, ya que no se refiere a acciones simples sino a grupos o conjuntos de acciones que se emprenden para obtener un resultado específico. Estos son de carácter colectivo, ya que son emprendidas por más de una organización, es decir, son intergubernamentales e interinstitucionales; son limitadas debido a que están sujetas a reglas, normas y procedimientos establecidos y se encuentran delimitadas a cierto espacio geográfico u organizacional; y, por último, las políticas públicas son continuas y evolutivas por que se renuevan, ajustan, modifican, o en el mejor de los casos, se afinan de acuerdo a la transformación de la problemática que se trate.

Una vez establecido el concepto de política pública, se destaca la relevancia de las políticas en materia de agua, por ejemplo, el servicio de agua potable en un determinado gobierno municipal, se hace con base a las normas

establecidas por la ley aprobada en el Congreso de Estado, de acuerdo con las directrices establecidas con la Comisión de Agua y Saneamiento correspondiente al estado, en coordinación con los usos del agua que hacen los agricultores y ganaderos, así como en estrecha relación con las demandas, conductas, ya sea individuales o grupales, de los diferentes tipos de usuarios del servicio. En este caso la política pública que significa prestar el servicio de agua potable es el resultado de una acción intergubernamental y colectiva.

El asunto central de la gestión del agua en México, de acuerdo con Terrazas (2005), es la necesidad de aumentar la inversión en la construcción y rehabilitación de la infraestructura hidráulica comunitaria. Esto requiere de medidas institucionales y de una mayor conciencia en los consumidores con respecto a su disposición a pagar por los servicios de agua.

Lo fundamental en este asunto es la necesidad de un mecanismo práctico y justo, que propone la asignación de precios razonables que considere la obligación de proporcionar a todos agua limpia.

Por otra parte, de acuerdo con Roemer (1997), la

AGUA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas en la microcuenca del río Pixquiác

Elba Lupita Alvarado Michi

insuficiencia del servicio de agua potable y saneamiento se debe principalmente a tres factores:

- Asignación deficiente de la propiedad y del uso de las aguas nacionales,
- Una estructura institucional preparada para transferir recursos fiscales a agricultores y a los más grandes centros urbanos,
- Deficiencias en la administración de los derechos de propiedad y del sistema tributario.

Por consiguiente, México se enfrenta a un gran reto para sus políticas públicas sobre el agua, acentuado en dos elementos. Primero, los usuarios se encuentran generalmente lejos de los lugares en donde el agua se almacena físicamente, y por tanto, se requieren grandes inversiones en infraestructura hidráulica para proporcionarles el recurso. En segundo término la precipitación pluvial se concentra en seis meses del año, lo que requiere inversiones en obras que permitan almacenar agua en las estaciones con baja precipitación.

Por dicha situación, Luken (2005) señala que la inseguridad legal de los derechos del agua y la falta de

señales económicas claras para su asignación monetaria han significado que un amplio sector de mexicanos no cuenta todavía con agua suficiente para los usos domésticos y exista un uso sumamente ineficiente del potencial hidráulico en México. Se debe tomar en cuenta que las cantidades involucradas son muy cuantiosas y se realizan sin armonía de las políticas de subsidio que sigue el resto del sector público.

A pesar de que hay un gran número de organismos de sector agua, tanto en el campo como en las ciudades, una autoridad central y una gran diversidad de entidades, cabe señalar que no se cuenta con información oportuna y con índices de gestión confiables y transparentes, para poder organizar el sector de una manera más eficiente.

Por las situaciones anteriormente planteadas, se considera que las políticas públicas en relación con la conservación del agua pueden darse mediante el uso racional, eficiente y sustentable. Uso racional se refiere a prioridades claras, compartidas y aplicadas. Eficiente se refiere al uso correcto de los recursos financieros, en materia de costos, gastos, precios, al igual que en cualquier

AGUA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas en la microcuenca del río Pixquiác

Elba Lupita Alvarado Michi

lugar, o empresa, sea de la propiedad de quien sea, ciudades o gobiernos, eficiente también mediante la medición, evaluación y transparencia en la aplicación de los recursos y el desempeño de la gestión de los administradores. Uso sustentable, quiere decir que se evite la degradación del recurso para asegurar que generaciones futuras puedan beneficiarse con los mismos derechos en cuanto a calidad y cantidad de agua (Luken, 2005).

AGUA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas
en la microcuenca del río Pixquiac

Elba Lupita Alvarado Michi

CAPÍTULO IV LOS USUARIOS DEL AGUA Y LAS ACTIVIDADES ANTROPOGÉNICAS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO PIXQUIAC

4.1 Concepto de actividad antropogénica

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés), un efecto antropogénico son las consecuencias de la intervención del ser humano sobre el ambiente.

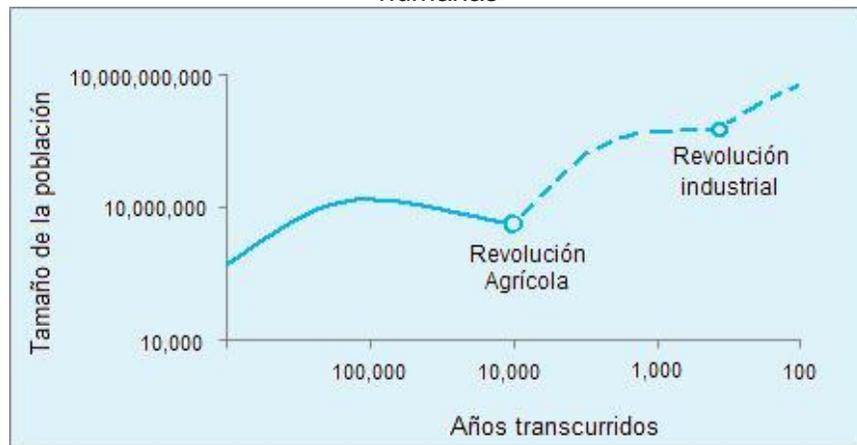
Dichas consecuencias son medibles desde el punto de vista del impacto que ejerce el hombre sobre los ecosistemas. Es por esto necesario establecer el concepto de impacto ambiental, que según Villegas (1995) es el conjunto de perturbaciones de carácter físico, químico, biológico, económico, social y cultural que inciden sobre el ambiente como consecuencia de una actividad ya realizada o en proceso de realización.

La incidencia antropogénica sobre los ecosistemas es cada vez más notoria, ya que a simple vista se puede observar, tanto los recursos naturales, como los servicios ambientales que prestan los ecosistemas, mismos que pueden estar degradados de forma significativa, de manera que éstos ya no pueden recuperarse naturalmente o el tiempo que necesitan para restaurarse es prolongado.

Por esta razón, es importante subrayar que a lo largo del tiempo, los grupos humanos han evolucionado respecto a la manera en que utilizan sus recursos naturales. Según Ondarza (1999), se aprecia esta evolución en tres fases principales: la cacería y la recolección; la del cultivo de los

vegetales, cuidado o cría de animales y trabajo en metal (revolución agrícola); y la fase del hombre moderno, urbano e industrial (revolución industrial). Cada una de las fases mencionadas está estrechamente ligada al crecimiento poblacional, como se observa en la figura 4.1, donde se marca la tendencia de la evolución del ser humano respecto al uso de sus recursos naturales.

Figura 4.1 Crecimiento de la población en las revoluciones humanas



Fuente: Ondarza (1999)

Sobre lo anterior, podemos agregar que, los grupos humanos vivían de la cacería y de la recolección en aquellas partes del mundo donde era posible, la población mundial

era alrededor de cinco millones de personas. La revolución agrícola, que data entre los años 13 mil y 4 mil a.C., probablemente permitió una expansión de la población humana, la base de esta agricultura sucedió en forma secuencial y en distintas regiones de la Tierra, principalmente con el cultivo de trigo, arroz y maíz.

En lo que respecta a la revolución industrial, que surgió a partir del siglo XVIII, se tiene que el trabajador del campo emigró hacia las ciudades en busca de mejores oportunidades, lo que originó un crecimiento urbano acelerado y se propició un consumo exagerado de materias primas y también aumentó la contaminación en todas sus formas: agua, aire y suelo.

También es importante mencionar que de acuerdo con Ordanza, (1999), a mediados del siglo XIX surgió la revolución médica a la par con la revolución industrial. A partir del descubrimiento de microorganismos patógenos y de diversos medicamentos, se logró el mejoramiento de la salud del hombre. Esto ha permitido reducir la mortalidad, aumentar la natalidad y prolongar el promedio de edad de

sobrevivencia de los individuos, con el consecuente crecimiento de la población, y por tanto el aumento en la demanda sobre la producción de bienes y servicios.

La experiencia pasada deja plasmado que el desempeño de la mayoría de las actividades que el hombre lleva a cabo para su beneficio, se efectúan a menudo sin serios estudios previos, sin un examen de su impacto, sin tomar en cuenta los ecosistemas, sin analizar las soluciones de reemplazo o las medidas compensatorias, teniendo como consecuencia efectos negativos, incluso irreparables. En particular, Marsily (2003) señala que ha sido casi imposible tomar en cuenta en los cálculos económicos los “intereses no mercantiles”, es decir, las externalidades que se traducen en “el valor” de un ecosistema natural, de un paisaje y de un uso no utilitario, es decir de la racionalidad ambiental.

Por esto, es justificable referir algunos efectos antropogénicos, resultado de las actividades sociales y económico-productivas que el humano lleva a cabo para su beneficio y sus comodidades.

4.2 Efectos antropogénicos

Como se vio anteriormente, con mucha frecuencia el humano hace un uso sin control de los recursos naturales, lo que perjudica a todo el ecosistema y trae consecuencias negativas, como la baja de la productividad y de los ingresos y el aumento de la pobreza. De esta forma, se entiende que la degradación de los ecosistemas, por lo general, daña a las poblaciones rurales de manera directa y sus impactos más directos y graves recaen en los pobres. Cabe aclarar que, de acuerdo con la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM, 2005), los cambios que experimentan los ecosistemas no sólo afectan a los seres humanos, sino también a innumerables especies de seres vivos.

Orozco (2008) señala que los problemas ambientales más comunes en las cuencas son la mala calidad y la poca cantidad de agua, esto debido a cuestiones como el manejo y gestión poco eficiente de los recursos hídricos, la falta de ordenamiento del territorio, la erosión de suelos, la reducción de cobertura vegetal, poca protección a las fuentes de agua, deforestación, quemas agrícolas,

contaminación y la ocurrencia de eventos que pueden causar desastres como derrumbes o inundaciones.

A continuación, se enlista una serie de efectos antropogénicos que provocan perturbaciones en los ecosistemas naturales. Esto se presenta de acuerdo a los recursos naturales que juegan un papel esencial en el ciclo hidrológico, agua y suelo. También se presentan las principales consecuencias de la degradación ambiental: los impactos en la salud y la vulnerabilidad humana a los desastres naturales, factores que son centrales para la presente investigación.

4.2.1 Agua

Los recursos hídricos han sido intensamente afectados, en cuanto a su cantidad y calidad debido a su manejo inadecuado. Existen muchas formas mediante las cuales el hombre influye, por ejemplo, la manipulación directa de los canales, la modificación de las características del agua, la urbanización y la contaminación.

Si se perturba el proceso de traspaso de sedimentos

en los ríos, por ejemplo, mediante la construcción de una represa, los elementos exportados durante las crecidas ya no se reemplazan. Ordanza (1999) señala que, además de reducir el caudal natural del río y la velocidad del agua, las represas también constituyen obstáculos a la emigración de los peces. Otro efecto de las presas, tiene que ver con la variación de la temperatura de las aguas, debido a que es acumulada durante el invierno, y cuando se decide descargar el agua a una temperatura más baja que la del ambiente, el río sufre un choque térmico que puede ser perjudicial para la vida acuática muy sensible a este tipo de cambios. Del mismo modo Marsily (2003), señala que las represas requieren espacio, modifican marcadamente el régimen hidráulico de los ríos y el funcionamiento normal de los ecosistemas río abajo, causan considerables pérdidas de agua por evaporación en su superficie, alteran la transmisión y desarrollo de organismos, provocan la salinidad del suelo e inundaciones.

También la acuicultura, que consiste en el criadero de especies acuáticas para su consumo, requiere de un desvío del cauce natural y posterior descarga que puede

contener elementos tóxicos para las especies nativas.

La calidad del agua se ve afectada por diversos factores, entre los que destaca la actividad industrial y los residuos domésticos, que son vertidos a las corrientes superficiales. Los desechos industriales contienen elementos tóxicos como metales pesados, venenos orgánicos, detergentes, hidrocarburos, solventes, bifenilos-policlorados, dioxinas, hidrocarburos-aromáticos policíclicos, fenoles, etcétera. Su efecto puede ser local e intenso, provocando la mortalidad de la fauna o, por el contrario, más disperso, donde la fauna es contaminada tóxicamente y sobrevive con animales que presentan numerosas anomalías fisionómicas y genéticas. La contaminación térmica proviene del calor del agua de refrigeración de determinados procesos industriales, que pueden elevar su temperatura (Marsily, 2003).

Otro factor que altera la calidad del agua es la fertilización de los suelos, ya que exige importantes aportaciones de nitratos, fosfatos y potasio. Los nitratos, muy solubles, son arrastrados por las aguas y la sobrecarga

de los últimos conlleva a la eutrofización de los ríos (Marsily, 2003). Aunado a lo anterior, la agricultura intensiva también provoca que el suelo pierda características de retención hídrica, porque el agua de las lluvias arrastra los sedimentos hasta alcanzar las corrientes superficiales, lo que provoca aumento del contenido de sólidos en los cuerpos de agua.

Por otra parte, el uso de pesticidas plantea numerosos problemas, ya que si llueve un poco después de su aplicación, una parte importante del producto aplicado va a dar a las aguas de escurrimiento. Ciertos productos son volátiles y se encuentran en la atmósfera y después son llevados por la lluvia. Cabe señalar que la toxicidad de estas sustancias es un problema, Llorente (2003) señala que se trata de una contaminación muy difusa, que infiltra sustancias contaminantes a lo largo y ancho de miles de hectáreas.

El desempeño de la actividad pecuaria también destaca entre los efectos negativos para el agua, ya que según De la Osa (2003), el pastoreo extensivo provoca erosión en el suelo, lo que genera el arrastre de sedimentos

hasta las corrientes superficiales. El depósito de los residuos de los animales en el suelo provoca que haya una mayor concentración de nitratos y fosfatos, que pueden ser arrastrados hasta los ríos.

En lo que se refiere a las actividades domésticas, existen varios tipos de incidencias que afectan negativamente al recurso hídrico, por ejemplo, si el aceite de cocina llega a los ríos o a los mantos freáticos, aumenta la carga orgánica contaminante; incluso puede formar una fina en la superficie que dificulta la oxigenación y conlleva a que la vida acuática se degrade (De la Osa, 2003). También la descarga de agua residual contiene alto contenido de materia orgánica, fosfatos y nitratos. La contaminación biológica, en la que el agua desempeña un papel importante, es un mecanismo de transmisión de enfermedades que puede ser directo o indirecto.

4.2.2 Suelo

El suelo sufre de una degradación acelerada como consecuencia de las diversas actividades humanas. Este deterioro está relacionado con la falta de conocimiento

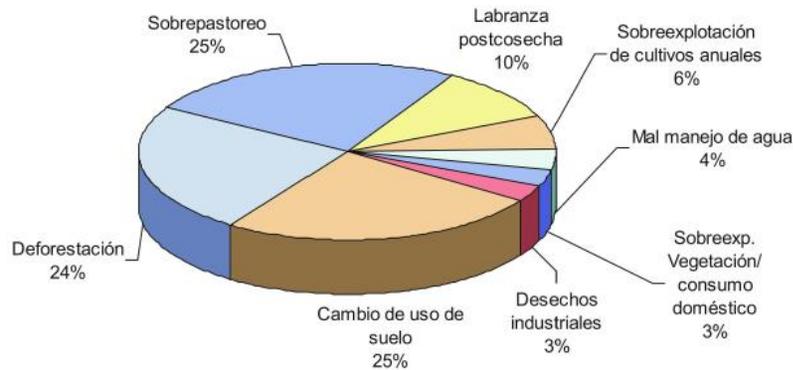
sobre el papel ambiental que juega el suelo, así como de los límites para su aprovechamiento en función de sus aptitudes y acerca de las técnicas apropiadas para que sea sustentable (GEO México, 2004).

Las prácticas poco sustentables del manejo del suelo reducen su capacidad para soportar ecosistemas naturales o modificados, para mantener o mejorar la calidad del aire y el agua, así como para preservar la biodiversidad. Las perspectivas del medio ambiente en México (GEO, 2004), señalan que dentro de los procesos humanos más importantes que provocan la pérdida de la calidad del suelo se encuentran en: el cambio de uso de suelo; la generación de residuos (industriales y de origen doméstico); la sobreexplotación de recursos hídricos y combustibles fósiles; el sobrepastoreo; la deforestación, entre otros. En la figura 4.2 se muestra la contribución de los diferentes actores que ejercen presiones sobre los suelos en el país.

Figura 4.2 Principales causas de la degradación de los suelos en México, 1999

AGUA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas en la microcuenca del río Pixquiac

Elba Lupita Alvarado Michi



Fuente: SEMARNAT (1999), en Geo-Mexico (2004)

Como se observa en la figura, la deforestación, habitualmente está asociada con el cambio de uso de suelo, así como con la ampliación de áreas de cultivo o pastoreo. Lo anterior, sin tomar en cuenta que como resultado, generalmente, el suelo se agota en dos o tres ciclos de cultivo. Los bosques, son las cubiertas de vegetación más afectadas, además de que se encuentran expuestos a la erosión hídrica.

La conversión de terrenos hacia usos agropecuarios es una de las causas más importantes de deforestación en América Latina, de acuerdo con FAO (2003) y es a su vez, una de las principales causas que provocan la degradación

de los suelos. Las tierras de temporal se hallan entre la más afectadas por la degradación, entre otras razones, por el tiempo que permanece el suelo sin vegetación en la temporada de secas. Cerca de un 40% del suelo agrícola se ha degradado en la segunda mitad del siglo pasado, producto de la erosión, salinización, la compactación, el agotamiento de los nutrientes, la contaminación y la urbanización (FAO, 2003).

Cabe señalar que la aplicación de agroquímicos en exceso provoca que el suelo se degrade biológicamente ya que implica la pérdida de materia orgánica y de los procesos que mantienen su fertilidad, por lo tanto, cambia sus características e induce a la pérdida de su rendimiento. Además las prácticas agrícolas inadecuadas provocan la pérdida de la calidad del suelo, como ocurre con la labranza después de la cosecha para aflojar la tierra, ya que el suelo queda desprovisto de la protección de la vegetación y lo hace vulnerable a la erosión.

Otra actividad que incide en la degradación de los suelos es la pecuaria, ya que cuando se sobrepasa la

capacidad de carga, es decir, que la demanda de consumo de su cubierta vegetal es mayor que su producción, se origina pérdida parcial o total de la vegetación. El sobrepastoreo es una de las principales causas de degradación del suelo, lo que da como resultado una caída rápida de la productividad. Muchos de los suelos con pastos cultivados son poco fértiles y la productividad de las pasturas disminuye con el tiempo debido al manejo inadecuado.

A nivel global, las actividades pecuarias contribuyen con un porcentaje estimado del 18% al total de emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero, según la FAO (2009). Cuando se toma en consideración la deforestación, la conversión de las tierras en pastizales, tierras destinadas a cultivos forrajeros, la degradación de los pastizales, el estiércol depositado directamente por los animales y el aplicado por medios mecánicos, las emisiones asociadas al ganado representan una cifra representativa del total de emisiones de gases de efecto invernadero.

Aunado a lo anterior, la acción de la lluvia o el viento

puede arrastrar el suelo debido a que las plantas no lo cubren por completo, llevándose los minerales y el material que necesitan las plantas para poder desarrollarse. Seeger (2003), señala que tener menos plantas en el suelo disminuye la capacidad para absorber y almacenar agua, y por lo tanto el escurrimiento superficial será capaz de arrastrar las partículas que conforman el suelo.

La disposición de los residuos urbanos o industriales directamente en el suelo tiene consecuencias devastadoras, ya que al descomponerse, los desechos generan lixiviados que son filtrados en los estratos del suelo, lo que altera su composición química, vegetal y animal. En poblaciones rurales donde el servicio de recolección de residuos no es posible, se acude a la incineración, que además de afectar la cobertura vegetal, emite gases de efecto invernadero a la atmósfera, lo que desencadena una serie de efectos de alcance masivo, contaminando tierra, agua y aire.

Otros impactos inducidos por los seres humanos en los ecosistemas incluyen la alteración de los ciclos del nitrógeno, fósforo, azufre y el carbono, lo que ha provocado

la lluvia ácida, la proliferación de algas, la mortandad de peces, en ríos y aguas del litoral, además de su aporte al cambio climático. La Evaluación de Ecosistemas del Milenio (2005), señala que en muchas partes del mundo, la degradación de los ecosistemas se ve exacerbada por la pérdida de valores respecto a la naturaleza.

4.2.3 Impactos en la salud humana

La relación entre salud humana y ambiente es compleja, cada uno de los riesgos en la salud son derivados de la deficiencia en el acceso a servicios de saneamiento básicos, entre otros, está asociado con una variedad de aspectos del desarrollo económico social.

Por ejemplo, las enfermedades transmisibles por contaminación microbiológica del agua son a menudo de gravedad moderada (infecciones ópticas o gastrointestinales) pero también pueden llegar a ser letales (cólera, tifoidea, etc.). La contaminación química del agua por arsénico, flúor, plomo, algunos plaguicidas, entre otros agentes, son asociados con efectos a largo plazo como cáncer, efectos endócrinos, inmunológicos o neurológicos.

Otros contaminantes químicos que afectan la salud humana son los compuestos inorgánicos de mercurio, plaguicidas, hidrocarburos aromáticos policíclicos y residuos de productos farmacéuticos, aunque aún no son suficientes las evidencias sobre sus efectos en la salud. Las enfermedades infecciosas relacionadas con el agua son las responsables de aproximadamente el 6% de todas las muertes en el mundo (EM, 2005).

Por otra parte, el suelo es una ruta de exposición para una serie de contaminantes ambientales como son los metales pesados, compuestos químicos, compuestos orgánicos persistentes y plaguicidas. A partir del depósito de un contaminante en el suelo se puede desencadenar una serie de procesos de movilización que depende de las características fisicoquímicas del contaminante, como de las características geoquímicas del suelo. El aire y el agua a menudo son los agentes de dispersión de la contaminación y pueden construir las rutas de exposición para la población; otra vía de exposición es a través de la vegetación, ya que absorbe y acumula los contaminantes, para después ser consumida por la fauna. Por último, el suelo puede constituir

un sitio para el desarrollo de agentes biológicos infecciosos si se utiliza como depósito de residuos.

En lo que respecta al aire, los contaminantes tienen distinto potencial para producir efectos sobre la salud humana, lo cual depende de la dosis que se inhala, del tiempo y la frecuencia de exposición. La exposición a la contaminación del aire provoca enfermedades respiratorias crónicas y agudas, disminución de la capacidad respiratoria, cáncer pulmonar, ataques de asma, enfermedades cardíacas, entre otras.

Los contaminantes atmosféricos en zonas urbano-industriales incluyen a los compuestos orgánicos volátiles, metales y otras sustancias que pueden tener efectos sistémicos e incrementar el riesgo de cáncer. Por lo general estos compuestos se emiten durante procesos incompletos de combustión, por vehículos así como por procesos industriales y mecánicos.

En el ámbito rural, las fuentes más importantes de contaminación consisten en la quema de campos de cultivo, la quema de biomasa para cocinar y calentar el hogar, y la

incineración de residuos sólidos domésticos. De acuerdo con GEO México (2004), la población que utiliza leña al interior de la vivienda está expuesta a sustancias tóxicas, incluidos compuestos cancerígenos, nocivos para las mucosas y precursoras de cáncer. Se ha documentado un incremento en la incidencia de infecciones en las vías respiratorias, otitis media, asma, cáncer de tracto nasofaríngeo y de laringe, tuberculosis pulmonar, insuficiencia ponderal de recién nacido y mortalidad de lactantes. Las personas que utilizan leña como fuente de energía para cocinar se exponen cerca de siete horas diarias, mientras los que la utilizan para calentar sus hogares pueden llegar a exponerse las 24 horas del día.

La explotación maderera ha contribuido a la pérdida de especies y a la degradación de los ecosistemas en muchas regiones del mundo, lo que afecta medios de subsistencia tradicionales y la biodiversidad, y otros riesgos relacionados con la salud. En particular, la destrucción y fragmento de hábitats, acompañadas por los nuevos patrones de contacto entre el ser humano y microorganismos, ha introducido nuevas enfermedades

infecciosas en poblaciones humanas.

4.2.4 Vulnerabilidad humana a los desastres naturales

Se entiende como vulnerabilidad humana a la mayor sensibilidad del hombre a los factores adversos para su salud, seguridad y bienestar, esta vulnerabilidad está determinada por condiciones de edad, género, estrato socioeconómico y ocupación. También es importante resaltar a las poblaciones vulnerables que están asentadas en lugares de alto riesgo ambiental, tales como zonas volcánicas, laderas, particularmente zonas que han sufrido deforestación o áreas que están contaminadas por fuentes naturales como arsénico o flúor.

En tanto, los desastres naturales están influenciados directa e indirectamente por la actividad humana en sus distintas etapas de desarrollo, desde la ocurrencia del desastre hasta la intensidad del mismo o el alcance de su impacto en los ecosistemas, la salud humana e infraestructura

La falta de regulación de los asentamientos humanos

y la degradación ambiental incrementa el riesgo para la población, entre los fenómenos meteorológicos destacan los huracanes, ciclones y tormentas tropicales, así como las sequías y los desbordamientos de cuerpos de agua. Las fuertes precipitaciones pluviales pueden generar intensas corrientes de agua en ríos y flujos con sedimentos en las laderas montañosas, que pueden destruir la infraestructura económica y social, viviendas, hospitales, escuelas y vías de comunicación. Las granizadas producen afectaciones en zonas de cultivo, obstrucciones del drenaje y daño a estructuras en zonas urbanas; las sequías provocan fuertes pérdidas a la ganadería y la agricultura por periodos de meses o años (EM, 2005).

La inestabilidad de las laderas naturales y la presencia de flujos de lodo y escombros, hundimiento regional y local, pueden afectar grandes extensiones del territorio. Las condiciones de las laderas se agravan por la deforestación, el intemperismo, la erosión y se alteran las condiciones de drenaje y equilibrio originales; la deforestación también provoca la intensificación de los efectos de desastres naturales tales como inundaciones y

deslizamientos de tierra. El riesgo y las consecuencias aumentan por la presencia de asentamientos humanos irregulares.

4.3 Actividades socioeconómicas desarrolladas en la microcuenca del río Pixquiac

La microcuenca del río Pixquiac abarca 69 localidades de cinco municipios: Perote, Las Vigas de Ramírez, Coatepec, Tlalnelhuayocan y Xico. Principalmente desarrolla actividades agropecuarias, que consisten en la siembra de cultivos para autoconsumo o comercialización, así como el desarrollo de especies ganaderas.

Por otra parte, en la zona alta y media de la microcuenca, cierto número de habitantes están dedicados al manejo forestal. En la región también se desempeña la actividad de acuicultura, en la cual se desarrolla la crianza de especies acuíferas que no necesariamente son nativas.

Además, desarrollo industrial es incipiente en la región, que principalmente se ubica en la zona baja de la microcuenca, a pesar de esto también es tomada en cuenta

por los efectos que provoca sobre el ambiente.

A continuación, se describen las principales características productivas de cada municipio en la microcuenca, de acuerdo con los datos obtenidos del XII Censo General de Población y Vivienda, 2000.

En el municipio de Perote, los principales sectores de producción son la agricultura y la ganadería, entre sus productos de mayor auge se encuentra el maíz, frijol, papa, haba seca y desarrollo de actividad forestal, cubriendo el 84.6% de su superficie total. En lo que respecta a la ganadería, tiene una superficie dedicada a esta actividad de 20,843 hectáreas, cuenta con cría de ganado porcino, ovino, equino y caprino. El desempeño de la industria es escaso, a pesar de esto destaca la industria de maquila de ropa y de cal hidratada. Su comercio cuenta con 867 establecimientos.

En el municipio de Las Vigas de Ramírez, se siembra aproximadamente el 54.5% de su superficie total, primordialmente se cosecha maíz, frijol, papa, haba seca y chile, además de que también se desarrolla la actividad forestal. En la ganadería se ocupan 11,472 hectáreas,

actividad de cría y explotación de animales porcino, ovino, caprino, ganado bovino de doble propósito, las granjas avícolas tienen cierta importancia. La industria no tiene mucho realce, pero cuenta con una planta productora de champiñón, fábrica de sidras y embutidos y un aserradero. En cuanto a su comercio, el municipio cuenta con tiendas de abarrotes, misceláneas, lecherías, carnicerías y un tianguis.

Los principales productos agrícolas en el municipio de Tlalnelhuayocan son el maíz, el frijol y el aguacate, así como producción rural con actividad forestal, los cuales en conjunto ocupan el 37.9% del total de la superficie. Tiene 515 hectáreas dedicadas a la ganadería con actividad de cría y actividad de animales porcino, ovino, equino y ganado bovino de doble propósito. También llevan a cabo la pesca de camarón, lisa, el juil y cola de gallo, además de criar especies no nativas en estanques, como la trucha arcoiris, para su comercialización. En la cabecera municipal cuenta con establecimientos como carnicerías, tortillerías, ferreterías, tiendas de abarrotes, restaurantes.

En el municipio de Acajete, se tiene sembrado el

24.8% del total de su superficie, se cosecha maíz, papa, ciruela, manzana, pera, perón y algunas verduras y leguminosas también tienen producción rural con actividad forestal. Dedicó 3,300 hectáreas de su territorio a la ganadería con actividad de cría y explotación de animales como ganado porcino, ovino, equino y ganado bovino de doble propósito, además, las granjas apícolas y avícolas tienen cierta importancia. En cuanto a la industria, cuenta con pequeñas industrias como las queserías, su comercio es de corto alcance.

El municipio de Coatepec cuenta con una superficie sembrada de 61.8% del total de su territorio, los principales productos agrícolas son el café, maíz, frijol y papa, así como producción forestal. Tiene una superficie de 3,360 hectáreas dedicadas a la ganadería con actividad de cría y explotación de animales de ganado como porcino, ovino, caprino, y bovino de doble propósito. Las industrias más importantes en el municipio son los beneficios de café, embotelladora de Coca Cola, empacadoras de carnes frías, elaboración de productos lácteos de la empresa Nestlé y varios de la Industria Metal Mecánica. El comercio minorista es

extendido ya que cuenta con gran número de tiendas de abarrotes, carnicerías, tiendas de ropa, etc.

Se puede determinar que en la mayoría de los municipios la población se dedica principalmente a desarrollar actividades en el sector primario, es decir, la agricultura y ganadería. A pesar de esto, dos de los municipios de la microcuenca (Coatepec y Perote) tienen mayor auge en las actividades del sector terciario dedicadas al comercio, transporte, comunicaciones, etc. La superficie que siembra cada municipio es de una superficie considerable, algunos incluso cubren más de la mitad de su territorio.

En la tabla 4.1 se muestran los cinco municipios de la microcuenca del río Pixquiac de acuerdo al tipo de ocupación en los distintos sectores.

Tabla 4.1 Actividad económica por municipio y sector de ocupación

Sector de ocupación	Porcentaje de población ocupada según sector en los municipios de la microcuenca del río Pixquiac [%].				
	Perote	Las Vigas	Tlalnelhuayocan	Acajete	Coatepec
Primario	21	43	24	51	28
Secundario	35	23	28	17	23
Terciario	43	32	46	31	48
No especificado	1	2	2	1	2

Fuente: Sistema de Información del Observatorio del Agua para el estado de Veracruz, ABCC (SIOABCC), con datos del XII Censo General de Población y Vivienda. INEGI (2000)

Es importante tener en cuenta que cada una de las actividades que se desarrollan en los municipios está relacionada directa o indirectamente con los efectos provocados por las actividades antropogénicas de los usuarios del agua y se evalúe tanto la intensidad, su alcance espacial, temporalidad y reversibilidad.

CAPÍTULO V METODOLOGÍA

En los capítulos anteriores, se han establecido las bases teóricas referentes a los servicios ambientales que prestan los ecosistemas, la situación de los recursos hídricos y la relación de éstos con el actual modelo de desarrollo respecto a los efectos antropogénicos provocados por las actividades humanas. Lo anterior, tiene como finalidad el concentrar información útil para desarrollar un procedimiento, en el que se identifiquen cuáles son las afectaciones de dichas actividades en el ambiente.

5.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para llevar a cabo la evaluación de los efectos antropogénicos, se eligió como área de estudio la microcuenca del río Pixquiac, ya que es una importante fuente de agua dulce superficial que presta sus servicios ambientales. Sin embargo, a pesar de que se observa que el agua es “suficiente” en esta microcuenca, el ser humano ejerce una influencia importante en su ciclo natural y antropogénico, ya que sus actividades diarias requieren cantidades significativas de este recurso.

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

son capaces de soportar durante cierto periodo de tiempo. Marsily (2003) señala que cuando el hombre descarga grandes cantidades de dichas sustancias en un periodo de tiempo relativamente corto, el sistema pierde su capacidad de recuperación, la biodiversidad se pierde, los medios de subsistencia disminuyen, las fuentes naturales de alimentos se deterioran y se originan costos de limpieza extremadamente elevados.

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

Bajo esta problemática se planteó la pregunta de investigación:

¿Cómo afectan las actividades antropogénicas a los servicios ambientales que proporcionan los bosques y las cuencas hidrológicas, y a la sociedad en la microcuenca del río Pixquiac?

Así mismo, se desprende la hipótesis de acuerdo con el objeto de estudio señalado en las generalidades. En la

hipótesis se destaca principalmente el impacto que tienen las actividades antropogénicas, ésta se señala a continuación:

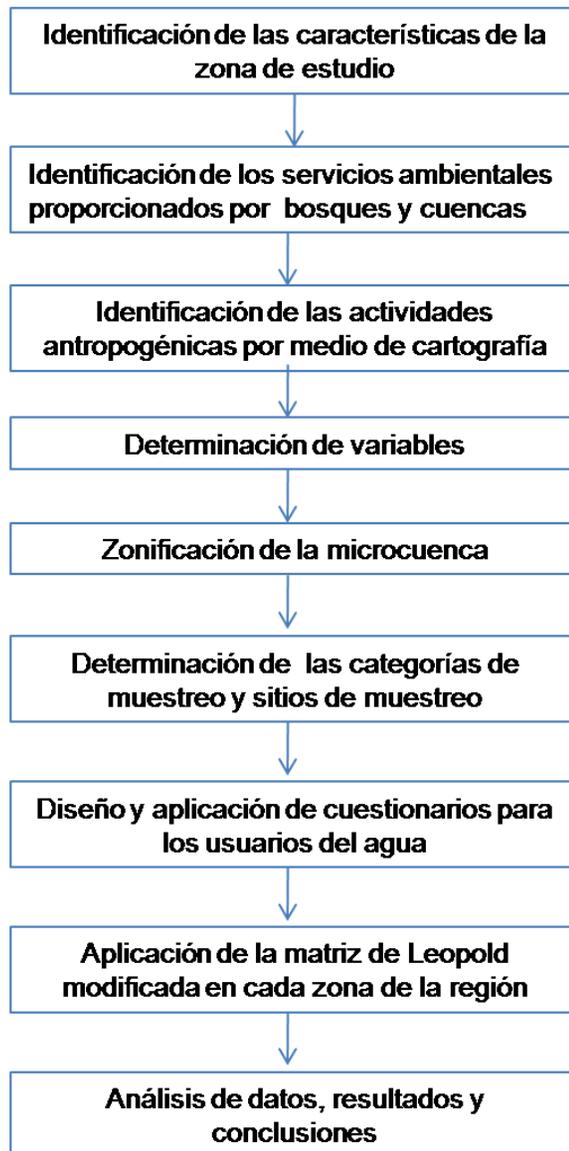
Hipótesis: Las actividades antropogénicas afectan a los servicios ambientales que proporcionan los bosques y las cuencas hidrológicas de la microcuenca del río Pixquiac y repercuten en el ecosistema y en la sociedad, provocando una reducción de la disponibilidad de los servicios ambientales.

5.2 METODOLOGÍA

En este apartado se concentra lo referente a los procedimientos que se llevaron a cabo para evaluar los efectos antropogénicos; se identificaron los impactos de los usuarios del agua que inciden sobre los servicios ambientales proporcionados por los bosques y las cuencas, así como las afectaciones de ciertos aspectos de la sociedad.

En la figura 5.1 se muestra la secuencia de trabajo, desarrollada para evaluar los efectos antropogénicos en la microcuenca del Río Pixquiac.

Figura 5.1 Esquema metodológico



Como se puede observar en la figura, el proceso metodológico consta de varias etapas, que implican la ejecución de cierto número de acciones, en los siguientes apartados se describe cada una de éstas.

5.2.1 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 Región Hidrológica 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 se escurren 213 ríos (25 perennes y 188 intermitentes) a través del territorio

en los municipios Perote, Las Vigas de Ramírez, Coatepec, Acajete y Tlalnelhuayocan.

5.2.2 Identificación de los servicios ambientales que proporcionan los bosques y las cuencas hidrológicas

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.

Para esta evaluación, se tomaron en cuenta los siguientes servicios ambientales:

Servicios ambientales proporcionados por las cuencas hidrológicas:

- Calidad de agua superficial
- Calidad de agua subterránea
- Regulación de caudales
- Productividad acuática animal y vegetal
- Belleza escénica

Servicios ambientales proporcionados por los bosques:

- Conservación de la biodiversidad
- Captura de Carbono
- Microclima
- Retención hídrica
- Calidad del suelo
- Estabilidad del suelo

En el Capítulo II se explica a detalle cuáles son dichos servicios ambientales, así como la interacción que existe entre el bosque y las cuencas hidrológicas.

5.2.3 Identificación de las actividades antropogénicas por medio de cartografía

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. Se utilizó el software Arc View 3.2 y la extensión Arc Hydro versión 1, con un dato de entrada cada 30 metros del modelo de elevación digital. El proceso consiste básicamente la normalización de los valores de altitud del modelo de elevación digital para obtener una red de drenaje más adecuada; determinar la dirección de flujo de la corriente; determinar la acumulación de la dirección del flujo; definición

de la red de arroyos o rutas de drenaje; segmentación de los arroyos o de rutas de drenaje con el objetivo de identificar las desembocaduras de todos los arroyos al ser segmentados; determinación de puntos de desembocaduras de arroyos o de rutas de drenaje; finalmente, la delimitación de la microcuenca de acuerdo al tipo de uso de suelo. Las actividades antropogénicas identificadas se enlistan a continuación:

- Actividad agrícola
- Actividad Pecuaria
- Actividad forestal
- Actividad de acuacultura
- Actividad doméstica

Cabe aclarar que en campo se dio cuenta del desarrollo de la actividad industrial a pequeña escala, sin embargo tiene una incidencia importante en el ecosistema acuático, principalmente.

5.2.4 Determinación de variables

A continuación se definen, tanto conceptual como operacionalmente, las variables que se utilizaron en este estudio, ya que a partir de éstas y de sus indicadores, se evaluaron los impactos ocasionados en la microcuenca del río Pixquiac. En la tabla 5.1 se definen las variables independientes, en este caso las actividades antropogénicas que se llevan a cabo en la microcuenca del río Pixquiac.

Por otra parte, en la tabla 5.2 se señalan las variables dependientes, es decir, respecto a los servicios ambientales que prestan tanto las cuencas hidrológicas como los bosques; del mismo modo se definen las variables de la sociedad, que han sido tomadas en cuenta para analizar como las actividades humanas inciden en estos elementos.

Tabla 5.1 Definición de variables independientes.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional (Indicadores)
<i>Actividad agrícola</i>	Conjunto de técnicas de cultivo con la finalidad de producir alimentos.	<ul style="list-style-type: none"> • Siembra de cultivos: Tipo de cultivo en la región, ya sea extensivo o monocultivo. • Control de insectos: Uso de sustancias químicas (pesticidas) o instalación de trampas para minimizar la presencia de insectos, cantidad y periodicidad de aplicación. • Control de “malas hierbas”: Uso de sustancias químicas (herbicidas) para evitar el crecimiento de especies vegetales, cantidad y periodicidad de aplicación. • Aplicación de agroquímicos: Uso de sustancias químicas (fertilizantes) para maximizar el rendimiento de los cultivos, cantidad y periodicidad de aplicación. • Método de laboreo: Movimientos de la tierra con fines agrícolas que afectan las características naturales del suelo.
<i>Actividad pecuaria:</i>	Cría y engorda de ganado, aves de corral y otros animales para su aprovechamiento.	<ul style="list-style-type: none"> • Crianza de ganado, aves o porcinos: Tipo de crianza de los animales que tienen los productores de este sector. • Alimentación de animales: Tipo de sustento nutritivo que es proporcionado a los animales, ya sea con follaje natural o con alimentos procesados. • Limpieza del área donde habitan: Disposición final de residuos de los animales, así como higienización del área donde habitan. • Pastoreo: Alimentación de especies ganaderas de tipo extensivo, combinado con cobertura vegetal, o sustitución de la cobertura vegetal por siembra de alimentos para el ganado. • Sacrificio de animales: Acción de sacrificar a los animales con fines de producción de alimentos, si se lleva a cabo en el sitio de crianza y la disposición final de los residuos generados.
<i>Actividad de acuicultura:</i>	Cultivo, reproducción y desarrollo de cualquier especie de la fauna acuática con fines comerciales.	<ul style="list-style-type: none"> • Método de crianza: Proceso que se utiliza para alimentación y reproducción de especies animales acuáticas con fines comerciales. • Introducción de especies no nativas: Importación de especies que no se reproducen de forma natural en un ecosistema determinado. • Sustancias químicas para la alimentación o control de enfermedades: Suministro de sustancias químicas en los estanques de producción, ya sea para la alimentación o dosificación de fármacos para el control de enfermedades de las especies acuáticas cultivadas. • Modificación del patrón de corriente: Intervención en el flujo natural de la corriente superficial, con la finalidad de extraer cierta cantidad de agua para la producción acuícola; tipo de infraestructura utilizada para extraer el agua y condiciones en las que se descarga al final del proceso.

Fuente: Menchaca y Alvarado. Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, ABCC; 2010

Tabla 5.1 Definición de variables de usuarios del agua.
(Continuación)

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional (Indicadores)
<i>Actividad forestal:</i>	Conjunto de acciones tendientes al aprovechamiento de los bosques, que implica tanto su cuidado como el uso no racional de los recursos maderables.	<ul style="list-style-type: none"> • Explotación de bosques: Cantidad de árboles o madera que se comercializa al año. • Tala inmoderada: Extracción en exceso de árboles, que rebasan la capacidad de auto recuperación de los ecosistemas explotados. • Reforestación: Operación destinada a la siembra de árboles en zonas que anteriormente estaban cubiertas de bosque y fueron devastadas por diversos motivos, y desarrollo de los patrones de crecimiento originales de los árboles. • Monocultivo: Plantaciones en donde se produce una sola especie de árboles en un área determinada.
<i>Actividad industrial:</i>	Conjunto de procesos y actividades que tienen como finalidad transformar las materias primas en productos elaborados en forma masiva.	<ul style="list-style-type: none"> • Explotación de acuíferos: Extracción de agua subterránea para procesos industriales. • Descargas de aguas con residuos tóxicos: Disposición de aguas residuales que contienen metales pesados, hidrocarburos, solventes, etcétera. • Derrames y escapes: Fugas de material utilizado en la actividad industrial, que se presentan de forma accidental.
<i>Actividades domésticas</i>	Actividades de la vida cotidiana que se llevan a cabo en el interior de los hogares para la higiene, alimentación, y/o usos y costumbres.	<ul style="list-style-type: none"> • Descarga de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica: Disposición final de aguas servidas en cuerpos superficiales de agua o en el suelo. • Descarga de grasas y aceites: Disposición final de residuos originados en la elaboración de alimentos, etc. • Descarga de detergentes y jabones: Disposición final de residuos de jabón y detergente. • Redes de distribución: Condiciones físicas del sistema de tuberías o mangueras para que el agua llegue hasta las viviendas o lugares donde se requiera. • Drenaje: Infraestructura para coleccionar las aguas servidas hacia cuerpos de agua superficiales o plantas de tratamiento. • Concesiones de agua para otra localidad: Cantidad de presas y volumen de extracción de agua en la microcuenca del río Pixquiác, con permiso de CONAGUA para abastecer a la ciudad de Xalapa. • Incineración de residuos: Proceso de eliminación de residuos sólidos por combustión.

Fuente: Menchaca y Alvarado. Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, ABCC; 2010

Tabla 5.2 Definición de variables dependientes

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional (Indicadores)
<i>Servicios Ambientales proporcionados por las Cuencas Hidrológicas</i>	Actividades que afectan a los beneficios ambientales proporcionados por las cuencas hidrológicas, de los cuales, el humano aprovecha para desempeñar sus actividades sociales y económico-productivas.	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad de agua superficial: Cambio en la composición del agua superficial en términos físicos, químicos y biológicos. • Calidad de agua subterránea: Cambio en la composición del agua subterránea en términos físicos, químicos y biológicos. • Regulación de caudales: Disminución de la cantidad de agua debido a la alteración del conjunto de procesos para conservar el flujo de los cuerpos de agua superficial. • Productividad acuática vegetal y animal: Afectación a las especies vegetales y animales acuáticas de los ecosistemas. • Belleza escénica: Modificación de los paisajes, constituidos por una amplia gama de recursos naturales como ríos, montañas, lagos y la biodiversidad de la microcuenca.
<i>Servicios Ambientales proporcionados por los Bosques</i>	Actividades que afectan a los beneficios ambientales proporcionados por los bosques, de los cuales, el humano aprovecha para desempeñar sus actividades sociales y económico-productivas.	<ul style="list-style-type: none"> • Conservación de la biodiversidad: Afectaciones a la diversidad biológica que los bosques albergan. • Captura de carbono: Alteración en las especies vegetales terrestres capaces de almacenar una cantidad importante de carbono, debido a la modificación de usos de suelo, tala inmoderada o reforestación. • Calidad del aire: Alteración de la composición natural del aire debido a emisiones de gases de efecto invernadero o a la disminución de cobertura vegetal. • Microclima: Alteración de las condiciones atmosféricas en un ámbito local. • Retención hídrica: Disminución de la capacidad del suelo para almacenar agua. • Calidad del suelo: Modificación de la composición del suelo, provocada por las actividades antropogénicas. • Estabilidad del suelo: Alteración de la resistencia que tiene el suelo ante un cambio determinado por fuerzas externas.
<i>Sociedad</i>	Conjunto de individuos que comparten una cultura, que interactúan entre sí y que forman un grupo o una comunidad, los cuales hacen cadenas de conocimientos entre varios ámbitos, económico, social, político, cultural, deportivo y de entretenimiento.	<ul style="list-style-type: none"> • Moldes culturales (estilo de vida): Sustitución de la manera en como un grupo de individuos lleva a cabo sus actividades cotidianas bajo los usos y costumbres que han sido establecidas desde sus antepasados. • Salud de la población: Afectaciones al bienestar físico de los habitantes de la población. • Seguridad de la población: Afectaciones a la integridad física de los habitantes de la población. • Migración: Desplazamiento de los habitantes de una población hacia otras localidades. • Economía local: Beneficio o disminución del ingreso <i>per cápita</i> de la población.

Fuente: Menchaca y Alvarado. Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, ABCC;

5.2.5 Zonificación de la microcuenca

La superficie de la microcuenca se dividió en estratos, de acuerdo a la altitud en las categorías alta, media y baja, así como de acuerdo a los tipos de uso de suelo, esto con el objetivo de analizar diferencias entre los distintos niveles para poder puntualizar algún impacto. En la tabla 5.3 se tiene la zonificación de la microcuenca.

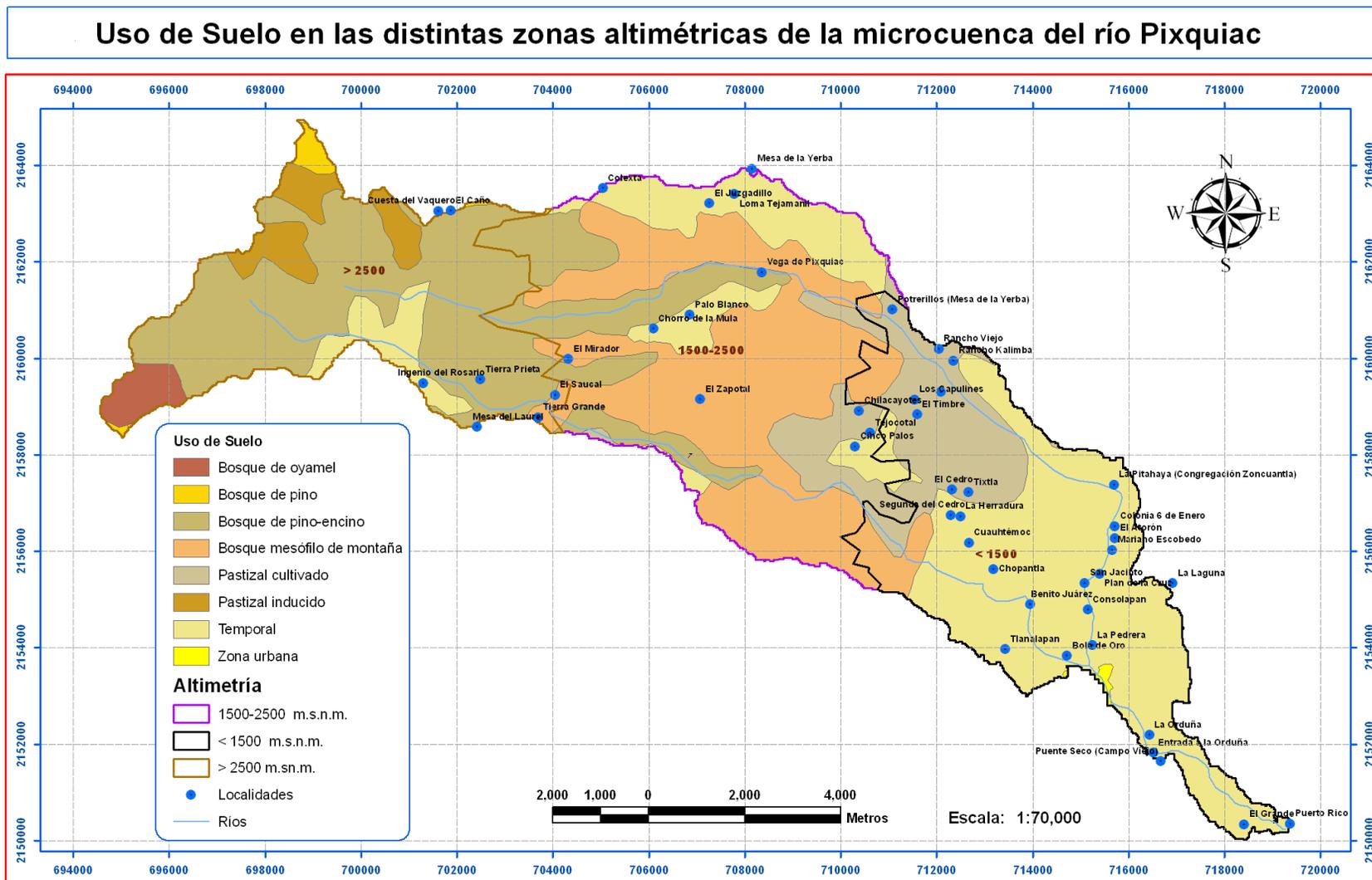
Asimismo, en la figura 5.2 se tiene el mapa que representa la zonificación de acuerdo a la altura y los distintos usos de suelo.

Tabla 5.3 Zonificación de la microcuenca del río Pixquiac de acuerdo con la altitud y tipos de uso de suelo.

Zona	Uso de suelo	Municipio	Localidades
Alta (Más de 2500 msnm)	Bosque de pino, Agricultura de temporal, Bosque de pino-encino, Pastizal inducido, Bosque mesófilo de montaña y Bosque de oyamel.	Acajete	El Mirador, El Caño, Tierra Prieta y Cuesta del Vaquero
		Coatepec	Ingenio del Rosario, Tierra Grande y Mesa de Laurel.
		Tlalnahuayocan	Tecojotal
Media (Entre 1500 y 2500 msnm)	Agricultura de temporal, Bosque de pino-encino, Bosque mesófilo de montaña y Pastizal cultivado	Acajete	Colexta, Mesa de la Yerba, Vega de Pixquiac, El Zapotal, Palo Blanco, Loma Tejamanil, El Saucal, Chorro de la Mula y El Juzgadillo
		Coatepec	Cinco Palos
		Tlalnahuayocan	Rancho Viejo, Los Capulines, El Timbre, Chilacayotes, Plan de Mesa Chica (Mesa Chica), Potrerillos (Mesa de la Yerba) y Rancho Kalimba.
Baja (Menos de 1500 msnm)	Agricultura de temporal, Bosque mesófilo de montaña, Pastizal cultivado y Zona Urbana.	Coatepec	Consolapan, Cuauhtémoc, El Grande, La Laguna, La Orduña, Puente Seco (Campo Viejo), La Pitahaya, El Atorón, Bola de Oro, La Herradura, El Cedro, Puerto Rico, Chopantla, Mariano Escobedo, Colonia 6 de Enero, Benito Juárez, Tixtla, Tlanalapan, Plan de la Cruz, San Jacinto, La Segunda del Cedro, Entrada a la Orduña y La Pedrera

Fuente: Menchaca y Alvarado. Observatorio del Agua para el estado de Veracruz, ABCC; 2010

Figura 5.2 Mapa de la microcuenca del río Pixquiác de acuerdo a la altitud y tipos de uso de suelo



Fuente: Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, ABCC
 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias;
 2010

AGUA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas
 en la microcuenca del río Pixquiác

Elba Lupita Alvarado Michi

5.2.6 Determinación de las categorías de muestreo y sitios de muestreo

Se muestrean dos localidades por cada estrato, las que se eligieron de forma no aleatoria-propositiva y se tomó como criterio de elección dos aspectos: la facilidad de acceso a la localidad y la accesibilidad de las personas para proporcionar información.

Para la zona alta se seleccionaron las localidades de Ingenio del Rosario, en la que predomina el uso de suelo para la agricultura de temporal; y Mesa de Laurel, en la que predomina el uso de suelo de bosque mesófilo de montaña. Ambas comunidades se localizan en el municipio de Coatepec.

Para la zona media se propuso muestrear en las localidades de El Zapotal y Vega de Pixquiac, con el objetivo de analizar las circunstancias de esta área en los tipos de uso de suelo de agricultura de temporal y bosque de pino encino, respectivamente. Ambas localizadas en el municipio de Acajete.

Para la zona baja se eligieron las localidades de Los Capulines, municipio de San Andrés Tlalnelhuayocan, en la

que predomina el tipo de uso de suelo de Pastizal Cultivado; y La Orduña, del municipio de Coatepec, con uso de suelo en agricultura de temporal.

Una vez definido el universo respecto a las localidades, se determinó la muestra mediante un proceso aleatorio estratificado, tomando como base el tipo de ingreso y la población ocupada en el sector primario, ya que los usuarios del agua que se entrevistaron tienen las características de estar ocupados en este sector.

El criterio de muestreo utilizado se calculó con distintos valores de error de estimación con un nivel de confianza del 95%, cabe aclarar que el error de estimación no es un valor complementario del porcentaje de nivel de confianza, es decir que la suma de estos valores no es el cien por ciento, ya que cada valor se calcula independientemente. En la tabla 5.4 se tiene el resultado del cálculo.

Tabla 5.4 Cálculo de la muestra para aplicación de cuestionarios en la microcuenca del río Pixquiác

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

Fuente: INIFAP, 2009

5.2.7 Diseño y aplicación de los cuestionarios para los usuarios del agua

Se diseñaron cinco cuestionarios para recabar información directa de las personas, acerca de cómo utilizan el agua en determinado lugar. Cada cuestionario está dirigido a los distintos usuarios del agua, razón por la que este instrumento se aplicó específicamente a los usuarios agrícolas, pecuarios, acuacultura, forestal y doméstico.

Se tomó como base para el diseño el “Manual de Evaluación Social en micorcuenas” de la Comisión Nacional del Agua (1997), en el cual se presenta una guía para llevar a cabo un estudio de las percepciones de los usuarios del agua en una microcuenca.

Dichos cuestionarios se aplicaron en cada zona de la microcuenca, con la finalidad de analizar una o más variables que están consideradas en la matriz de Leopold Modificada que se explica a continuación, otro de los instrumentos complementarios para evaluar la microcuenca. En el Anexo III se tienen la formulación de cada uno de los cuestionarios aplicados en el trabajo de campo.

5.2.8 Aplicación de la matriz de Leopold modificada en cada zona de la región

Se utilizó como base la matriz de Leopold, que fue modificada para adaptarla conforme a los requerimientos necesarios para evaluar la situación de los servicios ambientales que proporcionan las cuencas hidrológicas, los bosques y también para analizar cómo se ve afectada la sociedad.

Se trata de una matriz de relación causa-efecto, de acuerdo con Gómez (2003), que añade en su papel la identificación de impactos y la posibilidad de mostrar la estimación de su valor. Este tipo de matriz se describe como un cuadro de doble entrada, cuya columna está encabezada por una amplia relación de factores ambientales.

Para el caso de este estudio, las casillas en las columnas están constituidas por los servicios ambientales que proporcionan la microcuenca y los bosques, las últimas casillas de columnas están ocupadas por aspectos socioeconómicos para analizar cómo son afectados los habitantes de la región.

Las filas horizontales están ocupadas por una relación de acciones que son causa del impacto, en este caso se trata de las actividades socioeconómicas que llevan a cabo los usuarios del agua en la microcuenca.

En la matriz se señalan las casillas donde se evalúan las interacciones que existen entre las actividades antropogénicas, los servicios ambientales y la sociedad.

Una vez traspuestos los servicios ambientales con las actividades humanas, se procede a identificar, interpretar y evaluar los impactos ambientales que se generan.

En la tabla 5.5 se presenta la matriz de Leopold modificada utilizada en este estudio. Se analizó cada una de las variables de las actividades antropogénicas para conocer las condiciones en las que se realizan, así como para identificar su alcance de sus impactos.

La identificación de impactos se realizó de acuerdo al análisis de la información que se recopiló durante las visitas que se efectuaron al sitio de estudio, así como las características propias que prevalecen en la microcuenca respecto a sus componentes ambientales y socioeconómicos.

Después de identificar los impactos, se procedió a evaluarlos de acuerdo a ciertos criterios. Los criterios de evaluación utilizados incluyen las siguientes categorías: Intensidad (carácter y magnitud), límites espaciales, límites temporales y reversibilidad.

Tabla 5.5 Matriz de Leopold modificada

		Servicios Ambientales																	
		Cuencas hidrológicas						Bosques					Sociedad						
		Calidad de agua superficial	Calidad de agua subterránea	Regulación de caudales	Productividad acuática vegetal	Productividad acuática animal	Belleza escénica	Conservación de biodiversidad	Captura de Carbono	Calidad del aire	Microclima	Retención hídrica	Calidad del suelo	Estabilidad del suelo	Medios culturales (estilo de vida)	Salud de la población	Seguridad de la población	Densidad de la población	Economía local
Usuarios del agua	Agrícola	Siembra de cultivos																	
		Control de insectos (Uso de pesticidas)																	
		Control de pequeños roedores (Con trampas y veneno)																	
		Control de malas hierbas (Uso de herbicidas)																	
		Aplicación de agroquímicos (fertilizantes)																	
		Método de laboreo																	
	Pecuaria	Cria de ganado, aves o porcinos																	
		Alimentación de animales																	
		Limpieza del área donde habitan																	
		Pastoreo																	
		Sacrificio de animales																	
	Acuicultura	Método de crianza																	
		Sustancias químicas utilizadas para la alimentación o control de enfermedades																	
		Introducción de especies no nativas																	
	Forestal	Modificación del patrón de corriente																	
		Explotación de bosques madereros																	
		Tala inmoderada																	
		Reforestación																	
	Doméstico	Monocultivo																	
		Descarga de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica																	
		Descarga de grasas y aceites																	
		Descarga de detergentes y jabones																	
		Redes de distribución																	
		Drenaje																	
		Consecciones de agua para otra localidad																	
	Industrial	Incineración de residuos																	
		Explotación de acuíferos																	
		Descarga de aguas residuales con residuos tóxicos																	
Derrames y escapes																			

Fuente: De elaboración propia, se tomó como base la matriz de Leopold (1971).

Intensidad

La intensidad está conformada a su vez por dos variables complementarias, se trata de evaluar tanto el carácter como la magnitud del impacto.

Carácter: Se refiere a la naturaleza de la perturbación o alteración al interior del sistema, y refleja la respuesta de los componentes ante los efectos del impacto, por lo cual, si el impacto resulta benéfico o adverso se le asignan los símbolos (+) o (-) respectivamente.

Magnitud: Este criterio de clasificación se refiere a la extensión o escala del impacto, para lo cual se asigna valores numéricos, estableciendo cuatro rangos: Muy alto (4), Alto (3), Medio (2) y Bajo (1). Para la aplicabilidad de los valores a cada uno de los impactos se consideran los siguientes niveles de magnitud:

- Impacto muy alto. Perturbación que afecta a una población entera o a ciertas especies, que causa una disminución en la abundancia, y/o cambio en la distribución de esa población o especie dependiente por varias generaciones. También se aplica cuando el impacto trae por consecuencia, un detrimento

significativo en una actividad comercial o de subsistencia.

- Impacto alto. Aquel que afecta una parte del ecosistema, puede resultar un cambio en la abundancia y/o distribución de una o más generaciones de una fracción del ecosistema, pero que no cambia la integridad de todo el ecosistema.
- Impacto medio. Aquel que afecta un grupo específico de individuos, en una población en un área localizada, pero no afecta otros niveles tróficos o la integridad de la población.
- Impacto bajo. Aquel que afecta a un grupo específico de individuos, en un área localizada, de tal forma que ejerce un efecto similar al azar y que no tiene efecto medible sobre la población en sí.

Límites espaciales

Esta categoría se refiere al área de influencia de cada impacto ambiental, para este caso se establecen tres zonas de alcance:

Alcance Mínimo (1). Es el espacio de alteración física directa, se refiere específicamente al sitio donde son desarrolladas las actividades antropogénicas.

Alcance local (2). Efecto que sólo se involucra con las áreas aledañas al origen del mismo, ya sea en zona alta, baja o intermedia.

Alcance Regional (3). Es el alcance de los efectos antropogénicos que se extienden más allá de la delimitación de las zonas establecidas., es decir, que puede alterar a toda la microcuenca.

Límites temporales:

Esta categoría se refiere a la duración en tiempo del impacto producido, dichos impactos pueden ser temporales o permanentes; los impactos temporales a su vez se clasifican en dos tipos: 1) a corto plazo y 2) a mediano plazo.

Temporal a corto plazo (1). Efectos que comprenden un periodo de duración de aproximadamente un año.

Temporal a mediano plazo (2). Aquellos efectos que comprenden un lapso de tiempo desde su generación hasta un período de cinco años.

Permanentes (3). Efectos que persisten durante un periodo de tiempo prolongado que se estima alrededor de 20 años.

Reversibilidad

Este criterio se refiere a la capacidad de los ecosistemas para recuperar sus características naturales, es decir las condiciones previas a la acción humana. No es posible aplicar este criterio en el caso de las afectaciones a la sociedad ya que su bienestar no sólo depende de las funciones del ecosistema. Tampoco es aplicable en caso de que sea un impacto benéfico, ya que es una ventaja cuando el sistema se recupera.

No aplica (1): Ya sea un impacto en la sociedad o un impacto benéfico.

Reversible (2): Posibilidad del ecosistema para recuperar sus características originales, sin la necesidad de la intervención del hombre.

Irreversible (3): Imposibilidad del ecosistema para retornar a su situación original de manera natural y sin necesidad de la intervención del hombre.

CAPÍTULO VI

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados que se obtuvieron de la evaluación de los impactos ambientales en la microcuenca del río Pixquiac. Para llevar a cabo esta evaluación se dividió la cuenca en tres zonas de acuerdo a su altitud en alta, media y baja. Se analizaron cinco rubros respecto a los usuarios del agua: agrícola, pecuario, forestal, acuacultura y doméstico, es preciso señalar que en el trabajo de campo también destacó la actividad industrial

en la zona baja.

En el presente estudio se identifican los impactos y se analizan respecto a su intensidad, temporalidad, espacialidad y reversibilidad con la Matriz de Leopold, la cual fue modificada (ver página 87). Como resultado, se tienen las matrices que dan cuenta de la interacción que existe entre las actividades antropogénicas con los servicios ambientales que proporcionan las cuencas hidrológicas y los bosques, así como los efectos provocados en la misma sociedad.

6.1 Actividad Agrícola

De acuerdo con los datos obtenidos de las encuestas aplicadas en la microcuenca, se tiene que los principales cultivos que se cosechan en las tres zonas son: papa en la zona alta; maíz en la zona media; café, caña y maíz, en la zona baja. También, se puede determinar que en la zona alta se tienen cultivos de hasta 5 hectáreas de superficie; en la zona media sólo alcanzan hasta 2 hectáreas; y en la zona baja se siembran hasta 10 hectáreas de superficie. En la Figura 6.1 se muestra el análisis de las variables señaladas.

Se tiene que en la zona baja se ha sustituido el tipo de cultivo, debido a la situación económica de los productores. Por otra parte, cabe señalar que la mayoría de las personas dedicadas a esta actividad no reciben información del gobierno para utilizar eficientemente los recursos hidrológicos.

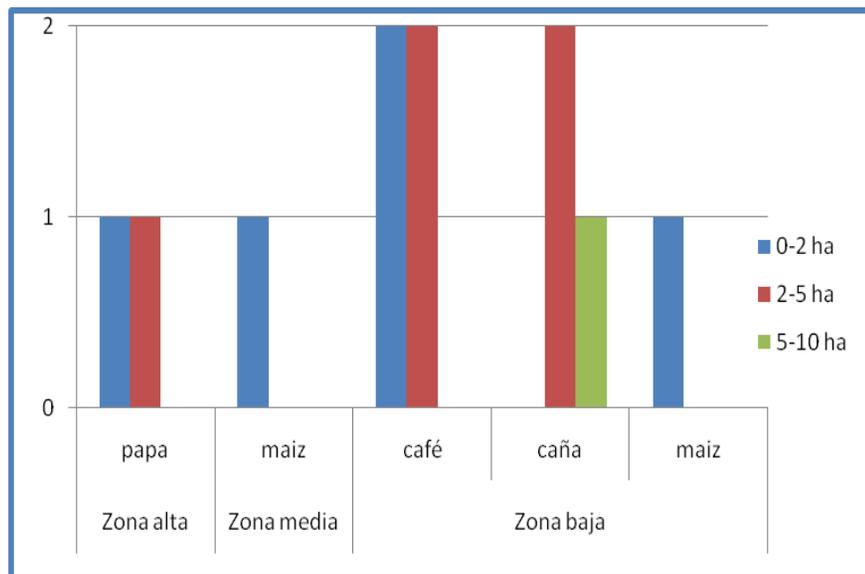


Figura 6.1 Principales tipos de cultivo y superficie de siembra en la microcuenca del Pixquiac

A continuación se describen los efectos antropogénicos provocados por actividades agrícolas en la microcuenca del Río Pixquiac, se presentan de acuerdo a

los servicios ambientales que proporcionan las cuencas hidrológicas y los bosques; posteriormente también se describen respecto a las afectaciones a la sociedad. En las tablas 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4 se muestran las matrices de impacto ambiental de esta actividad en las zonas alta, media y baja. Cabe mencionar que se puntualizan los impactos negativos y positivos que se consideran más significativos respecto a criterios de evaluación utilizados (ver página 89).

6.1.1 Servicios ambientales proporcionados por las cuencas hidrológicas afectados por la actividad agrícola

Los servicios ambientales que proporciona la microcuenca afectados por la agricultura son: la calidad de agua superficial y subterránea; regulación de caudales; productividad acuática vegetal y animal; y belleza escénica.

Respecto a la *calidad del agua superficial*, se ha alterado en cuanto a sus características biológicas, químicas y físicas, por la aplicación de pesticidas y agroquímicos en el suelo para el control de plagas, roedores y mejoramiento del rendimiento del suelo (ver en las tablas 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4 la columna de calidad del agua superficial). Estas

afectaciones se deben a la capacidad transportadora del agua, ya que como se mencionó en el capítulo tres, de acuerdo con Marsily y Llorente (2003), la precipitación provoca que se arrastren los residuos de los químicos aplicados hasta las corrientes superficiales de agua, sobre todo cuando llueve inmediatamente después de que éstos han sido depositados, ya que no se fijan de inmediato en las plantas. Otro aspecto de afectación es que debido a que algunos de los componentes de los pesticidas son volátiles, se depositan en la atmósfera y posteriormente se precipitan con la lluvia.

La *calidad del agua subterránea* es alterada por la aplicación de pesticidas y agroquímicos al suelo para el control de plagas y mejoramiento del rendimiento del suelo (ver en las tablas 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4 la columna de calidad del agua subterránea). Como señala Lorente (2003), esto se debe a la capacidad de filtración que tiene el agua al suelo, ya que arrastra los residuos de los químicos aplicados hasta las fuentes subterráneas.

En lo que respecta a la *regulación de caudales*, el método de laboreo que se utiliza en la microcuenca afecta la

cantidad de agua en las corrientes superficiales, (ver en las tablas 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4 la columna de regulación de caudales) ya que no se lleva a cabo la rotación de cultivos ni de terrenos, por lo que el suelo se desgasta y con el tiempo no tiene la misma capacidad para almacenar agua. De acuerdo con Pagiola et al. (2006), debido a lo anterior, existe un mayor escurrimiento y arrastre de sedimentos, es decir, un aumento en el flujo del caudal, que desencadena consecuencias que afectan tanto al ecosistema natural como a la sociedad.

La *productividad acuática vegetal y animal* se afecta cuando se altera la composición química del agua, por que los usuarios agrícolas utilizan agroquímicos que son arrastrados hasta las corrientes superficiales. Esto conlleva a la pérdida de especies o disminución de su población, ya que los requerimientos para su alimentación, crecimiento y desarrollo se alteran (ver en las tablas 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4 las columnas de productividad acuática animal y vegetal).

Por otra parte, se establece que la *belleza escénica* también es alterada por la sustitución de cobertura vegetal, ya que debe despejarse un área determinada para la

siembra de maíz, frijol, papa, café, caña de azúcar, etc., cultivos de los que dependen los habitantes de la región (ver

en las tablas 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4 la columna de belleza escénica).

Tabla 6.1 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios del sector agrícola en la microcuenca del río Pixquiac
Criterio analizado: **Intensidad**

		Servicios Ambientales de las Cuencas Hidrológicas						Servicios Ambientales de los Bosques						Elementos de la Sociedad					
		Calidad de agua superficial	Calidad de agua subterránea	Regulación de caudales	Productividad acuática vegetal	Productividad acuática animal	Belleza escénica	Conservación de biodiversidad	Captura de Carbono	Calidad del aire	Microclima	Retención hídrica	Calidad del suelo	Estabilidad del suelo	Moldes culturales (estilo de vida)	Salud de la población	Seguridad de la población	Migración	Economía local
Usuario Agrícola	Zona Alta	Siembra de cultivos					-1	-2			-1	-2	-2	-1	-1			-2	+4
		Control de insectos (Uso de pesticidas)	-1	-1		-1	-1		-2		-1		-1			-1			-1
		Control de malas hierbas (Uso de herbicidas)											-1	-2					
		Aplicación de agroquímicos	-2	-2		-1	-1		-1		-1		-3			-1			-1
		Método de laboreo			-1				-1			-2	-1	-4	-1				
	Zona Media	Siembra de cultivos					-3	-2	-1			-2		-3	-1				+4
		Control de insectos (Uso de pesticidas)	-2			-2	-2		-1		-1		-2		-1	-1			-1
		Control de pequeños roedores (Con trampas y veneno)	-1			-1	-1		-2				-1						-1
		Control de malas hierbas (Uso de herbicidas)							-1					-1					
		Aplicación de agroquímicos	-2	-1		-1	-1		-1		-1		-3		-1	-1			-1
	Método de laboreo			-2			-2					-2		-1	-1				
	Zona Baja	Siembra de cultivos	-3	-2		-2	-2	-1	-3					-2	-1	-1			+4
		Control de insectos (Uso de pesticidas)							-1					-1		-1			
		Control de pequeños roedores (Con trampas y veneno)							-2					-3		-2			-1
		Control de malas hierbas (Uso de herbicidas)	-1			-1	-1		-1					-1		-1			
		Aplicación de agroquímicos	-2			-1	-1		-1					-3		-1	-1		-1
	Método de laboreo			-1			-2							-2	-1				

Fuente: Menchaca y Alvarado; 2010. Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, ABCC

En términos generales la actividad agrícola, es uno de los factores más importantes de la degradación de los servicios que prestan los ecosistemas hidrológicos. Esto se debe a que los agricultores aplican químicos al suelo, que generan residuos y son almacenados o arrastrados hasta las corrientes superficiales, por esta razón es necesario llevar un mejor control respecto al uso de agroquímicos en la región; además de subrayar la importancia que tiene el uso de compuestos biológicos o biodegradables. En la Tabla 6.1 se tiene la matriz de impacto ambiental de la actividad agrícola respecto al criterio de intensidad.

6.1.2 Servicios ambientales proporcionados por los bosques afectados por la actividad agrícola

Los servicios ambientales (SA) que prestan los bosques también se han visto afectados por las prácticas agrícolas en la microcuenca del río Pixquiac. Los SA que se identificaron con impactos significativos son: conservación de la biodiversidad; calidad del aire; microclima; retención hídrica; calidad del suelo; y estabilidad del suelo. A continuación se describe cómo cada uno de éstos es afectado por las actividades humanas.

La actividad agrícola impacta a la *conservación de la biodiversidad* (ver en las tablas 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4 la columna de conservación de la biodiversidad), ya que la siembra de cultivos, la aplicación de pesticidas, fertilizantes y agroquímicos en general, así como el método de laboreo, provocan en conjunto, la pérdida de la capa superior del suelo y alteran su composición física, química y biológica, ya que esta capa contiene el material orgánico y los nutrientes para que el desarrollo de seres vivos. Según la FAO (2003), se pierde la capa de materia orgánica que alberga gran parte de la biodiversidad y los nutrientes que aportan al suelo tanto especies vegetales y animales.

Respecto a la *calidad del aire*, se expone que se ve afectada debido a que los agroquímicos y plaguicidas contienen sustancias volátiles (ver en las tablas 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4 la columna de calidad del aire). De acuerdo con Lorente (2003), se altera su calidad por un periodo de tiempo relativamente corto, es decir, en el momento en que se aplican en el suelo.

En la Tabla 6.2 se tiene la matriz de impacto ambiental respecto al criterio de temporalidad, donde se

pueden observar las diferencias entre los usuarios agrícolas

Tabla 6.2 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios del sector agrícola en la microcuenca del río Pixquiac
Criterio analizado: **Temporalidad**

		CRITERIO: TEMPORALIDAD		Servicios Ambientales de las Cuentas Hidrológicas						Servicios Ambientales de los Bosques					Elementos de la Sociedad						
				Calidad de agua superficial	Calidad de agua subterránea	Regulación de caudales	Productividad acuática vegetal	Productividad acuática animal	Belleza escénica	Conservación de biodiversidad	Captura de Carbono	Calidad del aire	Microclima	Retención hídrica	Calidad del suelo	Estabilidad del suelo	Moldes culturales (estilo de vida)	Salud de la población	Seguridad de la población	Migración	Economía local
Usuario Agrícola	Zona Alta	Siembra de cultivos					3	3			2	2	3	3	1			2	2		
		Control de insectos (Uso de pesticidas)	1	2		1	1		2		1			3		1			2		
		Control de malas hierbas (Uso de herbicidas)											2	3							
		Aplicación de agroquímicos	2	3		1	1		2		1			3		1			2		
		Método de laboreo			1				1			2	3	3	1						
	Zona Media	Siembra de cultivos					3	3	3			3		3	2				2		
		Control de insectos (Uso de pesticidas)	2			1	1		2		1			3		2	1		1		
		Control de pequeños roedores (Con trampas y veneno)	1			1	1		1				2						1		
		Control de malas hierbas (Uso de herbicidas)							1					1							
		Aplicación de agroquímicos	1	1		1	1		1		1			3		1	1		1		
	Método de laboreo			3			3					3		3	1						
	Zona Baja	Siembra de cultivos	2	2		1	1	3	3					3	3	2			2		
		Control de insectos (Uso de pesticidas)							1					3		2					
		Control de pequeños roedores (Con trampas y veneno)							2					3		2			1		
		Control de malas hierbas (Uso de herbicidas)	1			1	1		1					3		2					
		Aplicación de agroquímicos	3			3	3		3					3		2	1		1		
		Método de laboreo			3			3							3	2					

Fuente: Menchaca y Alvarado; 2010. Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, ABCC en las tres zonas de la microcuenca. Se tiene que la actividad agrícola genera 36 impactos permanentes



provocados por la siembra de cultivos, método de laboreo y sobre todo la aplicación de agroquímicos, en mayor medida utilizados en la zona baja. Esto lleva a decir que estas actividades deben desarrollarse de manera distinta para asegurar la provisión de servicios ambientales de los bosques y cuencas.

Por otro lado, el *microclima* es modificado al desplazar la cobertura vegetal original del ecosistema, sustituyéndola con fines de cultivo en grandes extensiones (ver en las tablas 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4 la columna de microclima), ya que de acuerdo a Pagiola et al. (2006), la biota del suelo juega un papel importante en la estabilización y la regularización del sistema climático.

En cuanto a la *retención hídrica*, al desempeñar la actividad agrícola en la microcuenca, la siembra de cultivos y el labrado de la tierra intervienen adversamente en esta función del ecosistema (ver en las tablas 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4 la columna de retención hídrica), ya que según la FAO (2003), las especies vegetales y animales inducidas desplazan los elementos que constituyen al suelo, esto tiene como consecuencia una alteración en capacidad del suelo para almacenar agua.

Se encontró que se impacta la *calidad del suelo*, ya que los componentes físicos, químicos y biológicos, son seriamente afectados llevar a cabo las prácticas agrícolas (ver en las tablas 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4 la columna de calidad del suelo). Los efectos de la siembra de cultivos, el control de insectos, control de malas hierbas, la aplicación de agroquímicos y el método de labranza, de acuerdo con la FAO (2003), provocan una disminución de la calidad en el suelo y por lo tanto también se induce a la pérdida de su rendimiento.

A lo anterior, se agrega que el suelo está desgastado en los terrenos donde se lleva a cabo la actividad agrícola, ya que poco a poco pierde la capa de materia orgánica que alberga gran parte de la biodiversidad y los nutrientes que se aportan al suelo; también se provoca que las partículas de este medio se desprendan con mayor facilidad, por lo tanto, el suelo queda desprovisto temporalmente de vegetación, dejándolo más vulnerable al impacto eólico o hídrico. Por otra parte, la siembra directa de cultivos provoca una reducción del volumen original del suelo ya que con el paso del tiempo disminuye su densidad.

Tabla 6.3 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios del sector agrícola en la microcuenca del río Pixquiác
 Criterio analizado: **Espacialidad**

		CRITERIO: ESPACIALIDAD  = Alcance regional (3): Es el alcance de los efectos antropogénicos que se extiende más allá de las zonas delimitadas.  = Alcance local (2): Efecto que sólo se involucra con las áreas aledañas al origen del mismo, ya sea en zona alta, baja o intermedia.  = Alcance mínimo (1): Es el espacio de alteración física directa, se refiere específicamente al área donde son desarrolladas las actividades antropogénicas.		Servicios Ambientales de las Cuencas Hidrológicas						Servicios Ambientales de los Bosques						Elementos de la Sociedad					
				Calidad de agua superficial	Calidad de agua subterránea	Regulación de caudales	Productividad acuática vegetal	Productividad acuática animal	Belleza escénica	Conservación de biodiversidad	Captura de Carbono	Calidad del aire	Microclima	Retención hídrica	Calidad del suelo	Estabilidad del suelo	Moldes culturales (estilo de vida)	Salud de la población	Seguridad de la población	Migración	Economía local
Usuario Agrícola	Zona Alta	Siembra de cultivos						1	1			2	1	1	1	2			2	2	
		Control de insectos (Uso de pesticidas)	2	2			3	3		2		2		1			1				1
		Control de malas hierbas (Uso de herbicidas)											1	1							
		Aplicación de agroquímicos	3	3			3	3		3		1		1			1				1
		Método de laboreo			3					1			1	1	1	1					
	Zona Media	Siembra de cultivos						1	1	1			3		1	1					1
		Control de insectos (Uso de pesticidas)	2				2	2		2		1		1		1	1				1
		Control de pequeños roedores (Con trampas y veneno)	1				1	1		2				1							1
		Control de malas hierbas (Uso de herbicidas)								1					1						
		Aplicación de agroquímicos	2	2			1	1		1		1		1		1	1				1
	Método de laboreo			2				1				1		1	1						
	Zona Baja	Siembra de cultivos	3	2			2	2	2	2				1	1	1					1
		Control de insectos (Uso de pesticidas)								1				1		1					
		Control de pequeños roedores (Con trampas y veneno)								2				1		1					1
		Control de malas hierbas (Uso de herbicidas)	2				1	1		1				1		1					
		Aplicación de agroquímicos	3				2	2		2				1		1	1				1
		Método de laboreo			2				1						1	1					

Fuente: Menchaca y Alvarado; 2010. Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, ABCC

Respecto a la *estabilidad del suelo*, cuando se lleva a cabo la preparación de las tierras para su cultivo, la siembra, así como el control de malas hierbas, se disminuye su estabilidad (ver en las tablas 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4 la columna de estabilidad del suelo), por lo que es más vulnerable ante eventos y fuerzas externas tanto de origen natural como antropogénico.

La actividad agrícola en la microcuenca tiene un impacto significativo en lo que respecta a los servicios ambientales que suministran los bosques, ya que el factor directamente afectado es el suelo, elemento capaz de retener los nutrientes necesarios para el desarrollo de seres vivos y para el almacenamiento del agua.

En la Tabla 6.3 se tiene la matriz de impacto ambiental respecto al criterio de espacialidad, donde se puede observar la diferencia que tienen los impactos provocados por los usuarios agrícolas en las tres zonas de la microcuenca en términos de su alcance espacial.

En términos generales, la zona alta es la que

presenta una menor intensidad respecto a las demás zonas ya que la actividad agrícola se desarrolla para el autoconsumo; en lo que se refiere a la zona media, existe suelo con menor estabilidad debido a que la siembra se lleva a cabo en laderas por las características topográficas que prevalecen en la localidad; y, por último, en la zona baja es donde se identifican impactos más intensos que en las demás zonas, ya que se depositan cantidades significativas de agroquímicos, además, en esta zona el microclima ha sido modificado debido a la conversión de grandes extensiones de suelo natural para fines agrícolas.

6.1.3 Sociedad

Los usuarios del agua del sector agrícola impactan respecto a los siguientes aspectos a la sociedad: moldes culturales, salud de la población, migración y economía local. Los impactos identificados y sus efectos se describen a continuación.

En los que se refiere a los *moldes culturales*, los métodos de siembra y laboreo tradicionales han sido

cambiados, cuestión que no favorece a los servicios ambientales de los ecosistemas (ver en Tabla 6.1 la columna de moldes culturales). Las técnicas que utilizaban

las generaciones del pasado se han modificado porque no toman en cuenta la rotación de cultivos para que “la tierra se recupere”. Además, la mayoría de los agricultores utilizan

Tabla 6.4 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios del sector agrícola en la microcuenca del río Pixquiac
Criterio analizado: **Reversibilidad**

		CRITERIO: REVERSIBILIDAD		Servicios Ambientales de las Cuencas Hidrológicas						Servicios Ambientales de los Bosques						Elementos de la Sociedad					
				Calidad de agua superficial	Calidad de agua subterránea	Regulación de caudales	Productividad acuática vegetal	Productividad acuática animal	Belleza escénica	Conservación de biodiversidad	Captura de Carbono	Calidad del aire	Microclima	Retención hídrica	Calidad del suelo	Estabilidad del suelo	Moldes culturales (estilo de vida)	Salud de la población	Seguridad de la población	Migración	Economía local
Usuario: Agrícola	Zona Alta	Siembra de cultivos						3	3			2	2	3	3	1			1	1	
		Control de insectos (Uso de pesticidas)	2	2		2	2		2		2				3			1			1
		Control de malas hierbas (Uso de herbicidas)													2	3					
		Aplicación de agroquímicos	2	3		2	2		2		2				3			1			1
		Método de laboreo			2				2			2	3	3	1						
	Zona Media	Siembra de cultivos						3	3	3			3		3	1					1
		Control de insectos (Uso de pesticidas)	2			2	2		2		2				3		1	1			1
		Control de pequeños roedores (Con trampas y veneno)	2			2	2		2					2							1
		Control de malas hierbas (Uso de herbicidas)							2						2						
		Aplicación de agroquímicos	2	2		2	2		2		2				3		1	1			1
		Método de laboreo			3				3				3		3	1					
	Zona Baja	Siembra de cultivos	2	2		2	2	3	3						3	3	1				1
		Control de insectos (Uso de pesticidas)							2						3		1				
		Control de pequeños roedores (Con trampas y veneno)							2						3		1				1
		Control de malas hierbas (Uso de herbicidas)	2			2	2		2						3		1				
		Aplicación de agroquímicos	3			3	3		3						3		1	1			1
		Método de laboreo			3				3						3	1					

Fuente: Menchaca y Alvarado; 2010. Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, ABCC agroquímicos para mejorar la eficiencia de sus cultivos a corto plazo, e incluso, se han implementado cultivos que no



son de la región.

En la Tabla 6.4 se tienen los impactos ambientales que provoca el sector agrícola respecto al criterio de reversibilidad, puede observarse que el servicio ambiental que es más afectado en cuanto a la irreversibilidad es la calidad del suelo, en lo que respecta a la sociedad, esto provoca que exista una baja de nutrientes en los cultivos que consume la población.

La *salud de la población* a nivel local está en riesgo al aplicar productos químicos tanto para fertilizar como para controlar las plagas, ya que los residuos se incorporan y acumulan en el organismo, lo que tiene como consecuencia el desarrollo de enfermedades que afectan a los seres humanos. Como señala el Informe de las Perspectivas del Medio Ambiente en México (2004), el suelo es una ruta de exposición para contaminantes, ya que una vez que se depositan en el suelo se integran a la cadena alimenticia.

Respecto a la migración, se tiene que la población ha disminuido debido a la falta de subsidios en el campo para la siembra de cultivos (ver en las tablas 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4 la

columna de densidad de la población), ya algunos de los habitantes se han visto en la necesidad de cambiar de lugar de residencia en busca de mejores oportunidades económicas en otras localidades. Un ejemplo es el caso de la localidad “Mesa de Laurel” del municipio de Coatepec, ubicado en la zona alta, en donde la mayoría de sus pobladores han emigrado, en la actualidad sólo existen dos viviendas habitadas.

Respecto a la *economía local*, la agricultura representa beneficios en términos económicos para los habitantes agrícolas de la microcuenca del río Pixquiac, sin embargo, si se hace un mal manejo del suelo, poco a poco pierde su rendimiento original y por lo tanto estos beneficios solo son temporales mediano plazo, ya que tendrán que abandonar la tierra o buscar cultivos para sustituir los que se sembraban en un principio (ver Tabla 6.2).

Los efectos ambientales negativos en el aspecto social, son especialmente evidentes en la zona alta de la microcuenca, ya que los usuarios del agua dedicados a la agricultura modificaron su tipo de vida, incluso en ciertos casos tuvieron que emigrar hacia otras localidades donde

hay más posibilidades para subsistir; este desplazamiento se debe principalmente a que el rendimiento de sus tierras ya no era suficiente para producir, el tipo de cultivo que manejaban es poco rentable y las condiciones climáticas no favorecen el desarrollo de otro tipo de cultivo.

Por otra parte, en la zona baja, algunos agricultores se han visto en la necesidad de cambiar el tipo de cultivo tradicional, por ejemplo, la sustitución del cultivo de café por caña de azúcar, debido a la crisis cafetalera a principio de la década de los 90's, lo que implica una menor retención de humedad en el suelo y el surgimiento de plagas que anteriormente no existían en la región.

En las figuras 6.2 y 6.3 se tienen imágenes que dan cuenta de las diferencias del tipo de agricultura en cada zona de la microcuenca.

En la Figura 6.2 se observa la selección de papa para su comercialización en la zona alta de la microcuenca, se trata del principal tipo de cultivo que se desarrolla en esta región debido a las condiciones climáticas.



Figura 6.2 Cosecha de papa para su comercialización en la zona alta

En la Figura 6.3 se puede observar una ladera con el suelo erosionado debido a múltiples consecuencias del mal manejo de este recurso como la aplicación descontrolada de agroquímicos, el continuo laboreo, el monocultivo o métodos sin rotación de terreno.



Figura 6.3 Pendiente de suelo desgastada, consecuencia del cultivo en laderas en la zona media

En resumen, por medio de la Matriz de Leopold Modificada, se identificaron un total de 109 impactos provocados por la actividad agrícola, de los cuales sólo el 3% son benéficos, mientras que el 97% de estos son adversos. El 33% de los impactos adversos son

permanentes, es decir que una vez que es modificado el ecosistema, su recuperación durará un largo periodo de tiempo; por otra parte, se determinó que el 65% de los impactos tienen un alcance mínimo, es decir, sólo afectan directamente al sitio donde fueron generados; por último, el 36% de los efectos adversos es irreversible, lo que indica que el ecosistema es incapaz de recuperar sus características originales sin necesidad de la intervención del hombre (ver tablas 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4).

6.2 Actividad Pecuaria

Los usuarios del agua del sector pecuario en la microcuenca del río Pixquiac se comportan de la siguiente manera, de acuerdo con los testimonios capturados en las encuestas aplicadas. En la zona alta se crían principalmente borregos y vacas, utilizando superficies para el pastoreo hasta de 10 hectáreas; en la zona media se crían vacas, principalmente y se utilizan terrenos de más de 10 hectáreas de superficie para el pastoreo; por último, en la zona baja se crían vacas y cerdos, principalmente, con superficies menores de 5 hectáreas para el pastoreo, esto debido a que es una zona con mayor número de población y por lo tanto no se cuenta con terrenos superiores destinados a este fin. En la Figura 6.4 se tiene un gráfico, donde se observa el análisis señalado.

Del mismo modo, se registró que la mayoría de los productores pecuarios no conocen la cantidad de agua que utilizan para sus actividades, ya que no tienen medidores de agua. Por otra parte, se registró que tampoco reciben información del gobierno para utilizar eficientemente el

recurso hídrico.

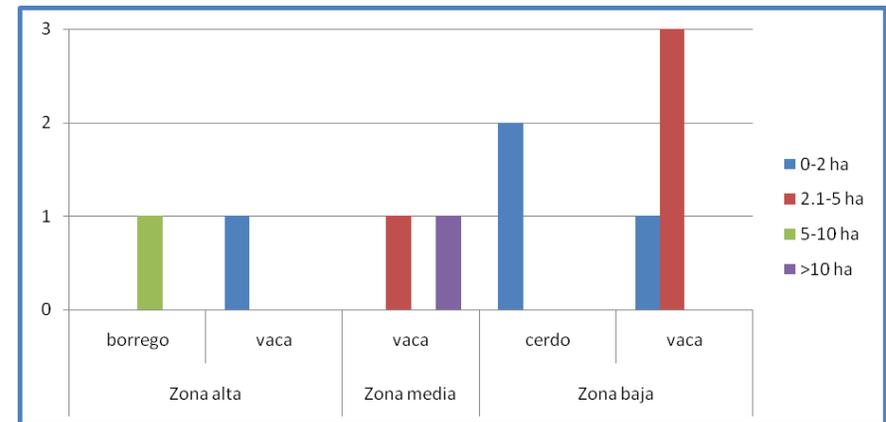


Figura 6.4 Principales animales de crianza y superficie que se destina al pastoreo en la microcuenca del Pixquiac

Se detallan a continuación, los efectos antropogénicos provocados por los usuarios del sector pecuario en la microcuenca del río Pixquiac, señalando los impactos ambientales identificados y describiendo sus efectos. Estos se presentan de acuerdo a los servicios ambientales que proporcionan las cuencas hidrológicas y los bosques, y por último respecto a las afectaciones a la sociedad. Se establecen las matrices de impacto ambiental de la actividad pecuaria en la zona alta, media y baja, en las tablas 6.5, 6.6, 6.7 y 6.8. Cabe mencionar que se

puntualizan los impactos negativos y positivos que se consideran más significativos respecto a criterios de evaluación utilizados (ver página 89).

6.2.1 Servicios ambientales proporcionados por las cuencas hidrológicas afectados por la actividad pecuaria

Los servicios ambientales suministrados por la microcuenca que son afectados por la actividad pecuaria son: calidad del agua superficial; regulación de caudales; productividad acuática vegetal y animal; y belleza escénica.

En lo que se refiere a la *calidad del agua superficial*, los residuos que se generan al llevar a cabo la higienización del sitio donde habitan los animales de crianza y de los propios animales, así como del sacrificio de los mismos (ver en las tablas 6.5, 6.6, 6.7 y 6.8 la columna de calidad del agua superficial), son arrastrados, según De la Osa (2003), hasta las corrientes superficiales de agua provocando una modificación de sus características biológicas. Por otra parte, la FAO (2009), señala que la aplicación de estiércol como fertilizante para la producción agrícola puede originar

contaminación de las aguas superficiales por la escorrentía y el flujo subsuperficial; otro aspecto importante es que los sistemas de producción animal se caracterizan por una alta demanda de alimentos y forrajes que requieren fertilizantes o plaguicidas que pueden contaminar los recursos hídricos después de ser aplicados en el suelo; nutrientes, residuos de medicamentos, metales pesados o contaminantes biológicos aplicados a la tierra pueden lixiviarse a través de las capas del suelo o pueden ser lavados con escorrentía.

En la Tabla 6.5 se tiene la matriz de impacto ambiental respecto al criterio de intensidad donde se observan las diferencias entre las tres zonas de la microcuenca. La belleza escénica es el servicio ambiental más perturbado, debido a la cría de animales. En síntesis, la actividad pecuaria impacta de manera negativa a los servicios ambientales que prestan las cuencas y bosques, principalmente en lo referente al suelo, ya que se desgasta debido a que la cobertura vegetal, debe ser desplazada para que los animales se alimenten, ya sea directamente del suelo, o a través de la siembra de pasto para ser trasladarlo hasta el lugar donde se alimentan.

Fuente: Menchaca y Alvarado; 2010. Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, ABCC

Respecto a la *regulación de caudales*, se observa que en la microcuenca la limpieza de la infraestructura de la actividad pecuaria se hace con agua de las fuentes superficiales, lo cual altera el flujo natural de las corrientes (ver en las tablas 6.5, 6.6, 6.7 y 6.8 la columna de regulación de caudales). El desplazamiento de la cobertura vegetal también afecta este servicio ambiental, ya que, de acuerdo con Toledo (2006), se impide el almacenaje de agua para la condensación, el rocío, la escarcha y la neblina, por lo tanto, aumenta el escurrimiento y en consecuencia existe un mayor riesgo de inundación. Según la FAO (2009) la presencia de vegetación disminuye la velocidad del agua de lluvia, facilita su penetración en el suelo, la infiltración, percolación y recarga de aguas subterráneas.

La *productividad acuática vegetal y animal* es afectada debido a que los residuos generados por la actividad pecuaria, son arrastrados por los efectos de la precipitación hasta las corrientes de agua (ver en las tablas

6.5, 6.6, 6.7 y 6.8 la columna de productividad acuática vegetal y animal). Según Pagiola (2006) este tipo de residuos en el agua impiden la adecuada alimentación y reproducción de plantas y animales acuáticos. La FAO (2009), señala que se puede llegar a transformar el hábitat por la disposición de residuos pecuarios, debido a un cambio en la composición de las comunidades de plantas acuáticas e incluso la producción de toxinas por ciertas algas. Se encontró que sólo en la zona alta se lleva a cabo el sacrificio de animales, pero este es para autoconsumo.

También la *belleza escénica* es impactada por esta actividad, ya que el paisaje es afectado de manera significativa cuando se desplaza la cobertura vegetal natural para adecuar el ecosistema a sitios de crianza de animales (ver en las tablas 6.5, 6.6, 6.7 y 6.8 la columna de belleza escénica). Las extensiones de terreno dedicadas a esta actividad en la microcuenca son significativas, ya que inclusive existen terrenos que ocupan hasta diez hectáreas para estos fines. La FAO (2009) señala que el pastoreo es

uno de los principales factores de la erosión, esto quiere decir que el ecosistema es modificado en la mayoría de los casos de manera irreversible.

En la Tabla 6.6 se tiene la matriz de impacto ambiental de acuerdo al criterio de temporalidad en las tres

Tabla 6.6 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios del sector pecuario en la microcuenca del río Pixquiac
Criterio analizado: **Temporalidad**

		CRITERIO: TEMPORALIDAD	Servicios Ambientales de las Cuencas Hidrológicas					Servicios Ambientales de los Bosques					Elementos de la Sociedad						
			Calidad de agua superficial	Calidad de agua subterránea	Regulación de caudales	Productividad acuática vegetal	Productividad acuática animal	Belleza escénica	Conservación de biodiversidad	Captura de Carbono	Calidad del aire	Microclima	Retención hídrica	Calidad del suelo	Estabilidad del suelo	Moldes culturales (estilo de vida)	Salud de la población	Seguridad de la población	Migración
Usuario: Pecuario	Zona Alta	Cría de ganado, aves o porcinos						3			2				2	2		1	1
		Alimentación de animales																	
		Limpieza del área donde habitan	1		1								2						
		Pastoreo	2						3										
		Sacrificio de animales	1			1	1						1			2			1
	Zona Media	Cría de ganado, aves o porcinos			2			3		1		3			2				2
		Alimentación de animales			1				3			3		3	1				1
		Limpieza del área donde habitan	1		2	1	1						1						
		Pastoreo	2					3	3			3		3	2				
	Zona Baja	Cría de ganado, aves o porcinos			2	1	1	2		1	3		3		3	1			2
		Alimentación de animales			2									3	3				1
		Limpieza del área donde habitan	1		2	1	1			1			3		2	1			
Pastoreo		2						3				3		3					

Fuente: Menchaca y Alvarado; 2010. Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, ABCC zonas de la microcuenca, donde se observa que los impactos en servicios ambientales suministrados por los



bosques son los que tienen una mayor duración el tiempo, provocados por la cría de animales, el pastoreo, y la alimentación de animales.

6.2.2 Servicios ambientales proporcionados por los bosques afectados por la actividad pecuaria

Los servicios ambientales proporcionados por los bosques que son afectados por la actividad pecuaria son: conservación de la biodiversidad; calidad del aire; calidad del suelo; y estabilidad del suelo.

En lo que respecta a la *conservación de la biodiversidad*, el desplazamiento de la cobertura vegetal provoca la modificación del hábitat (ver en las tablas 6.5, 6.6, 6.7 y 6.8 la columna de conservación de la biodiversidad). La FAO (2009), señala que la actividad pecuaria impacta la biodiversidad al destruir, fragmentar o transformar los hábitats naturales; porque el proceso de conversión reduce la superficie total y la capacidad de carga de los hábitats de las especies silvestres; además, porque

los hábitats fragmentados aíslan poblaciones, lo que disminuye el acervo genético de cada población aumentando su vulnerabilidad a la desaparición.

En cuanto a la *calidad del aire*, es afectada negativamente por la actividad pecuaria (ver en las tablas 6.5, 6.6, 6.7 y 6.8 la columna de calidad del aire). Ya que según la FAO (2009), la conversión de las tierras en pastizales y cultivos forrajeros, las emisiones de dióxido de carbono asociadas al ganado, la desertificación de pastos, la aplicación de fertilizantes para el pasto y principalmente la disposición directa del estiércol de los animales son responsables del 18% del total de emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global.

La Tabla 6.7 muestra la matriz de los impactos ambientales de la actividad pecuaria, evaluados con el criterio de alcance espacial en las tres zonas de la microcuenca. En esta se observa que el efecto de la actividad que tiene un alcance a nivel regional es la actividad del pastoreo, debido a la exposición de las partículas del suelo y arrastre provocado por las

escorrentías superficiales.

Tabla 6.7 Matriz de evaluación de impactos ambientales de usuarios del sector pecuario en la microcuenca del río Pixquiac
Criterio analizado: **Espacialidad**

AGUA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas
en la microcuenca del río Pixquiac

Elba Lupita Alvarado Michi

		<p>CRITERIO: ESPACIALIDAD</p> <p> = Alcance regional (3): Es el alcance de los efectos antropogénicos que se extiende más allá de las zonas delimitadas.</p> <p> = Alcance local (2): Efecto que sólo se involucra con las áreas aledañas al origen del mismo, ya sea en zona alta, baja o intermedia.</p> <p> = Alcance mínimo (1): Es el espacio de alteración física directa, se refiere específicamente al área donde son desarrolladas las actividades antropogénicas.</p>	Servicios Ambientales de las Cuencas Hidrológicas						Servicios Ambientales de los Bosques						Elementos de la Sociedad				
			Calidad de agua superficial	Calidad de agua subterránea	Regulación de caudales	Productividad acuática vegetal	Productividad acuática animal	Belleza escénica	Conservación de biodiversidad	Captura de Carbono	Calidad del aire	Microclima	Retención hídrica	Calidad del suelo	Estabilidad del suelo	Moldes culturales (estilo de vida)	Salud de la población	Seguridad de la población	Migración
Usuario Pecuario	Zona Alta	Cría de ganado, aves o porcinos					1			1				1	1		1	1	
		Alimentación de animales																	
		Limpieza del área donde habitan	1		2								1						
		Pastoreo	3					2											
		Sacrificio de animales	1			1	1						1			1			1
	Zona Media	Cría de ganado, aves o porcinos			2		1			1		1			1				1
		Alimentación de animales			2				1			1		1	1				1
		Limpieza del área donde habitan	2		2	2	2						1						
		Pastoreo	3					1	1		2			1	1				
	Zona Baja	Cría de ganado, aves o porcinos			1	1	1	1			1	2			1	1			1
		Alimentación de animales			1										1	1			1
		Limpieza del área donde habitan	2		1	1	1				1				1	1			
Pastoreo		3						1				1		1					

Fuente: Menchaca y Alvarado; 2010. Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, ABCC

Respecto a la *calidad del suelo*, sus características biológicas, químicas y físicas se ven afectadas al depositar directamente residuos sólidos y líquidos, sin tratamiento previo, tales como heces fecales, orina o sangre (ver en las 6.5, 6.6, 6.7 y 6.8 la columna de calidad del suelo). De acuerdo con la FAO (2009) también las características físicas del suelo como la estructura, estabilidad, permeabilidad y densidad son seriamente dañadas debido al pastoreo continuo de los animales, lo que conlleva a que haya una menor disposición de especies vegetales y por tanto se desgasta fácilmente ante el impacto eólico e hídrico.

La *estabilidad del suelo* es afectada principalmente en las zonas con pendiente (ver Tabla 6.5), ya que no se lleva a cabo el pastoreo rotativo, lo que conlleva a una pérdida de las características del suelo y se desgasta con mayor facilidad. De acuerdo con la FAO (2009), el ganado puede sobrepastorear la vegetación, lo que disminuye su capacidad de retener y estabilizar el suelo y también provoca erosión y contaminación por sedimentos de corrientes superficiales.

6.2.3 Sociedad

Los aspectos de la sociedad que se ven alterados por la actividad pecuaria son: moldes culturales, salud de la población y densidad de la población. A continuación se describen estas afectaciones.

En cuanto a los *moldes* culturales, se ha sustituido el estilo de vida de los productores ganaderos (ver en las tablas 6.5, 6.6, 6.7, 6.8 la columna de moldes culturales), esto debido a que el método de crianza tradicional del ganado, principalmente en la zona baja, se lleva a cabo como engorda extensiva, así que los animales tienen que pastar en territorios reducidos, utilizan agroquímicos para fertilizar el forraje que les suministran para su alimentación, entre otros aspectos.

En la Tabla 6.8 se tiene la matriz de impacto ambiental de la actividad pecuaria respecto a la reversibilidad, en donde se observa que el bosque tiene mayores problemas para recuperar sus condiciones naturales ya que el pastoreo, la crianza de animales (especialmente ganado) y la limpieza del área donde

habitan, provocan impactos adversos directamente en los

Tabla 6.8 Matriz de evaluación de impactos ambientales de usuarios del sector pecuario en la microcuenca del río Pixquiac
Criterio analizado: **Reversibilidad**

		CRITERIO: REVERSIBILIDAD					Servicios Ambientales de las Cuencas Hidrológicas					Servicios Ambientales de los Bosques					Elementos de la Sociedad							
		■ = Irreversible (3): Imposibilidad del ecosistema para retornar a su situación original de manera natural y sin necesidad de la intervención de la mano del hombre. ■ = Reversible (2): Posibilidad del ecosistema para recuperar sus características originales, sin la necesidad de la intervención del hombre. ■ = No Aplica (1): Este criterio no interviene respecto a los impactos en la sociedad ni en los impactos benéficos.					Calidad de agua superficial	Calidad de agua subterránea	Regulación de caudales	Productividad acuática vegetal	Productividad acuática animal	Belleza escénica	Conservación de biodiversidad	Captura de Carbono	Calidad del aire	Microclima	Retención hídrica	Calidad del suelo	Estabilidad del suelo	Moldes culturales (estilo de vida)	Salud de la población	Seguridad de la población	Migración	Economía local
Usuario: Pecuario	Zona Alta	Cría de ganado, aves o porcinos					3			2						1	1		1	1				
		Alimentación de animales																						
		Limpieza del área donde habitan	2		2									2										
		Pastoreo	2					3																
		Sacrificio de animales	2			2	2							2				1			1			
	Zona Media	Cría de ganado, aves o porcinos			2		3			2		3				1					1			
		Alimentación de animales			2			3				3		3		1					1			
		Limpieza del área donde habitan	2		2	2	2							2										
		Pastoreo	2					3	3			3			3	1								
	Zona Baja	Cría de ganado, aves o porcinos			2	2	2	2			2	3			3		1	1			1			
		Alimentación de animales			2										3		1				1			
		Limpieza del área donde habitan	2		2	2	2				2				3		1	1						
Pastoreo		2								3			3			1								

Fuente: Menchaca y Alvarado; 2010. Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, ABCC

ecosistemas y los servicios que suministran, que son



imposibles de recuperar sin la intervención del hombre.

Respecto a la *salud de la población*, el mal manejo de los residuos producidos en la actividad pecuaria provoca que la población se mantenga vulnerable ante enfermedades bacterianas (ver en las tablas 6.5, 6.6, 6.7 y 6.8 la columna de salud de la población). Según la FAO (2009), la actividad pecuaria emite microorganismos y parásitos multicelulares de relevancia para la salud humana que pueden ser transmitidos por el agua, los principales patógenos bacterianos y víricos son: *Campylobacter spp*, responsable de enfermedades gastrointestinales como diarrea; *Escherichia coli*, que puede causar diarrea y en algunos casos síndrome de uremia hemolítica; *Salmonella spp*; *Clostridium botulinum*, organismo causante del botulismo; *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium parvum*, que pueden causar enfermedades gastrointestinales; *Microsporidia spp.* que atacan organismos con compromiso en el sistema inmunitario; *Fasciola spp.*; enfermedades parasitarias del ganado; y enfermedades virales.

En lo que respecta a la *migración*, cierto número de habitantes han tenido que cambiar su residencia debido a

que la vida en el campo, en lo que se refiere al trabajo agropecuario, es insostenible en la actualidad porque los programas que implementa el gobierno no son eficaces, así que se han visto en la necesidad de emigrar hacia otras localidades, en busca de mejores oportunidades de calidad de vida.

Por último, la *economía local* es el único impacto benéfico que refleja esta actividad, ya que la mayoría de los habitantes que desempeñan esta actividad se benefician económicamente al comercializar los productos y subproductos de los animales que crían.

En la Figura 6.5, se tiene una evidencia fotográfica de cómo es llevada a cabo la actividad ganadera en la zona alta de la microcuenca, donde se observa que se ha tenido que retirar una cantidad considerable de vegetación para el pastoreo de los animales.



Figura 6.5 Pastoreo de ganado en la zona alta

Por otra parte, en la Figura 6.6 se tiene la evidencia fotográfica del tipo de alimentación del ganado que se lleva a cabo en la zona baja de la microcuenca. Ya que en esta zona no se tiene espacio suficiente para llevar a cabo el pastoreo de animales, se cultiva pasto en otro terreno para después ser transportado hasta el sitio de alimentación.

En términos generales, se identificaron un total de 66 impactos provocados por la actividad pecuaria, de los cuales

sólo el 6% son benéficos, mientras que el 94% de estos son adversos. El 45% de los impactos adversos son temporales a corto plazo, mientras que el 77% son impactos que sólo afectan directamente el sitio donde se lleva a cabo esta actividad, no obstante, es importante señalar que del total de los impactos negativos el 43% es irreversible (ver tablas 6.5, 6.6, 6.7 y 6.8).



Figura 6.6 Alimentación de ganado por acarreo de pasto en la zona baja

Por lo anterior, se puede determinar que los efectos provocados por la actividad pecuaria, en su mayoría negativos, deben atenderse en la brevedad posible, porque los servicios que brindan las cuencas y los bosques son amenazados debido a las prácticas insostenibles de esta actividad. Indiscutiblemente el humano debe intervenir en las modificaciones que implican el uso sustentable de los servicios que brindan los ecosistemas, ya que tanto el sustento de su vida como el aseguramiento de estos recursos para el futuro, se ven afectados por el actual manejo de ésta práctica.

6.3 Actividad Forestal

En lo que respecta a la actividad forestal, de acuerdo con los resultados de las encuestas realizadas, se tiene que por lo general se combina con otro tipo de actividades, como la agrícola principalmente. Los productores forestales perciben el Pago por Servicios Ambientales implementado por el municipio de Coatepec, Ver., sin embargo, los beneficiarios aseguran que es insuficiente y que en algunas ocasiones no reciben la cantidad que les corresponde, debido a los intermediarios responsables de efectuar dicho pago. Por esta razón, los usuarios del agua en el sector forestal, se han visto en la necesidad de comercializar una parte de la madera de la que producen para solventar sus necesidades económicas.

También se argumentó que han recibido apoyos en especie de otras instituciones como la Comisión Nacional Forestal y la Universidad Veracruzana.

A continuación, se explican los efectos antropogénicos provocados por la actividad forestal en la microcuenca del río Pixquiac. Cabe mencionar que el

análisis de las afectaciones de esta actividad se llevó a cabo en la zona alta y media a pesar de que en la zona baja también la desempeñan, sin embargo, sólo se tomaron en cuenta estas zonas ya que son beneficiados por programas públicos como el Fideicomiso Coatepecano para el Pago por Servicios Ambientales Forestales e Hidrológicos (FIDECOAGUA), en conjunto con la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).

El análisis se efectuó por medio de la identificación de los impactos en los servicios ambientales proporcionados por las cuencas hidrológicas y por los bosques, así como los impactos que recibe la misma sociedad. Se tienen las matrices de impacto ambiental para las zonas media y baja en las tablas 6.9, 6.10, 6.11 y 6.12 que dan cuenta de la intensidad de los impactos, su alcance espacial y temporal así como su reversibilidad. Es importante señalar que se puntualizan, específicamente, los impactos benéficos y adversos que se consideran más significativos respecto a los criterios previamente descritos (ver página 89).

6.3.1 Servicios ambientales proporcionados por las

cuencas hidrológicas afectados por la actividad forestal

Los servicios ambientales proporcionados por la microcuenca que son afectados por la actividad forestal son: regulación de caudales y belleza escénica. Sus efectos se describen a continuación.

En lo que se refiere a la *regulación de caudales*, se provoca que disminuya la disponibilidad de agua en la microcuenca por el manejo forestal inadecuado, ya que al extraer madera de los bosques sin control y al reforestar la zona sin tomar en cuenta la diversidad de especies de árboles, la función reguladora de la cobertura vegetal se altera y disminuye su capacidad para retener agua en el suelo y raíces. De acuerdo con Llerena (2003) una cuenca deforestada transferirá un menor volumen de agua hacia la atmósfera por evapotranspiración y menores valores de infiltración, por lo que el agua de lluvia que llega al suelo escurrirá rápidamente hacia los cauces lo que provoca

erosión en las laderas y un flujo violento cargado de sedimentos que aumenta la turbidez del río.

Respecto a la *belleza escénica*, el paisaje es significativamente alterado cuando se lleva a cabo la actividad de aprovechamiento forestal (ver en las tablas 6.9, 6.10, 6.11 y 6.12 la columna de belleza escénica), ya que al extraer productos madereros de forma incontrolada se impacta directamente a los bosques, que son componentes principales del paisaje. Sin embargo, cabe señalar que, se ha llevado a cabo la práctica de reforestación en algunas de las zonas devastadas para mitigar los efectos negativos.

6.3.2 Servicios ambientales proporcionados por los bosques afectados por la actividad forestal

Los servicios ambientales que proporcionan los bosques que son afectados por la actividad forestal son: conservación de la biodiversidad; captura de carbono; calidad del aire; microclima; retención hídrica; estabilidad del suelo; y erosión.

En la Tabla 6.9 se tiene la matriz de impacto ambiental de los usuarios forestales respecto al criterio de intensidad, donde se analiza tanto el carácter del impacto

(benéfico o adverso) y su intensidad. Se observa que los servicios ambientales más afectados por el mal manejo de la actividad forestal son la regulación de caudales, la belleza escénica y la conservación de la biodiversidad.

Tabla 6.9 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios del sector forestal en la microcuenca del río Pixquiac
Criterio analizado: **Intensidad**

		CRITERIO: INTENSIDAD Formado por dos variables: Carácter y Magnitud; el Carácter se refiere a la naturaleza de la perturbación en el ecosistema, es decir benéfico (+) o adverso (-). El criterio de magnitud se refiere a: ■ = Impacto Muy Alto (4): Perturbación que provoca un cambio en una población entera por varias generaciones. ■ = Impacto Alto (3): Afecta una parte de la integridad del ecosistema sin afectar totalmente su integridad. ■ = Impacto Medio(2): Afecta a un grupo específico en un área localizada, sin afectar a otros grupos tróficos. ■ = Impacto Bajo(1): Afecta a un grupo específico de individuos en un área localizada, ejerce un efecto similar al azar y no es medible sobre la población.	Servicios Ambientales de las Cuencas Hidrológicas					Servicios Ambientales de los Bosques					Elementos de la Sociedad						
			Calidad de agua superficial	Calidad de agua subterránea	Regulación de caudales	Productividad acuática vegetal	Productividad acuática animal	Belleza escénica	Conservación de biodiversidad	Captura de Carbono	Calidad del aire	Microclima	Retención hídrica	Calidad del suelo	Estabilidad del suelo	Moldes culturales (estilo de vida)	Salud de la población	Seguridad de la población	Migración
Usuario: Forestal	Zona Alta	Explotación de bosques madereros			-2			-2	-3	-2	-1	-2	-1			-1			+3
		Tala inmoderada			-2			-3	-2	-2		-1	-1		-1		-1		+3
		Reforestación			+2			+1	-1					+2	+2				+2
		Monocultivo			-2			-1	-2				-1						
	Zona Media	Explotación de bosques madereros			-3			-3	-2	-2		-1	-2		-2	-2			+3
		Tala inmoderada			-2			-3		-2	-1	-1	-2		-2	-1		-1	+3
		Reforestación			+3			+2	+3	+4			+3		+2	+2			+4
		Monocultivo			-1			-3	-2					-2		-2			

Fuente: Menchaca y Alvarado; 2010. Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, ABCC

En la tabla 6.10, se tiene el análisis de los impactos ambientales provocados por los usuarios forestales respecto a su efecto a través del tiempo, se observa que la mayoría de estos (65.6%) son impactos permanentes, lo que

significa que esta actividad que no se ha llevado de manera sostenible debido a que su manejo se basa en la siembra de árboles, sin importar la especie o el patrón natural de crecimiento de los bosques.

Tabla 6.10 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios del sector forestal en la microcuenca del río Pixquiác
Criterio analizado: **Temporalidad**

CRITERIO: TEMPORALIDAD			Servicios Ambientales de las Cuencas Hidrológicas					Servicios Ambientales de los Bosques					Elementos de la Sociedad							
			Calidad de agua superficial	Calidad de agua subterránea	Regulación de caudales	Productividad acuática vegetal	Productividad acuática animal	Belleza escénica	Conservación de biodiversidad	Captura de Carbono	Calidad del aire	Microclima	Retención hídrica	Calidad del suelo	Estabilidad del suelo	Moldes culturales (estilo de vida)	Salud de la población	Seguridad de la población	Migración	Economía local
Usuario: Forestal	Zona Alta	Explotación de bosques madereros			2			3	3	2	2	1	2			3				3
		Tala inmoderada			3			3	3	3		3	3		2	3		2		2
		Reforestación			3			2	3						3	3				3
		Monocultivo			3			3	3					3						
	Zona Media	Explotación de bosques madereros			2			3	2	2		2	2		3	2				3
		Tala inmoderada			3			3		2	3	2	3		3	2		2		2
		Reforestación			3			3	3	3			3		3	3				2
		Monocultivo			3			3	3					3		3				

Fuente: Menchaca y Alvarado; 2010. Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, ABCC

Respecto a la *conservación de la biodiversidad*, se observó que se extrae una cantidad considerable de especies maderables del bosque mesófilo de montaña y del bosque de pino-encino, lo que conlleva a la reducción de superficie arbórea; a pesar de que se lleva la práctica de reforestación, no se consigue un adecuado desarrollo de las especies inducidas, ya que no se hace una correcta planeación para la siembra, debido a que se hace sin tomar en cuenta los patrones de reproducción natural (ver en las tablas 6.9, 6.10, 6.11 y 6.12 la columna de conservación de la biodiversidad). Otro aspecto importante es que según Aceves (2005), una de las principales causas de la extinción de especies es la destrucción y fragmentación de su hábitat como consecuencia de la tala desmedida, situación que afecta incluso a especies forestales.

La *captura de carbono* disminuye debido a la explotación inadecuada de los bosques y a tala inmoderada, ya que estas prácticas minimizan la capacidad de almacenaje de carbono de los bosques (ver en las tablas 6.9, 6.10, 6.11 y 6.12 la columna de captura de carbono). Ordóñez (1999), señala que el CO₂ participa en la

composición de todas las estructuras necesarias para que el árbol pueda desarrollarse, por esta razón, es de suma importancia la presencia de este tipo de vegetación, ya que es capaz de transformarla en monóxido de carbono.

La *calidad del aire* disminuye por la explotación de bosques maderables, ya que la vegetación de los bosques es capaz de purificarlo (ver en las tablas 6.9, 6.10, 6.11 y 6.12 la columna de calidad del aire). Según el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (1995), la deforestación y la degradación forestal son factores importantes para el cambio climático global, puesto que producen emisiones netas de dióxido de carbono.

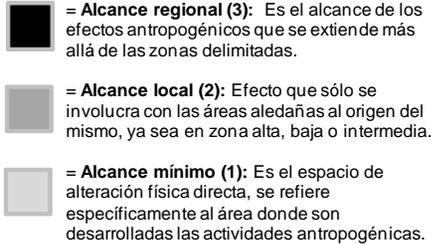
También el *microclima* es modificado al retirar la cobertura vegetal de los bosques (ver en las tablas 6.9, 6.10, 6.11 y 6.12 la columna de microclima); al respecto, Pastrana (2005) sostiene que los bosques estabilizan el clima de la temporada regional, ya que su follaje absorbe, intercepta y refleja los rayos del sol.

En la tabla 6.11 se tiene la matriz de impacto ambiental respecto al criterio de espacialidad, se tiene que

los servicios ambientales mayormente afectados, en lo que se refiere al alcance espacial, son los que tienen que ver con el recurso hídrico, ya que el manejo forestal inadecuado provoca que tanto la regulación de caudales como la retención de agua se modifique. De acuerdo con esta

matriz, la mayoría de los impactos tienen alcance en el sitio donde son generados, así mismo el 18% de los impactos tienen un alcance a nivel regional, como es el caso de la reforestación en la regulación de caudales y la retención hídrica, que es un impacto benéfico.

Tabla 6.11 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios del sector forestal en la microcuenca del río Pixquiac
Criterio analizado: **Espacialidad**

CRITERIO: ESPACIALIDAD 			Servicios Ambientales de las Cuencas Hidrológicas						Servicios Ambientales de los Bosques						Elementos de la Sociedad				
			Calidad de agua superficial	Calidad de agua subterránea	Regulación de caudales	Productividad acuática vegetal	Productividad acuática animal	Belleza escénica	Conservación de biodiversidad	Captura de Carbono	Calidad del aire	Microclima	Retención hídrica	Calidad del suelo	Estabilidad del suelo	Moldes culturales (estilo de vida)	Salud de la población	Seguridad de la población	Migración
Usuario: Forestal	Zona Alta	Explotación de bosques madereros			3			2	1	2	2	2	3			1			1
		Tala inmoderada			3			2	2	2		2	3		1	1		1	1
		Reforestación			3			2	2					1	1				1
		Monocultivo			2			1	1					1					
	Zona Media	Explotación de bosques madereros			3			1	2	2		2	3		1	1			1
		Tala inmoderada			3			1		2	2	2	3		1	1		1	1
		Reforestación			3			1	1	1			3		1	1			1
		Monocultivo			2			1	2					1		1			

Fuente: Menchaca y Alvarado; 2010. Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, ABCC

Así mismo, se tienen impactos adversos de alcance regional, como es el caso de la tala inmoderada en las zonas alta y media, que provoca que haya una menor retención hídrica, y por lo tanto, una menor disponibilidad de agua en la zona baja.

La *retención hídrica* en el suelo ha sido afectada debido a la extracción incontrolada de especies maderables, lo cual afecta incluso la disponibilidad de agua para los usuarios que habitan en zonas más bajas (ver Tabla 6.11 en la columna de retención hídrica). Pagiola et al. (2006) sostiene que los cambios en la cobertura forestal puede afectar la cantidad y la calidad de los flujos de agua, en este sentido, si un bosque es deforestado, se induce a la compactación del suelo, por lo tanto el escurrimiento aumentará, lo que ocasionaría que las capas freáticas no se recarguen lo suficiente, al mismo tiempo que provocan un mayor riesgo de inundación.

Respecto a la *estabilidad del suelo*, se tiene que al extraer productos maderables inmoderadamente se propicia la pérdida de suelo (ver en las tablas 6.9, 6.10, 6.11 y 6.12

la columna de estabilidad del suelo). De acuerdo con Pagiola (2006), la vegetación tiene efectos directos e indirectos que suele favorecer depósitos de sedimentos, lo que crea condiciones para la generación de suelos y sustratos. En lo que se refiere a la erosión, la tala inmoderada provoca el desgaste del suelo, Pagiola (2006) señala que 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, por tal motivo es prioritaria la conservación y preservación de los bosques.

En la Tabla 6.12 se tiene el análisis de los impactos ambientales respecto a la reversibilidad. Como se puede observar, la mayoría de los impactos provocados por la actividad forestal son irreversibles (alrededor del 70%), lo cual implica que se requiere de un mejor manejo de esta actividad, ya que los programas implementados no han dado resultados esperados, debido a que posiblemente haya desvío de recursos, o que no se les dé un seguimiento

conforme se requiere.

Tabla 6.12 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios del sector forestal en la microcuenca del río Pixquiác
Criterio analizado: **Reversibilidad**

CRITERIO: REVERSIBILIDAD  = Irreversible (3): Imposibilidad del ecosistema para retomar a su situación original de manera natural y sin necesidad de la intervención de la mano del hombre.  = Reversible (2): Posibilidad del ecosistema para recuperar sus características originales, sin la necesidad de la intervención del hombre.  = No Aplica (1): Este criterio no interviene respecto a los impactos en la sociedad ni en los impactos benéficos.			Servicios Ambientales de las Cuencas Hidrológicas						Servicios Ambientales de los Bosques						Elementos de la Sociedad				
			Calidad de agua superficial	Calidad de agua subterránea	Regulación de caudales	Productividad acuática vegetal	Productividad acuática animal	Belleza escénica	Conservación de biodiversidad	Captura de Carbono	Calidad del aire	Microclima	Retención hídrica	Calidad del suelo	Estabilidad del suelo	Moldes culturales (estilo de vida)	Salud de la población	Seguridad de la población	Migración
Usuario: Forestal	Zona Alta	Explotación de bosques madereros			2			3	3	2	2	3	2			1			1
		Tala inmoderada			3			3	3	3		3	3		3	1		1	1
		Reforestación			1			1	3					1	1				1
		Monocultivo			3			3	3				3						
	Zona Media	Explotación de bosques madereros			2			3	2	2	2	2		3	1				1
		Tala inmoderada			3			3		2	3	2	3		3	1		1	1
		Reforestación			1			1	1	1		1		1	1				1
		Monocultivo			3			3	3				3		1				

Fuente: Menchaca y Alvarado; 2010. Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, ABCC

5.3.3 Sociedad

Los aspectos de la sociedad que son afectados por la actividad forestal son: moldes culturales; seguridad de la

población; y economía local. A continuación se describen cada uno de estos.



En cuanto a los *moldes culturales*, los habitantes se han visto en la necesidad de derribar árboles para obtener beneficios económicos, lo cual implica que han abandonado actividades cotidianas que anteriormente realizaban (ver en las tablas 6.9, 6.10, 6.11 y 6.12 la columna de moldes culturales). Por ejemplo, las comunidades de la microcuenca solían aprovechar los recursos forestales, sin destruir los bosques, ya que les conferían un valor ambiental, cultural y espiritual. En la actualidad aún se rescata este tipo de costumbres ya que en la localidad de Los Capulines cada año se realiza la Danza del Sol, una expresión cultural en resistencia que se realiza desde la época prehispánica. Por otra parte, los programas de reforestación implementados por el gobierno han incentivado a que los habitantes tengan “una mejor conciencia” sobre la necesidad de preservar los ecosistemas; no obstante, la mayoría de sus beneficiarios no reciben los incentivos suficientes para seguir conservando o preservando sus bosques.

Respecto a la *seguridad de la población*, se observó que los habitantes de las localidades donde se lleva a cabo la extracción de especies maderables, se encuentran

vulnerables ante posibles accidentes generados al derribar árboles (Ver en las tablas 6.9, 6.10, 6.11 y 6.12 la columna de seguridad de la población).

La *Economía local*: La explotación de árboles beneficia económicamente a los habitantes de la población dedicados a esta actividad, ya que comercializan los productos maderables en otras zonas (ver en las tablas 6.9, 6.10, 6.11 y 6.12 la columna de economía local). También se ven beneficiados con los programas de reforestación, ya que el gobierno remunera cierta cantidad de dinero por área de superficie reforestada.



Figura 6.7 Especie de pino cultivado en la zona alta

En la Figura 6.7 se tiene una especie de pino introducida en la localidad de Mesa de Laurel en su fase inicial de desarrollo, se observa que el método de siembra no es el adecuado, ya que el espacio ocupado entre cada árbol no está a la distancia necesaria para que se desarrollen óptimamente, entre otros factores técnicos que no se cumplen

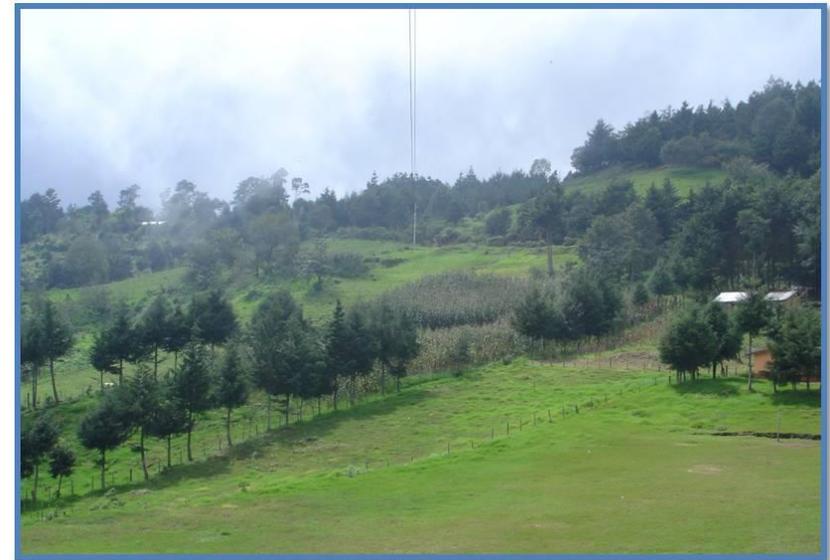


Figura 6.8 Manejo forestal en la zona media de la microcuenca

En la Figura 6.8 se observa el tipo de manejo forestal en la zona media de la microcuenca, donde ciertas fracciones boscosas aún no recuperan sus condiciones naturales ni su densidad de vegetación.

En términos generales, se identificaron un total de 61 impactos provocados por la actividad forestal, de los cuales el 28% son benéficos, mientras que el 72% de estos son adversos. Es importante señalar que del total de los impactos adversos, el 65.6% son permanentes, el 41% son impactos que involucran áreas aledañas desde donde se

originan. Es relevante remarcar que la mayoría de los impactos adversos son irreversibles, es decir, el ecosistema no es capaz de revertir el 70% de los impactos provocados por los usuarios forestales (ver tablas 6.9, 6.10, 6.11 y 6.12).

Lo anterior, significa que la actividad de manejo forestal requiere de una gestión más eficaz, en la que se permita un aprovechamiento de las especies maderables sin dañar los servicios brindados por las cuencas y los bosques, ya que de acuerdo a los que se refleja en los resultados, la mayoría de los impactos perturban adversamente a los ecosistemas, casi la mitad de estos permanecen durante un periodo prolongado de tiempo, e involucran espacios más allá de donde son generados estos impactos, además de que son, en su mayoría irreversibles.

6.4 Actividad de Acuicultura

Se identificó, por medio de las encuestas aplicadas a los usuarios del agua del sector de acuicultura, que se encargan de criar la trucha *arcoíris*, que es una especie inducida que transportan desde el Estado de México o de otros sitios donde la temperatura del agua es aún más baja que la de la región de la microcuenca del río Pixquiac.

La situación respecto a las concesiones de agua que necesariamente deben ser cedidas por la Comisión Nacional del Agua aún está en trámite para la mayoría de los casos de los productores truchícolas. Se tiene un estimado de la cantidad de agua que desvían para los fines de esta actividad: en la zona media se extrae un promedio de 182,500 m³/año; mientras que en la zona baja se extraen alrededor de 292,000 m³/año por cada productor. Es importante señalar que los habitantes que se dedican a esta actividad, están organizados y realizan continuamente reuniones, donde se les capacita para alimentar a las truchas, y también tratan aspectos relacionados con la limpieza de los estanques con la finalidad de evitar

incidencias negativas en el entorno ecológico.

Los efectos antropogénicos provocados por la actividad de acuicultura en la microcuenca de Río Pixquiac se explican a continuación. Es necesario mencionar que esta actividad es llevada a cabo en las tres zonas de la microcuenca, sin embargo el estudio sólo se llevo a cabo en la zona baja y media debido a dificultades para contactar a las personas dedicadas a esta actividad en la zona alta.

En primer lugar se identificaron los impactos de esta actividad en los servicios ambientales proporcionados por las cuencas hidrológicas y por los bosques, así como los impactos en algunos aspectos en la sociedad. Se tiene como resultado las matrices de impacto ambiental en las tablas 6.13, 6.14, 6.15 y 6.16, donde se analiza cada impacto de acuerdo a su intensidad, temporalidad, espacialidad y reversibilidad (ver página 89). Cabe destacar que se puntualiza específicamente en los impactos benéficos y adversos que se consideran más significativos respecto a los criterios previamente señalados.

6.4.1 Servicios ambientales proporcionados por las cuencas hidrológicas afectados por la actividad de acuacultura

Los servicios ambientales proporcionados por la microcuenca que son afectados por la actividad de acuacultura son: calidad de agua superficial; regulación de caudales; productividad acuática vegetal y animal; y belleza escénica, mismos que se analizan a continuación.

Respecto a la *calidad del agua superficial*, se determinó que en los estanques destinados al cultivo de truchas se suministran alimentos con cantidades elevadas de proteínas, los residuos de este tipo de alimento se descargan en la corriente del río. Esto altera la composición química del agua (ver en las tablas 6.13, 6.14, 6.15 y 6.16 la columna de calidad del agua); al respecto, López (2007), señala que los efluentes de una piscifactoría tienen tres elementos contaminantes: partículas en suspensión, demanda biológica de oxígeno (DBO), y sustancias químicas residuales de los tratamientos de las enfermedades de los peces, dichos elementos alteran al ecosistema hídrico en cierta medida; asimismo, el

embalsado de agua en los estanques implica una mayor exposición solar, y por tanto, un incremento en la temperatura, lo que modifica las características físicas naturales del agua que se reincorpora a la corriente superficial.

La *regulación de caudales* se altera ya que se extrae del río desde 400 hasta 800 m³ de agua al día, que modifica la disponibilidad del recurso para el ecosistema acuático (ver en las tablas 6.13, 6.14, 6.15 y 6.16 la columna de regulación de caudales), López et al. (2007) señala que la presencia de la instalación produce una modificación de las variables del agua, ya que al modificarse el sustrato por donde escurre el agua, se modifican las condiciones del hábitat.

En cuanto a la *productividad acuática vegetal*, el suministro de alimentos y cierto tipo de fármacos, o la disposición de compuestos de sal para el control de enfermedades, alteran la calidad del agua, y por lo tanto el desarrollo de especies vegetales acuáticas (ver en las tablas 6.13, 6.14, 6.15 y 6.16 la columna de productividad acuática vegetal).

En la Tabla 6.13 se tiene la matriz de impacto ambiental de la actividad de acuacultura respecto a su intensidad. Se observa que la regulación de caudales es el aspecto que principalmente es afectado por la crianza de

truchas, ya que es indispensable extraer una cantidad considerable de agua directamente de las corrientes superficiales.

Tabla 6.13 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios en acuacultura en la microcuenca del río Pixquiac
Criterio analizado: **Intensidad**

CRITERIO: INTENSIDAD Formado por dos variables: Caracter y Magnitud; el Carácter se refiere a la naturaleza de la perturbación en el ecosistema, es decir benéfico (+) o adverso (-). El criterio de magnitud se refiere a: ■ = Impacto Muy Alto (4) : Perturbación que provoca un cambio en una población entera por varias generaciones. ■ = Impacto Alto (3) : Afecta una parte de la integridad del ecosistema sin afectar totalmente su integridad. ■ = Impacto Medio(2) : Afecta a un grupo específico en un área localizada, sin afectar a otros grupos tróficos. ■ = Impacto Bajo(1) : Afecta a un grupo específico de individuos en un área localizada, ejerce un efecto similar al azar y no es medible sobre la población.			Servicios Ambientales de las Cuencas Hidrológicas						Servicios Ambientales de los Bosques						Elementos de la Sociedad				
			Calidad de agua superficial	Calidad de agua subterránea	Regulación de caudales	Productividad acuática vegetal	Productividad acuática animal	Belleza escénica	Conservación de biodiversidad	Captura de Carbono	Calidad del aire	Microclima	Retención hídrica	Calidad del suelo	Estabilidad del suelo	Moldes culturales (estilo de vida)	Salud de la población	Seguridad de la población	Migración
Usuario: Acuacultura	Zona Media	Método de crianza	-1		-3	-1	-1	-1	-1					-1					+4
		Sustancias químicas utilizadas para la alimentación o enfermedades	-1			-1	-1								-1				
		Introducción de especies no nativas					-1		-1						-1				-2
		Modificación del patrón de corriente			-3			-1					-1						-1
	Zona Baja	Método de crianza	-1		-3	-1	-1	-1	-1					-1	-3				+4
		Sustancias químicas utilizadas para la alimentación o enfermedades	-2			-1	-1		-1										-2
		Introducción de especies no nativas					-2		-1						-1				-2
		Modificación del patrón de corriente			-3			-1					-1		-3				-1

Fuente: Menchaca y Alvarado; 2010. Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, ABCC

En la Tabla 6.14 se tiene el análisis de los impactos ambientales respecto a su alcance temporal, donde se determina que los servicios ambientales mayormente afectados en la escala del tiempo son tanto la belleza

escénica como la calidad del suelo, ya que el tiempo de vida útil de los estanques para la crianza de truchas es prolongado debido a que se utilizan materiales de construcción que perduran un largo plazo de tiempo.

Tabla 6.14 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios en acuicultura en la microcuenca del río Pixquiac
Criterio analizado: **Temporalidad**

CRITERIO: TEMPORALIDAD  = Impacto permanente (3): Efecto que persiste en un periodo de tiempo prolongado, se considera al rededor de 20 años.  = Impacto temporal a mediano plazo (2): Efecto que comprende un lapso de tiempo desde su generación hasta un periodo de cinco años.  = Impacto temporal a corto plazo (1): Efecto que comprende un periodo de duración de aproximadamente un año.			Servicios Ambientales de las Cuencas Hidrológicas						Servicios Ambientales de los Bosques					Elementos de la Sociedad						
			Calidad de agua superficial	Calidad de agua subterránea	Regulación de caudales	Productividad acuática vegetal	Productividad acuática animal	Belleza escénica	Conservación de biodiversidad	Captura de Carbono	Calidad del aire	Microclima	Retención hídrica	Calidad del suelo	Estabilidad del suelo	Moldes culturales (estilo de vida)	Salud de la población	Seguridad de la población	Migración	Economía local
Usuario: Acuicultura	Zona Media	Método de crianza	2		3	2	2	3	3					3		2			2	
		Sustancias químicas utilizadas para la alimentación o enfermedades	2			1	1								1					
		Introducción de especies no nativas					2		3						2				3	
		Modificación del patrón de corriente			3			3					3						1	
	Zona Baja	Método de crianza	2		2	2	2	3	3					3		3			3	
		Sustancias químicas utilizadas para la alimentación o enfermedades	2			1	1		1										1	
		Introducción de especies no nativas					2		3						3				3	
		Modificación del patrón de corriente			3			3					3		3				1	

Fuente: Menchaca y Alvarado; 2010. Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, ABCC

En la Tabla 6.15 se tiene la matriz de impacto ambiental en cuanto a los alcances en la escala espacial, en



donde se observa que la mayoría tienen un alcance *in-situ*, es decir, que afectan directamente al lugar donde se desarrolla esta actividad.

Tabla 6.15 Matriz de evaluación de impactos ambientales de los usuarios en acuicultura en la microcuenca del río Pixquiac
Criterio analizado: **Espacialidad**

CRITERIO: ESPACIALIDAD			Servicios Ambientales de las Cuencas Hidrológicas						Servicios Ambientales de los Bosques						Elementos de la Sociedad				
			Calidad de agua superficial	Calidad de agua subterránea	Regulación de caudales	Productividad acuática vegetal	Productividad acuática animal	Belleza escénica	Conservación de biodiversidad	Captura de Carbono	Calidad del aire	Microclima	Retención hídrica	Calidad del suelo	Estabilidad del suelo	Moldes culturales (estilo de vida)	Salud de la población	Seguridad de la población	Migración
Usuario: Acuicultura	Zona Media	Método de crianza	2		1	2	2	1	2					1					1
		Sustancias químicas utilizadas para la alimentación o enfermedades	1			1	1								1				
		Introducción de especies no nativas					2		2						2				1
		Modificación del patrón de corriente			1			1					1						1
	Zona Baja	Método de crianza	1		1	1	1	1	1				1		1				1
		Sustancias químicas utilizadas para la alimentación o enfermedades	1			1	1		1										1
		Introducción de especies no nativas					1		1						1				1
		Modificación del patrón de corriente			2			1					1		1				1

Fuente: Menchaca y Alvarado; 2010. Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, ABCC

La *productividad acuática animal* también se altera por esta actividad, en cuanto al desarrollo de especies

animales debido a las modificaciones en las características fisicoquímicas del agua (ver en las tablas 6.13, 6.14, 6.15 y 6.16 la columna de productividad acuática animal). También existe un riesgo de infecciones a las poblaciones naturales del río en donde se descargan los residuos de la cría de truchas (López et al., 2007). Otro riesgo es la entrada de individuos de crianza hacia las poblaciones naturales, ya que según Baskin (2003), la introducción de especies exóticas puede contribuir a la extinción de especies nativas, modificar severamente las redes tróficas y alterar los procesos ecológicos.

En cuanto a la *belleza* escénica, los estanques son colocados a un costado de la corriente natural y por lo general, se establecen junto con los restaurantes para su explotación comercial, lo cual implica una modificación en el paisaje natural del ecosistema (ver en las tablas 6.13, 6.14, 6.15 y 6.16 la columna de belleza escénica).

6.4.2 Servicios ambientales proporcionados por los bosques afectados por la actividad de acuacultura

Los servicios ambientales suministrados por los bosques que son afectados por la actividad de acuacultura son: conservación de la biodiversidad y calidad del suelo.

En los que se refiere a la *conservación de la biodiversidad*, la introducción accidental de truchas arcoiris en el flujo natural del agua, puede provocar que los nutrientes o características necesarias para la reproducción de las especies nativas sean alterados (ver en las tablas 6.13, 6.14, 6.15 y 6.16 la columna de conservación de la biodiversidad). De acuerdo con la FAO (1994), esto se debe a la competencia con las especies introducidas y a sus actividades depredadoras.

Se encontró que la modificación de la *calidad del suelo* es una de las principales incidencias que afectan sobre el entorno, ya que es necesaria la excavación del suelo para la construcción de los estanques (ver en las tablas 6.13, 6.14, 6.15 y 6.16 la columna de calidad del suelo), lo cual, según López et al. (2007), modifica el perfil

del suelo, reduce su densidad, permeabilidad y capacidad de infiltración.

que la belleza escénica es el servicio ambiental que tiene menores posibilidades de recuperar sus características originales.

En la Tabla 6.16 se tiene la matriz de impacto ambiental respecto al criterio de reversibilidad, se observa

Tabla 6.16 Matriz de evaluación de impactos ambientales de usuarios en acuacultura en la microcuenca del río Pixquiac
Criterio analizado: **Reversibilidad**

		CRITERIO: REVERSIBILIDAD	Servicios Ambientales de las Cuencas Hidrológicas						Servicios Ambientales de los Bosques					Elementos de la Sociedad								
			Calidad de agua superficial	Calidad de agua subterránea	Regulación de caudales	Productividad acuática vegetal	Productividad acuática animal	Belleza escénica	Conservación de biodiversidad	Captura de Carbono	Calidad del aire	Microclima	Retención hídrica	Calidad del suelo	Estabilidad del suelo	Moldes culturales (estilo de vida)	Salud de la población	Seguridad de la población	Migración	Economía local		
Usuario: Acuacultura	Zona Media	Método de crianza	2		3	2	2	3	3						3		1				1	
		Sustancias químicas utilizadas para la alimentación o enfermedades	2			2	2									1						
		Introducción de especies no nativas					2		3							1						1
		Modificación del patrón de corriente			3			3						3								1
	Zona Baja	Método de crianza	2		2	2	2	3	3						3		1					1
		Sustancias químicas utilizadas para la alimentación o enfermedades	2			2	2		2													1
		Introducción de especies no nativas					2		3							1						1
		Modificación del patrón de corriente			3			3						3		1						1

Fuente: Menchaca y Alvarado; 2010. Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, ABCC



6.4.3 Sociedad

Los aspectos del medio socioeconómico que son impactados por la actividad de acuacultura son: moldes culturales y economía local.

Respecto a los *moldes culturales*, se tiene que en las zonas alta y media se han desarrollado nuevas actividades económicas como es el caso de la acuacultura. Si bien tiene beneficios a nivel económico, la población no tiene experiencia para esta nueva actividad, por lo que no se lleva a cabo con métodos que eviten la afectación de los ecosistemas (ver en las tablas 6.13, 6.14, 6.15 y 6.16 la columna de moldes culturales).

La *economía local* de los habitantes que se dedican a la cría de truchas es un aspecto que se considera como positivo (ver en las tablas 6.13, 6.14, 6.15 y 6.16 la columna de economía local), ya que son beneficiados económicamente, así que es un medio de subsistencia viable siempre y cuando se evite el impacto en el entorno ecológico.

En la Figura 6.9 se tiene el estanque dedicado a la cría de truchas en la zona media de la microcuenca, se observa que está abandonado ya que no se le ha dado el mantenimiento necesario para su funcionamiento debido a que el responsable de este establecimiento no tiene los recursos económicos suficientes para adquirir el alimento de esta especie piscícola.



Figura 6.9 Estanque para criadero de truchas en la zona media

En la zona baja se tiene una mayor productividad truchícola debido a que el acceso a la localidad donde se desempeña esta actividad es más fácil. En la Figura 6.10 se observa que se tiene que desviar el flujo natural del agua.

En resumen, se identificaron un total de 44 impactos provocados por la actividad de acuicultura, de los cuales sólo el 5% son benéficos, mientras que el 95% de estos son adversos. El 48% de los impactos adversos son permanentes en los ecosistemas, mientras que el 82% son impactos que sólo afectan directamente el sitio donde se lleva a cabo esta actividad; no obstante, cabe destacar que la mayoría de los impactos adversos es irreversible (el 48%) (Ver tablas 6.13, 6.14, 6.15 y 6.16).

De acuerdo con lo anterior, se determina que los usuarios del agua del sector de acuicultura afectan principalmente los servicios ambientales que proporcionan las cuencas hidrológicas, ya que a pesar que la mayoría de los impactos sólo afectan el sitio donde son generados, la recuperación de los ecosistemas es a un largo plazo.

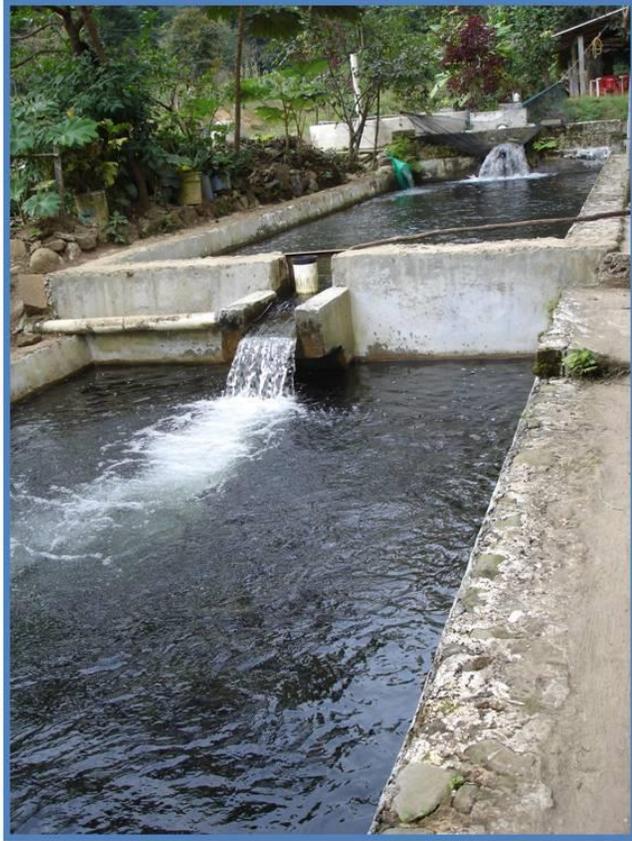


Figura 6.10 Estanque criadero de truchas en la zona baja

6.5 Actividad industrial

A continuación se presentan y analizan los resultados de los efectos antropogénicos provocados por los usuarios industriales en la microcuenca del río Pixquiac. Cabe mencionar que el análisis de las afectaciones de esta actividad se llevó a cabo solamente en la zona baja, ya que es la única en donde se identificó este tipo de actividad.

Se señalan los impactos ambientales identificados y se describen sus efectos, la descripción se presenta de acuerdo a los servicios ambientales que proporcionan las cuencas hidrológicas y los bosques, y por último respecto a las afectaciones a la sociedad. También se presentan las matrices de impacto ambiental de la actividad industrial en la zona alta, media y baja, en las tablas 6.17, 6.18, 6.19 y 6.20. Cabe mencionar que se puntualizan los impactos adversos y benéficos que se consideran más significativos respecto a criterios de evaluación utilizados (ver página 89).

6.5.1 Servicios ambientales proporcionados por las cuencas hidrológicas afectados por la actividad industrial

Los servicios ambientales de la microcuenca que son

alterados por la actividad industrial son: calidad de agua superficial; regulación de caudales; productividad acuática animal y vegetal; y belleza escénica.

Respecto a la *calidad de agua superficial*, se detectaron descargas de aguas residuales provenientes de empresas dedicadas a la producción de lácteos, refresqueras y beneficios de café. Cabe señalar que también se detectó que hace 9 años aproximadamente, operaba una empresa de jugos, que descargaba sus residuos directamente en el río, por este motivo el recurso hídrico está degradado, ya que sus características fisicoquímicas y biológicas han sido alteradas, y se observa que sólo en la temporada de lluvias es cuando el río parece recuperar sus características (ver en las tablas 6.17, 6.18, 6.19 y 6.20 la columna de calidad de agua superficial). De acuerdo con Marsily (2003), los desechos industriales contienen elementos tóxicos que provocan una serie de efectos adversos en las fuentes hídricas.

En cuanto a la *regulación de caudales*, algunas empresas en esta zona extraen cantidades significativas de agua de pozos profundos, ya que requieren de grandes

volúmenes del recurso para abastecer sus necesidades, porque la utilizan como materia prima de su proceso (ver en las tablas 6.17, 6.18, 6.19 y 6.20 la columna de regulación de caudales). Según Echarri (1998) la explotación incorrecta de los acuíferos provoca el agotamiento del mismo e incluso su contaminación, este proceso se agrava por el reconocimiento tardío de su deterioro ya que el problema puede tardar en hacerse evidente.

En la Tabla 6.17 se tiene la matriz de impacto ambiental de los usuarios industriales del agua respecto al criterio de intensidad, donde se puede observar que la descarga de aguas residuales con residuos tóxicos es la actividad que impacta de manera más significativa los servicios ambientales proporcionados por la microcuenca.

Tabla 6.17 Matriz de evaluación de impactos ambientales de usuarios del sector industrial en la microcuenca del río Pixquiac
Criterio analizado: **Intensidad**

CRITERIO: INTENSIDAD Formado por dos variables: Caracter y Magnitud; el Carácter se refiere a la naturaleza de la perturbación en el ecosistema, es decir benéfico (+) o adverso (-). El criterio de magnitud se refiere a:  = Impacto Muy Alto (4): Perturbación que provoca un cambio en una población entera por varias generaciones.  = Impacto Alto (3): Afecta una parte de la integridad del ecosistema sin afectar totalmente su integridad.  = Impacto Medio (2): Afecta a un grupo específico en un área localizada, sin afectar a otros grupos tróficos.  = Impacto Bajo (1): Afecta a un grupo específico de individuos en un área localizada, ejerce un efecto similar al azar y no es medible sobre la población.			Servicios Ambientales de las Cuencas Hidrológicas						Servicios Ambientales de los Bosques						Elementos de la Sociedad				
			Calidad de agua superficial	Calidad de agua subterránea	Regulación de caudales	Productividad acuática vegetal	Productividad acuática animal	Belleza escénica	Conservación de biodiversidad	Captura de Carbono	Calidad del aire	Microclima	Retención hídrica	Calidad del suelo	Estabilidad del suelo	Moldes culturales (estilo de vida)	Salud de la población	Seguridad de la población	Migración
Usuario: Industrial	Zona Baja	Explotación de acuíferos		-1	-3														
		Descarga de aguas residuales con residuos tóxicos	-4		-3	-4	-4	-4	-3		-3	-2			-3	-3	-1		
		Derrames y escapes	-2		-1	-2	-2	-3	-2		-3	-2			-2				



Fuente: Menchaca y Alvarado; 2010. Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, ABCC

En la Tabla 6.18 se tiene la matriz de impacto ambiental respecto al alcance temporal de los impactos identificados de la actividad industrial, se puede observar que la mayoría de los impactos tienen un efecto prolongado en el tiempo(72%), debido a que las descargas industriales son continuas y de concentraciones tóxicas. Cuestión que

afecta también a los servicios ambientales que proporcionan los bosques, ya que se provocan alteraciones en la conservación de la biodiversidad, malos olores y la población se ve afectada en cuanto a salud, seguridad y sus costumbres.

Tabla 6.18 Matriz de evaluación de impactos ambientales de usuarios del sector industrial en la microcuenca del río Pixquiac
Criterio analizado: **Temporalidad**

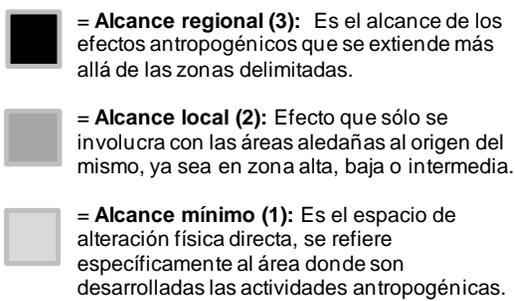
CRITERIO: TEMPORALIDAD			Servicios Ambientales de las Cuencas Hidrológicas						Servicios Ambientales de los Bosques						Elementos de la Sociedad				
			Calidad de agua superficial	Calidad de agua subterránea	Regulación de caudales	Productividad acuática vegetal	Productividad acuática animal	Belleza escénica	Conservación de biodiversidad	Captura de Carbono	Calidad del aire	Microclima	Retención hídrica	Calidad del suelo	Estabilidad del suelo	Moldes culturales (estilo de vida)	Salud de la población	Seguridad de la población	Migración
Usuario: Industrial	Zona Baja	Explotación de acuíferos		3	3														
		Descarga de aguas residuales con residuos tóxicos	3		3	3	3	3	3		3	3			3	3	3		
		Derrames y escapes	2		2	3	3	1	3		1	1			1				

Fuente: Menchaca y Alvarado; 2010. Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, ABCC

En la Tabla 6.19 se tiene la matriz de impacto ambiental respecto al alcance territorial de las actividades industriales, donde se observa que los servicios ambientales que proporcionan las cuencas hidrológicas son los más

afectados en la escala espacial, ya que el agua es un medio transportador debido al ciclo hidrológico, es así que a través de la escorrentía de las fuentes superficiales, los impactos provocados por la actividad industrial tienen una incidencia más allá de donde el impacto fue generado.

Tabla 6.19 Matriz de evaluación de impactos ambientales de usuarios del sector industrial en la microcuenca del río Pixquiac
Criterio analizado: **Espacialidad**

CRITERIO: ESPACIALIDAD 			Servicios Ambientales de las Cuencas Hidrológicas						Servicios Ambientales de los Bosques						Elementos de la Sociedad				
			Calidad de agua superficial	Calidad de agua subterránea	Regulación de caudales	Productividad acuática vegetal	Productividad acuática animal	Belleza escénica	Conservación de biodiversidad	Captura de Carbono	Calidad del aire	Microclima	Retención hídrica	Calidad del suelo	Estabilidad del suelo	Moldes culturales (estilo de vida)	Salud de la población	Seguridad de la población	Migración
Usuario: Industrial	Zona Baja	Explotación de acuíferos		1	1														
		Descarga de aguas residuales con residuos tóxicos	3		3	3	3	2	2		2	2			2	2	1		
		Derrames y escapes	2		2	2	2	2	2		2	2			1				

Fuente: Menchaca y Alvarado; 2010. Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, ABCC



La *productividad acuática vegetal* ha sido modificada totalmente, ya que las características actuales del río en la zona baja impiden su desarrollo adecuado (ver en las tablas 6.17, 6.18, 6.19 y 6.20 la columna de productividad acuática vegetal). El exceso de las descargas de materiales tóxicos en las corrientes superficiales provocan que las características físicas y químicas, donde se desarrollaban las plantas, se modifiquen, por tal motivo el tipo de flora acuática en la zona baja a cambiado.

También se establece que la *productividad acuática animal* ha sido perturbada (ver en las tablas 6.17, 6.18, 6.19 y 6.20 la columna de productividad acuática animal), se puede determinar que ya no existen las especies animales que habitaban en el ecosistema antes de ser modificado ya que Marsily (2003) señala que la modificación que provoca

el sector industrial en las corrientes superficiales provoca la mortalidad de la fauna o, por otro lado, la fauna es contaminada tóxicamente y sobrevive con animales que presentan numerosas anomalías fisionómicas y genéticas.

Respecto a la *belleza escénica*, se observó que el río se ha deteriorado a tal grado, que ya no se puede considerar como un atractivo visual, también genera malos olores, sobre todo en temporadas de seca (ver en las tablas 6.17, 6.18, 6.19 y 6.20 la columna de belleza escénica).

6.5.2 Servicios ambientales proporcionados por los bosques afectados por la actividad industrial

Los principales servicios ambientales suministrados por los bosques que son afectados por la actividad industrial son: conservación de la biodiversidad; calidad del aire; y microclima. A continuación se señalan los impactos de la actividad sobre éstos así como los efectos que se desencadenan.

La *conservación de la biodiversidad* ha sido degradada debido al desarrollo industrial, ya que se han establecido asentamientos urbanos (ver en las tablas 6.17,

6.18, 6.19 y 6.20 la columna de conservación de la biodiversidad), UNESCO (2009) señala que el cambio de uso de suelo en superficies impermeables como calles, manzanas, lotes habitacionales, etc. incrementan la velocidad de flujo del agua, acarreando contaminantes a los sistemas fluviales degradando la calidad del agua y desplazan la vegetación original del sitio con las especies que albergaba.

En la Tabla 6.20 se analizan los impactos ambientales respecto a la capacidad del ecosistema para recuperar sus características originales de manera natural, se tiene que la mayoría de los impactos provocados por la actividad industrial son irreversibles (73%). Se puede observar que los servicios ambientales que proporciona la microcuenca son los más degradados, debido principalmente a la descarga de aguas residuales con residuos tóxicos y a la sobreexplotación de acuíferos.

Tabla 6.20 Matriz de evaluación de impactos ambientales de usuarios del sector industrial en la microcuenca del río Pixquiac
Criterio analizado: **Reversibilidad**

CRITERIO: REVERSIBILIDAD  = Irreversible (3): Imposibilidad del ecosistema para retornar a su situación original de manera natural y sin necesidad de la intervención de la mano del hombre.  = Reversible (2): Posibilidad del ecosistema para recuperar sus características originales, sin la necesidad de la intervención del hombre.  = No Aplica (1): Este criterio no interviene respecto a los impactos en la sociedad ni en los impactos benéficos.			Servicios Ambientales de las Cuencas Hidrológicas						Servicios Ambientales de los Bosques						Elementos de la Sociedad				
			Calidad de agua superficial	Calidad de agua subterránea	Regulación de caudales	Productividad acuática vegetal	Productividad acuática animal	Belleza escénica	Conservación de biodiversidad	Captura de Carbono	Calidad del aire	Microclima	Retención hídrica	Calidad del suelo	Estabilidad del suelo	Moldes culturales (estilo de vida)	Salud de la población	Seguridad de la población	Migración
Usuario: Industrial	Zona Baja	Explotación de acuíferos		3	3														
		Descarga de aguas residuales con residuos tóxicos	3		3	3	3	3		3	3			1	1	1			
		Derrames y escapes	2		2	3	3	2	3		2	2		1					

Fuente: Menchaca y Alvarado; 2010. Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, ABCC

llevar una gran cantidad de compuestos combinados, lo que causa intensidades de olor o desarrollar olores que no pueden percibirse de las sustancias individuales.

Respecto a la *calidad del aire*, se percibe que el río despiden malos olores (ver en las tablas 6.17, 6.18, 6.19 y 6.20 la columna de calidad del aire), principalmente en las temporadas con menor presencia de lluvias. En la Norma Oficial Mexicana 083 emitida en 1982 de la SEMARNAT se establece que los efluentes de agua contaminada pueden

El *microclima* en la zona baja presenta modificaciones debido al desplazamiento de especies vegetales y animales (ver en las tablas 6.17, 6.18, 6.19 y 6.20 la columna de microclima). Testimonios de los habitantes de la localidad de La Orduña municipio de



Coatepec señalan que el patrón de lluvias y su intensidad es distinta hacia décadas atrás, también mencionaron que la temporada de sequía se ha prolongado o retrasado del mes de mayo hasta septiembre con el paso del tiempo.

6.4.3 Sociedad

Los aspectos de la sociedad que son alterados debido a la actividad industrial en la zona baja de la microcuenca del Río Pixquiac son: moldes culturales; salud de la población; y seguridad de la población.

Los *moldes culturales* de los habitantes de la zona han sido modificados intensamente, sobre todo en la localidad urbana de La Orduña, ya que algunos han modificado su estilo de vida, para trabajar como obreros en las empresas que están en las inmediaciones de su localidad (ver en las tablas 6.17, 6.18, 6.19 y 6.20 la columna de moldes culturales). Por otro parte, anteriormente el río se utilizaba con fines de recreación, pero en la actualidad ya no pueden llevarse a cabo estas actividades debido al mal aspecto que presenta el río.

Respecto a la *salud de la población*, existe un alto

riesgo de enfermedades por la baja calidad del agua que presenta el río debido a la aportación de aguas residuales de origen industrial y doméstico, principalmente (ver en las tablas 6.17, 6.18, 6.19 y 6.20 la columna de salud de la población). De acuerdo con Pinedo (2009), la contaminación por olores es una de las formas de deterioro de la calidad de vida de los vecinos de las viviendas cercanas a la fuente de emisión.

La *seguridad de la población* se presenta vulnerable, ya que se vierten aguas residuales de la actividad industrial dedicada a la producción de refrescos, sobre todo en temporadas de lluvia, a través de un canal que pasa forzosamente por un puente que es el único acceso a la localidad de La Orduña. Esto provoca que haya accidentes automovilísticos por el desgaste del material del camino provocado por los residuos industriales, o la caída hacia el río de los habitantes de esta localidad ya que estos vertidos los obligan a pasar por alguna de las orillas de dicho puente.

En la Figura 6.11 se observa el estado actual del acceso principal de la localidad La Orduña, provocado entre otras cosas, por al vertido de aguas pluviales de la industria

de refrescos ubicada en la localidad. De acuerdo con testimonios de los habitantes, se asegura que este tipo de aguas pasa por el puente constantemente, sobre todo en temporada de lluvias; sin embargo, se señala que la industria cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales y sistema de drenaje.

El impacto ambiental de la actividad industrial se resume de la siguiente manera: se identificaron en total 22

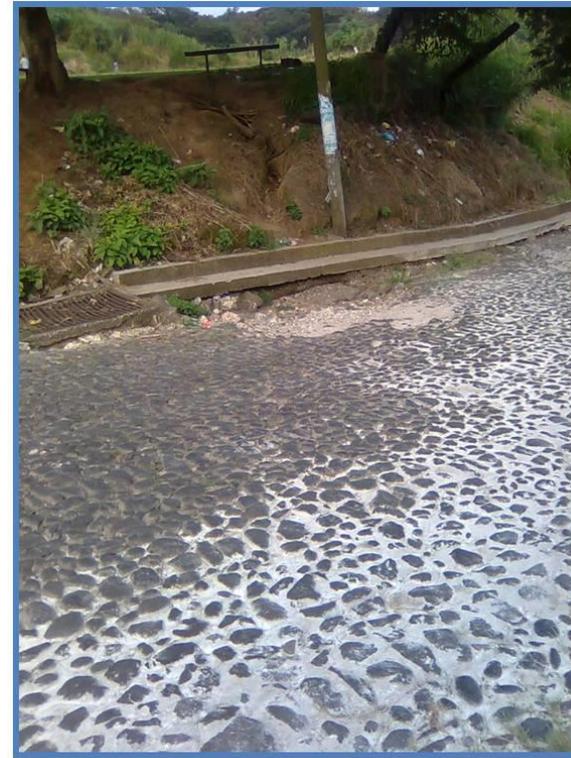


Figura 6.11 Deterioro del acceso principal de la Localidad La Orduña, Coatepec

impactos, considerados todos como adversos y la mayoría de alto impacto; el 72% de éstos son permanentes, es decir que perduran durante un lapso de tiempo prolongado; el 18% tienen sólo un alcance regional, es decir, que perturba ecosistemas más allá de donde fueron generados; por

último, el 72% de los impactos adversos son irreversibles, así que es necesaria la intervención del hombre para mitigar sus efectos.

Es importante señalar que la actividad industrial es la que más afecta los recursos hidrológicos respecto a su calidad, de manera que es un aspecto que debe considerarse como atención inmediata para su resolución por que los servicios ambientales que proporciona tanto los bosques como las cuencas así como la misma sociedad, están sufriendo de los efectos que provoca el mal manejo de los residuos industriales.

6.6 Actividad Doméstica

De acuerdo con los datos obtenidos de las encuestas aplicadas en la microcuenca del Pixquiac, se tiene lo siguiente respecto a los usuarios del agua del sector doméstico. La disponibilidad del agua en las casas es variable, depende de la temporada del año; además de que en algunas ocasiones se percibe limpia y en otras, se percibe turbia. Los habitantes de la microcuenca, califican al servicio de agua como regular a malo en la zona alta y media; además, aseguran que cuando hay un problema en relación con el agua, como es el caso de una fuga, son los mismos habitantes de la localidad quienes deben encargarse de darle el mantenimiento necesario. Por otro lado, en la zona baja califican al servicio de agua como bueno o regular, y la mayoría de los habitantes dice que la atención a fugas es de manera inmediata.

La descarga de aguas servidas se hace, por lo general, utilizando fosas sépticas o letrinas secas en el caso de la zona alta y media; respecto a la zona baja se cuenta con servicio de drenaje, pero a pesar de esto, el agua es

vertida en las corrientes de agua superficial.

En la Figura 6.12 se tiene un análisis respecto al origen del agua que llega a las viviendas, así como escases del agua en el hogar, en la microcuenca del Pixquiac. Se observa que por lo general, los habitantes toman el agua directamente de las fuentes naturales, sin tener de por medio un proceso de potabilización; mientras que en la zona baja, algunos si cuentan con este servicio de tratamiento previo. También se puede observar que la mayoría de los habitantes sufre de escases de agua en las temporadas secas del año.

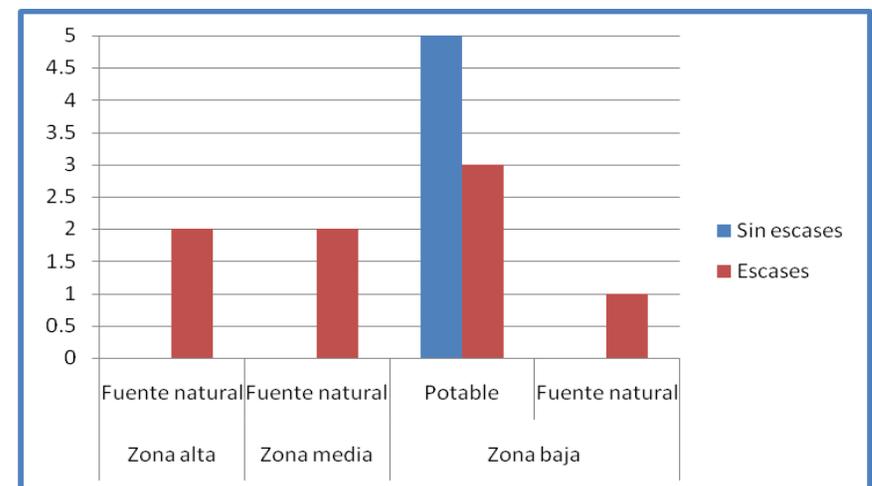


Figura 6.12 Origen del agua que llega a las viviendas y escasas en el hogar en la microcuenca del Pixquiac.

Los efectos antropogénicos provocados por los quehaceres cotidianos de la actividad doméstica en la microcuenca del río Pixquiac se describen a continuación. Estos se presentan de acuerdo a las afectaciones en los servicios ambientales que proporcionan las cuencas hidrológicas y los bosques, así como las afectaciones en la misma sociedad. Es necesario señalar que se puntualizan los impactos benéficos y adversos que se consideran más significativos respecto a los criterios de evaluación utilizados (ver página 89). En las tablas 6.21, 6.22, 6.23 y 6.24 se muestran las matrices de impacto ambiental de esta actividad en las zonas alta, media y baja.

6.6.1 Servicios ambientales proporcionados por las cuencas hidrológicas afectados por la actividad doméstica

Los servicios ambientales de la microcuenca que son afectados por la actividad doméstica son: calidad de agua superficial; productividad acuática vegetal; productividad

acuática animal; y belleza escénica.

La *calidad de agua superficial* es alterada, sobre todo en la zona baja donde se aprecia que las características naturales del agua han sido modificadas adversamente de forma significativa (ver en las 6.21, 6.22, 6.23 y 6.24 la columna de calidad de agua superficial), debido a la descarga en las corrientes superficiales de aguas residuales que contienen materia orgánica, grasas, aceites, nitratos y fosfatos, provocan perturbaciones en las condiciones químicas, físicas y biológicas de los cuerpos de agua superficiales de la microcuenca (De la Osa, 2003).

En cuanto a la *calidad de agua subterránea*, en la zona alta y media se utilizan canales en el suelo, fosas sépticas y letrinas secas como medio de disposición de residuos sanitarios, lo cual por el arrastre del agua de lluvia se filtra en el subsuelo y provoca que se contaminen los mantos acuíferos (ver en las tablas 6.21, 6.22, 6.23 y 6.24 la columna de calidad de agua subterránea).

En la Figura 6.13 se observa una tubería de aguas residuales de origen doméstico que se conduce hasta llegar

al río que pasa por la localidad de La Orduña, en la zona baja de la microcuenca, lo cual tiene serios impactos respecto a la calidad del agua.



Figura 6.13 Descarga de aguas residuales en la Zona Baja

Respecto a la *regulación de caudales*, se establece que se tienen tres presas a lo largo de la microcuenca para abastecer del recurso a los habitantes localidad de Xalapa, Ver. En total se extraen 1,072,000 m³/año, aproximadamente de las fuentes superficiales Medio Pixquiac, Alto Pixquiac y Xocoyolapan, de acuerdo con la Comisión Municipal de Xalapa (2010), lo cual ejerce cierta presión sobre el ecosistema hídrico. El Registro Público de

Derechos del Agua de la CONAGUA, señala que en la microcuenca del río Pixquiac se concesionan un total de 46 375,641.53 m³/año. Al comparar este volumen con la disponibilidad natural media del agua en la microcuenca (148 532,410 m³/año), se tiene, que la presión ejercida por los usos del agua es del 31.22%, lo que equivale a una presión *fuerte*, siendo el uso de *abastecimiento público* el ejerce una presión del 15.01% (Pérez, 2010).

En la Figura 6.14 se tiene la presa de Medio Pixquiac, ubicada en las inmediaciones de la localidad de Vega de Pixquiac, de la cual se extrae alrededor de 6, 300,000 m³/año para la localidad de Xalapa, Ver. de acuerdo con los datos proporcionados por el operador de dicha presa.



Figura 6.14 Presa Vega de Pixquiac en la Zona Media

Tabla 6.21 Matriz de evaluación de impactos ambientales de usuarios del sector doméstico en la microcuenca del río Pixquiac
Criterio analizado: **Intensidad**

CRITERIO: INTENSIDAD		Servicios Ambientales de las Cuencas Hidrológicas						Servicios Ambientales de los Bosques						Elementos de la Sociedad						
		Servicios Ambientales de las Cuencas Hidrológicas		Servicios Ambientales de los Bosques				Elementos de la Sociedad												
		Calidad de agua superficial	Calidad de agua subterránea	Regulación de caudales	Productividad acuática vegetal	Productividad acuática animal	Belleza escénica	Conservación de biodiversidad	Captura de Carbono	Calidad del aire	Microclima	Retención hídrica	Calidad del suelo	Estabilidad de suelo	Modos culturales (estilo de vida)	Salud de la población	Seguridad de la población	Migración	Economía local	
Usuario: Doméstico	Zona Alta	Descarga de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica	-2	-1		-1	-1	-1							-2	-2				
		Descarga de grasas y aceites	-1	-1		-1	-1								-1	-2				
		Descarga de detergentes y jabones	-1			-1	-1	-1								-2	-1			
		Redes de distribución														+2				-1
		Concesiones de agua para otra localidad			-4	-1	-1	-4	-2							-1	+2	-1		
		Incineración de residuos									-2	-1		-2			-2			
	Zona Media	Descarga de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica	-2	-1		-1	-1	-2							-2	-1	-3			
		Descarga de grasas y aceites	-1	-1		-1	-1	-1							-1	-1				
		Descarga de detergentes y jabones	-2			-1	-1	-1							-1	-1				
		Redes de distribución			-2											-1	-1			-1
		Concesiones de agua para otra localidad			-4	-1	-1	-4	-2							-1	+2	-1		
		Incineración de residuos									-2	-1		-2			-2			
	Zona Baja	Descarga de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica	-3			-2	-2	-2	-1		-1					-2	-1	-1		
		Descarga de grasas y aceites	-1			-1	-1	-1	-1							-1				
		Descarga de detergentes y jabones	-2			-2	-1	-2	-1							-1				
		Redes de distribución			-2			-1								-2				-1
		Concesiones de agua para otra localidad			-4	-1	-1	-4	-2							-1	+2	-1		
		Drenaje	-3			-2	-2	-2	-2							-2	-2			

Fuente: Menchaca y Alvarado; 2010. Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, ABCC

En la Tabla 6.21 se tiene la matriz de impacto ambiental, donde se evalúa el criterio de intensidad, es



decir, en cuanto al carácter y magnitud del impacto. Al respecto se observa que tanto la regulación de caudales como la belleza escénica son los servicios ambientales que se afectan de manera más intensa.

La *productividad acuática vegetal* sufre de alteraciones respecto a la reproducción y crecimiento de las plantas, ya que las características naturales de su medio se modifican cuando son depositados residuos de la actividad doméstica en los ríos (ver en las tablas 6.21, 6.22, 6.23 y 6.24 la columna de productividad acuática vegetal). Según Baskin (2003), las plantas que habitan en el fondo de los sistemas de agua dulce están adaptadas a las condiciones de materia orgánica de su medio y no pueden persistir frente a cambios en el tipo y frecuencia de la entrada de materia orgánica.

En cuanto a la *productividad acuática animal*, la fauna acuática sufre daños respecto a su alimentación, reproducción y desarrollo, ya que no puede contar con un medio de subsistencia adecuado para su desarrollo (ver en las tablas 6.21, 6.22, 6.23 y 6.24 la columna de productividad acuática animal). Por su parte Baskin (2003)

menciona que estos organismos junto con los organismos vegetales, son responsables de la mayoría del trabajo de purificación de agua, descomposición y reciclado de nutrientes.

La *belleza escénica* es afectada de diversas formas debido a las prácticas domésticas, por una parte, el paisaje es deteriorado cuando intervienen descargas de aguas residuales, que dan un mal aspecto, ya que el agua se percibe contaminada, especialmente en la zona baja; las instalaciones de presas en las tres zonas de la microcuenca también alteran la armonía visual del paisaje natural del ecosistema hídrico, debido a la construcción de instalaciones en las inmediaciones de las corrientes superficiales.

En la Tabla 6.22 se tiene la matriz de impacto ambiental respecto al criterio de temporalidad, donde se tiene que el 44% de los impactos son permanentes, es decir, que persisten en un periodo de tiempo prolongado. Se observa que los servicios ambientales hidrológicos son los

Tabla 6.22 Matriz de evaluación de impactos ambientales de usuarios del sector doméstico en la microcuenca del río Pixquiac
 Criterio analizado: **Temporalidad**

		Servicios Ambientales de las Cuentas Hidrológicas						Servicios Ambientales de los Bosques						Elementos de la Sociedad								
		Calidad de agua superficial	Calidad de agua subterránea	Regulación de caudales	Productividad acuática vegetal	Productividad acuática animal	Belleza escénica	Conservación de biodiversidad	Captura de Carbono	Calidad del aire	Microclima	Retención hídrica	Calidad del suelo	Estabilidad del suelo	Moldes culturales (estilo de vida)	Salud de la población	Seguridad de la población	Migración	Economía local			
Usuario: Doméstico		CRITERIO: TEMPORALIDAD  = Impacto permanente (3): Efecto que persiste en un periodo de tiempo prolongado, se considera al rededor de 20 años.  = Impacto temporal a mediano plazo (2): Efecto que comprende un lapso de tiempo desde su generación hasta un periodo de cinco años.  = Impacto temporal a corto plazo (1): Efecto que comprende un periodo de duración de aproximadamente un año.																				
		Zona Alta		Descarga de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica	1	1		1	1	1						2		2	2			
				Descarga de grasas y aceites	1	1		1	1							2		2				
				Descarga de detergentes y jabones	1			1	1	1								2	1			
				Redes de distribución														3				1
				Concesiones de agua para otra localidad			3	2	2	3	3							3	3	3		
				Incineración de residuos								3	1		2			3				
		zona Media		Descarga de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica	2	3		1	1	3					2		3	3				
				Descarga de grasas y aceites	1	2		1	1	2					1		3					
				Descarga de detergentes y jabones	1			1	1	2					1		3					
				Redes de distribución			3										3	3			1	
				Concesiones de agua para otra localidad			3	2	2	3	3						3	3	3			
				Incineración de residuos								3	1		2			3				
		Zona Baja		Descarga de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica	3			3	3	3	3		3				3	1	1			
				Descarga de grasas y aceites	1			1	1	2	1						1					
				Descarga de detergentes y jabones	2			2	2	2	3						2					
				Redes de distribución			3			3							3				1	
				Concesiones de agua para otra localidad			3	2	2	3	3						3	3	3			
				Drenaje	3			3	3	3	3						3	1				

Fuente: Menchaca y Alvarado; 2010. Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, ABCC

afectados mayormente respecto a la escala temporal, ya que se descargan directamente aguas residuales de origen doméstico y se extraen cantidades significativas del recurso para abastecer otra localidad.

6.6.2 Servicios ambientales proporcionados por los bosques afectados por la actividad doméstica

Los servicios ambientales que son afectados por la actividad doméstica son: conservación de la biodiversidad; calidad del aire; microclima; y calidad del suelo, los efectos de dicha actividad se describen a continuación.

En cuanto a la *conservación de la biodiversidad*, se tiene que las extracciones de agua y las descargas de aguas residuales afectan a los seres vivos de los ecosistemas (ver en las tablas 6.21, 6.22, 6.23 y 6.24 la columna de conservación de la biodiversidad). La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) señala que la extracciones de agua y canalización de los ríos tienen impactos de gran relevancia, la alteración del curso natural de los ríos

perturba a las comunidades que dependen de ellos al afectar las tasas de sedimentación, la disposición de aguas servidas sobre todo en la zona baja, provoca cambios en la temperatura y composición química del hábitat natural, lo que tiene numerosas repercusiones en la diversidad biológica silvestre.

La *calidad del aire* es perturbada debido a la incineración de residuos en las zonas alta y media, y el olor que despiden las aguas residuales descargadas en el río de la zona baja (ver en las tablas 6.21, 6.22, 6.23 y 6.24 la columna de calidad del aire). Peralta y Zamora (2003) señalan que los contaminantes emitidos por la quema de basura pueden transportarse a largas distancias, y que por lo general consisten en compuestos tóxicos tanto para la salud humana como para el medio ambiente. Por otra parte, Canales Borquez y Vega (2007) señalan que la generación de olores involucra no sólo situaciones de riesgo y/o daño para la salud de los individuos, sino también genera molestias que menoscaban la calidad de vida de estos, así que la generación de malos olores es una perturbación

considerada como riesgosa y molesta.

En la Tabla 6.23 se tiene la matriz de impacto ambiental de los usuarios domésticos respecto al criterio de

Tabla 6.23 Matriz de evaluación de impactos ambientales de usuarios del sector doméstico en la microcuenca del río Pixquiac
Criterio analizado: **Espacialidad**

		Servicios Ambientales de las Cuencas Hidrológicas						Servicios Ambientales de los Bosques						Elementos de la Sociedad						
		Calidad de agua superficial	Calidad de agua subterránea	Regulación de caudales	Productividad acuática vegetal	Productividad acuática animal	Belleza escénica	Conservación de biodiversidad	Captura de Carbono	Calidad del aire	Microclima	Retención hídrica	Calidad del suelo	Estabilidad del suelo	Modelos culturales (estilo de vida)	Salud de la población	Seguridad de la población	Migración	Economía local	
Usuario: Doméstico	Zona Alta	Descarga de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica	1	1		1	1	1							1		1	1		
		Descarga de grasas y aceites	1	1		1	1								1		1			
		Descarga de detergentes y jabones	1			1	1	1									1	1		
		Redes de distribución														1				1
		Concesiones de agua para otra localidad			3	2	2	1	2							1	3	1		
		Incineración de residuos								1	1		2				1			
	Zona Media	Descarga de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica	2	1		2	2	1					1		1	1				
		Descarga de grasas y aceites	1	1		1	1	1					1		1					
		Descarga de detergentes y jabones	1			1	1	1					1		1					
		Redes de distribución			3										1	1			1	
		Concesiones de agua para otra localidad			3	2	2	1	2						1	3	1			
		Incineración de residuos								1	1		2			1				
	Zona Baja	Descarga de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica	2			2	2	1	2	1					3	3	3			
		Descarga de grasas y aceites	1			1	1	1	1						2					
		Descarga de detergentes y jabones	1			1	1	1	1						2					
		Redes de distribución			3			2							1				1	
		Concesiones de agua para otra localidad			3	2	2	1	2						1	3	1			
		Drenaje	3			2	2	2	1						2	2				

Fuente: Menchaca y Alvarado; 2010. Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, ABCC

espacialidad, donde se observa que la regulación de caudales es el servicio ambiental que es afectado en mayor



medida en lo que se refiere a la escala espacial debido a la extracción de agua para la localidad de Xalapa, Ver.

El *microclima* es afectado por la incineración de residuos (ver en las tablas 6.21, 6.22, 6.23 y 6.24 la columna de microclima) debido a que, de acuerdo con Peralta et al. (2003) hasta las emisiones más pequeñas de los contaminantes originados en la incineración de residuos alcanzan niveles perjudiciales de manera crónica o aguda para el hombre y otros seres vivos.

La *calidad del suelo* es alterada debido a que residuos de tipo sanitario son depositados directamente en el suelo en las zonas alta y media, lo cual perturba la composición química y biológica de este medio (ver en las tablas 6.21, 6.22, 6.23 y 6.24 la columna de calidad del suelo). También se encontró que los habitantes de dichas zonas no disponen adecuadamente sus residuos sólidos urbanos, ya que para eliminarlos llevan a cabo la incineración éstos, lo cual provoca que el área de suelo destinada a esta práctica se degrade con el paso del tiempo.

5.6.3 Sociedad

Los aspectos de la sociedad que son afectados cuando se llevan a cabo las actividades humanas en el ámbito doméstico son: moldes culturales; salud de la población; seguridad de la población y economía local.

Respecto a los *moldes culturales*, los habitantes han tenido que modificar la forma de disponer sus aguas servidas a través del tiempo (ver en las tablas 6.20, 6.21, 6.22 y 6.23 la columna de moldes culturales). Anteriormente se utilizaban letrinas que se rotaban, a nivel cultural, las personas que vivían cerca de los ríos, cuidaban no contaminar el agua, ya que la utilizaban para su consumo. En la actualidad todavía no cuentan con el servicio de drenaje.

En la Tabla 6.24 se tiene la matriz de impacto ambiental respecto al criterio de reversibilidad, donde se observa que en la zona baja es donde se genera el mayor número de afectaciones (alrededor del 60%) que requieren necesariamente e la intervención del humano para que el ecosistema pueda recuperarse.

Tabla 6.24 Matriz de evaluación de impactos ambientales de usuarios domésticos en la microcuenca del río Pixquiac
Criterio analizado: Reversibilidad

		CRITERIO: REVERSIBILIDAD ■ = Irreversible (3): Imposibilidad del ecosistema para retornar a su situación original de manera natural y sin necesidad de la intervención de la mano del hombre. ■ = Reversible (2): Posibilidad del ecosistema para recuperar sus características originales, sin la necesidad de la intervención del hombre. ■ = No Aplica (1): Este criterio no interviene respecto a los impactos en la sociedad ni en los impactos benéficos.		Servicios Ambientales de las Cuencas Hidrológicas						Servicios Ambientales de los Bosques						Elementos de la Sociedad						
				Calidad de agua superficial	Calidad de agua subterránea	Regulación de caudales	Productividad acuática vegetal	Productividad acuática animal	Belleza escénica	Conservación de biodiversidad	Captura de Carbono	Calidad del aire	Microclima	Retención hídrica	Calidad del suelo	Estabilidad del suelo	Moldes culturales (eslito de vida)	Salud de la población	Seguridad de la población	Migración	Economía local	
Usuario: Doméstico	Zona Alta	Descarga de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica	2	2		2	2	2						2		1	1					
		Descarga de grasas y aceites	2	2		2	2								2		1					
		Descarga de detergentes y jabones	2			2	2	2									1	1				
		Redes de distribución															1					1
		Concesiones de agua para otra localidad			3	2	2	3	3								1	1	1			
		Incineración de residuos								3	2			2				1				
	Zona Media	Descarga de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica	2	3		2	2	3						2		1	1					
		Descarga de grasas y aceites	2	2		2	2	3						2		1						
		Descarga de detergentes y jabones	2			2	2	2						2		1						
		Redes de distribución			3											1	1				1	
		Concesiones de agua para otra localidad			3	2	2	3	3							1	1	1				
		Incineración de residuos								3	2			2			1					
	Zona Baja	Descarga de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica	3			3	3	3	3		3					1	1	1				
		Descarga de grasas y aceites	2			2	2	3	2							1						
		Descarga de detergentes y jabones	2			2	2	2	3							1						
		Redes de distribución			3			3								1					1	
		Concesiones de agua para otra localidad			3	2	2	3	3							1	1	1				
		Drenaje	3			3	3	3	3							1	1					

Fuente: Menchaca y Alvarado; 2010. Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz, ABCC



La *salud* de los habitantes de la población que se encuentran expuestos o están en contacto directo con las aguas residuales, son vulnerables a contraer enfermedades del tipo infecciosas, gastrointestinales, entre otras. Por otra parte, Peralta et al. (2003) señala que las partículas provenientes de la incineración de desechos pueden combinarse con otras formando otros compuestos, algunos de ellos, mucho más tóxicos que los iniciales, que pueden provocar cáncer, malformaciones congénitas, leucemia, linfomas, lesiones en el páncreas entre otras.

Respecto a la *economía local* se tienen impactos adversos, ya que en algunos casos los habitantes deben invertir cierta cantidad de dinero para hacer llegar el agua hasta sus viviendas, por que se encuentran lejos de la fuente natural de agua.

En resumen, se señala que se identificaron un total de 111 impactos ambientales provocados por las actividades domésticas, de los cuáles sólo el 4% son impactos benéficos y el 96% son impactos adversos. De los impactos adversos, el 41% son permanentes; el 67% tienen

un alcance mínimo, es decir que sólo afectan el área donde son desarrollados los impactos; el 68% de los impactos son reversibles, ya que la naturaleza puede recuperar sus características originales. Lo anterior quiere decir que la actividad doméstica impacta de manera significativa a los servicios que proporciona las cuencas hidrológicas y los bosques, por lo que se determina que deben implementarse medidas para asegurar la disponibilidad de agua y evitar su degradación, así como un manejo adecuado de los residuos sólidos que en la actualidad no tienen ningún tratamiento antes de su disposición final.

Por último, es necesario marcar las diferencias más significativas entre cada zona de la microcuenca, la cuales están señaladas en la Tabla 6.25, para identificar cuál es la principal problemática que debe atenderse.

Como se observa en la tabla, existen diferencias significativas entre cada zona de la microcuenca, en el caso de la actividad agrícola, por ejemplo, los impactos son de menor intensidad en las zonas alta y media debido a que por lo general los cultivos son para el autoconsumo, mientras que en la zona baja, los cultivos son comerciales e

impactan de manera más significativa a los servicios ambientales que proporciona el ecosistema.

Tabla 6.25 Principales diferencias del impacto ambiental provocado por los usuarios del agua en cada zona de la microcuenca del río Pixquiác.

Usuario	Zona Alta Mayor a 2500 msnm	Zona Media Entre 2500 y 1500 msnm	Zona Baja Menor a 1500 msnm
Agrícola	Impactos de menor intensidad respecto a las demás zonas, ya que se desarrolla para el autoconsumo.	La siembra es en laderas, por lo que el suelo pierde estabilidad y se deslava con mayor facilidad.	Impactos más intensos que en las demás zonas, se depositan cantidades significativas de agroquímicos. El microclima modificado por sustitución de grandes extensiones de terreno.
Pecuario	Es para el autoconsumo	Grandes extensiones de suelo dedicadas a esta actividad, con fines comerciales.	Grandes extensiones de suelo dedicadas a esta actividad, con fines comerciales.
Forestal	Conservación de áreas verdes, existe tala clandestina, también tala sustentable.	Explotación de especies maderables, tala clandestina, reforestación sin planeación previa.	No son beneficiados por el programa de pago por servicios ambientales.
Acuicultura	-	-	Es la zona más comercial.
Industrial	No se desarrolla este tipo de actividad.	No se desarrolla este tipo de actividad.	Principales actores respecto a la degradación de la calidad del agua.

Doméstico Utilizan el agua que toman directamente del río para llevar a cabo todas sus actividades Utilizan el agua que toman directamente del río para llevar a cabo todas sus actividades Utilizan el agua solo para higiene personal y del hogar.

CAPÍTULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

La situación actual de los recursos hídricos en la microcuenca del río Pixquiac, ha sido evaluada mediante una matriz de impacto ambiental, con lo cual, se dio cuenta que es necesario atender ciertos aspectos en lo que se refiere al uso del agua en las distintas actividades socioeconómicas que se desarrollan.

Se identificó que a lo largo de la microcuenca se desempeñan distintos tipos de actividades, entre los que

destacan principalmente la actividad agrícola, pecuaria, forestal, acuacultura y doméstica. Cabe resaltar que el desarrollo industrial sólo es llevado a cabo en la parte baja de la microcuenca, a pesar de esto, es el estrato mayormente degradado en cuanto a calidad y cantidad del agua.

En la zona alta se identificaron 111 impactos antropogénicos, de los cuales 11 son benéficos 100 son adversos; de los últimos, 27 son permanentes, 35 son temporales a mediano plazo y 38 temporales a corto plazo; 12 tienen un alcance espacial a nivel región, 19 un alcance a nivel local y 69 tienen un alcance mínimo; en cuanto a su reversibilidad, 36 son irreversibles y 44 reversibles.

Para la zona media se identificaron 149 impactos antropogénicos, de los cuales 14 son benéficos 135 son adversos; de los últimos 35 son permanentes, 48 son temporales a mediano plazo y 52 temporales a corto plazo; 4 tienen un alcance espacial a nivel de región, 33 un alcance a nivel local y 98 tienen un alcance mínimo; en cuanto a su reversibilidad, 58 son irreversibles y 48

reversibles.

Para la zona baja se identificaron 152 impactos antropogénicos, de los cuales sólo 3 son benéficos 149 son adversos; de los últimos 68 son permanentes, 33 son temporal a mediano plazo y 48 temporal a corto plazo; 12 tienen un alcance espacial a nivel región, 43 un alcance a nivel local y 94 tienen un alcance mínimo; en cuanto a su reversibilidad, 74 son irreversibles y 38 reversibles.

Por otra parte, se tiene que la actividad agrícola, es la que necesita 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 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 a que se utilizan agroquímicos para mejorar la eficiencia de sus cultivos a corto plazo; 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.

La actividad pecuaria tiene incidencias importantes

sobre el ecosistema, principalmente respecto al pastoreo, ya que en todas las zonas el ganado es del tipo extensivo, lo que implica el desplazamiento de grandes áreas de la vegetación original y la compactación del suelo, que tiene consecuencias en la conservación de la biodiversidad y los recursos hidrológicos. Se identificaron impactos que tienen un alto costo ecológico y la recuperación de los ecosistemas requiere no solo de inversión económica, sino también la intervención de los actores sociales para implementar políticas públicas a favor de la conservación.

El desarrollo forestal en la microcuenca es otra de las actividades que tiene un número significativo de impactos irreversibles y que afectan a los servicios ambientales en una escala espacial de tipo regional, esto se debe a la extracción no moderada de las especies maderables, así como a la reforestación de especies de un solo tipo, lo cual quiere decir que a pesar de que se cuenta con políticas para recuperar los bosques, no se tienen las herramientas necesarias para lograr este fin, por ejemplo, el método de siembra de los árboles o el cultivo de un solo tipo de especies en áreas específicas.

Respecto a la actividad de acuicultura, se puede decir que también tiene incidencias importantes en los servicios ambientales, ya que se ha implementado esta práctica con el apoyo de programas gubernamentales, sin tomar en cuenta las repercusiones en el ambiente, como la modificación de los patrones naturales de las corrientes superficiales o la introducción de especies no nativas. Si no se cuentan con evaluaciones pertinentes para el desarrollo de esta actividad, se puede impactar incluso la calidad del agua debido al tipo de producción que se requiere para esta actividad.

La actividad industrial en la microcuenca es un factor importante en la degradación de los recursos hidrológicos en cuanto a su calidad y cantidad, ya que se detectaron descargas directas de aguas residuales en los cuerpos de agua, que con el paso del tiempo han modificado sus características naturales; así como la extracción de pozos profundos, ya que el agua es una de las materias primas fundamentales para su proceso. En este punto es importante resaltar la intervención de las instituciones responsables de regular las descargas de agua residual de

origen industrial, ya que solo se basan en el resultado que reportan las empresas y no tienen un contacto directo con las comunidades que están alrededor ni con el ecosistema en cuestión.

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, ya que no cuentan con un sistema de drenaje adecuado, ni mucho menos con una planta de tratamiento de aguas residuales.

Lo anterior implica inversión tanto del sector público como privado para optimizar las prácticas de producción del sector primario, principalmente. Es fundamental desarrollar estrategias de gestión que permitan el cuidado y 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.

Es por esto que la conservación del medio ambiente implica el conocimiento de los factores en los que

intervienen las actividades humanas, para que de este modo se puedan mitigar los daños ambientales que se originan.

Esto es posible no sólo con la implementación de tecnología, sino también con otros factores de gestión, a través de los cuales se lleven a cabo las actividades antropogénicas de manera estratégica para evitar la degradación de los ecosistemas, con base en el desarrollo sustentable, es decir, que las prácticas productivas se lleven a cabo tomando en cuenta el equilibrio económico, social y ambiental para poder asegurar el bienestar de la población actual y de generaciones futuras.

De acuerdo con los resultados obtenidos, es evidente que el neoliberalismo, modelo de desarrollo económico que impera en la actualidad, no beneficia a la población, sino que la pone en riesgo de perder sus medios de subsistencia en corto plazo, al sacrificar a los recursos naturales por obtener beneficios inmediatos de la naturaleza, sin tomar en cuenta el impacto que tienen las actividades humanas; por lo tanto, se puede decir que las tendencias de desarrollo que predominan impiden un manejo integrado del ambiente. A pesar del estado actual de los recursos, la comunidad no

está consciente de la problemática que el mismo ser humano provoca.

Es importante tomar en cuenta que los efectos que han sido analizados afectan a todos los sectores económicos, debido a que este tipo de problemática es común en distintas zonas ya que no se implementan las estrategias adecuadas para un manejo integral de las cuencas.

7.2 Recomendaciones

Para proteger el recurso hídrico en primer lugar, se debe recuperar el valor social del agua, esto quiere decir que debe reconocerse el derecho humano al acceso de este recurso, con el objetivo de dejar de percibir el tema del agua sólo como la prestación de un servicio. Se debe tener una perspectiva cultural de los recursos naturales y esto se consigue sólo mediante la educación ambiental en todos los niveles de la sociedad, para que cada actor que interfiere tanto en la toma de decisiones, uso y aprovechamiento del agua tenga en cuenta el verdadero costo ambiental que implica el manejo de este recurso y se utilice de la forma

más eficiente.

Se ha demostrado que la aplicación de técnicas de origen prehispánico para el manejo del agua son exitosas, como la incorporación comunitaria para la gestión del agua, que entre sus bases sostiene la intervención directa de los usuarios del agua respecto a la administración de sus recursos hídricos. Es por esto necesario descentralizar la toma de decisiones para actuar ante los conflictos que se presentan en el complejo sistema del manejo del agua.

Se debe tomar en consideración que los problemas de escasez y degradación de los recursos no se dan por las características físicas de las cuencas, sino por la dificultad de implementar prácticas efectivas para regular el uso del recurso, el acceso y el manejo de los servicios ambientales.

Tanto los habitantes de las zonas rurales como urbanas, deben contribuir conjuntamente para proteger las cuencas hidrológicas; es así que las organizaciones estatales y no gubernamentales así como los usuarios del agua, deben trabajar en coordinación para la protección de las cuencas.

Actualmente, es reconocida la importancia del recurso hídrico para los ecosistemas y la subsistencia de la población humana, por lo cual es necesario conocer su funcionamiento de las cuencas, en cualquier escala y sobre todo, la influencia de la actividad humana en los cambios del ciclo hidrológico, para proponer estrategias de planeamiento y metodologías de manejo integral sustentable del recurso hídrico.

El uso incontrolado de los servicios ambientales compromete su disponibilidad en el futuro, esto puede ser evitado si se hace un uso sostenible. Para lograrlo, se requieren instituciones efectivas y eficientes, que sean capaces de asegurar el acceso a largo plazo y el uso eficaz de los servicios ambientales.

Existen alternativas que contribuyen al ahorro del agua, entre éstas, la captación de agua pluvial, que podría contribuir a que las corrientes superficiales permanezcan con agua por más tiempo, en lugar de extraerlas para su consumo. Además las características climáticas de la región hacen aún más viable este tipo de proyectos ya que es una zona con un volumen de precipitación considerable; aunque

es necesario tomar en cuenta la incidencia que podría tenerse en la capacidad de infiltración.

Mientras la agricultura siga siendo una actividad humana primaria que nos brinda alimentación, será necesario diseñar con mayor cuidado sistemas de producción agrícola que aumenten el rendimiento del agua y minimicen los impactos negativos en los ecosistemas.

Respecto a la actividad pecuaria, debe hacerse un balance de los beneficios que proporciona la cría de animales para el bienestar social y los beneficios que podría ofrecer un sistema de producción que tome en cuenta los servicios ambientales que presta el área donde se desempeña esta actividad, para preservar los ecosistemas y asegurar la subsistencia humana.

Por último, se hace hincapié en las dos principales variables evaluadas. En primer lugar, la calidad del agua en la microcuenca es afectada principalmente en la zona baja, donde existe cierto desarrollo industrial, que descarga sus residuos directamente en las corrientes de agua superficial, también la actividad agrícola en dicha zona tiene que ver

con la degradación del río, ya que se depositan cantidades significativas de agroquímicos que posteriormente escurren hasta las corrientes.

En segundo lugar, en lo que respecta a la cantidad del agua, es en la zona media donde este factor es mayormente afectado, ya que existe una represa que extrae alrededor de 200 litros por segundo desde 1940 aproximadamente, de acuerdo con los datos proporcionados con el operador de la represa de Medio Pixquiac, ubicada en las inmediaciones de la localidad Vega de Pixquiac. También en la zona baja se tiene una represa, en la localidad de Los Capulines del municipio de San Andrés Tlalnelhuayocan, de donde se extrae agua para otras localidades.

Cabe señalar que los efectos que han sido analizados pueden ser reproducibles en diversas áreas, lo que quiere decir que a partir de este análisis puede crearse un modelo para la evaluación de las microcuencas respecto a las alteraciones antropogénicas que provocan los usuarios del agua.

ANEXO I

Fuente: CONAGUA 2007

NORMAS OFICIALES MEXICANAS EN MATERIA DE AGUA

A continuación se presentan las Normas Oficiales Mexicanas relacionadas con el tema del agua. Se empieza con un listado de las normas más destacables bajo la nomenclatura de la SEMARNAT expedidas en el Diario Oficial de la Federación.

Norma Oficial Mexicana	Alcance
NOM-001-SEMARNAT-1996	Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
NOM-002-SEMARNAT-1996	Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.
NOM-003-SEMARNAT-1997	Establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios públicos.
NOM-004-SEMARNAT-2002	Protección ambiental –lodos y biosólidos- Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.

Norma Oficial Mexicana	Alcance
NOM-004-SEMARNAT-2002	Protección ambiental –lodos y biosólidos- Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.
NOM-022-SEMARNAT-2003	Establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.
NOM-083-SEMARNAT-2003	Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.
NOM-141-SEMARNAT-2003	Establece el procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y postoperación de presas de jales.

Fuente: CONAGUA 2007

Por otro lado, CONAGUA ha expedido normas que establecen las disposiciones, las especificaciones y los



métodos de prueba que permiten garantizar que los productos y servicios cumplan con el objetivo de aprovechar, preservar en cantidad y calidad el agua.

Norma Oficial Mexicana	Alcance
NOM-011-CNA-2000	Conservación del recurso agua. Establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales.
NOM-001- CNA -1995	Sistemas de alcantarillado sanitario - Especificaciones de hermeticidad.
NOM-002- CNA -1995	Toma domiciliaria para el abastecimiento de agua potable – Especificaciones y métodos de prueba.
NOM-003-CNA -1996	Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos.
NOM-004- CNA -1996	Requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general.
NOM-006- CNA -1997	Fosas sépticas prefabricadas – Especificaciones y métodos de prueba.
NOM-007- CNA -1997	Requisitos de seguridad para la construcción y operación de tanques para el agua.
NOM-013- CNA -2000	Redes de distribución de agua potable. Especificaciones de hermeticidad y métodos de prueba.

Fuente: CONAGUA 2007

Asimismo, se indican otras normas importantes en el sector salud, ya que es fundamental el abastecimiento de agua para uso y consumo humano con calidad adecuada, entre otros aspectos, para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades gastrointestinales y otras.

Norma Oficial Mexicana	Alcance
NOM-127-SSAI-1994	Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.
NOM-013-SSAI-1993	Requisitos sanitarios que debe cumplir la cisterna de un vehículo para el transporte y distribución de agua para uso y consumo humano.
NOM-014-SSAI-1993	Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento públicos y privados.
NOM-179-SSAI-1998	Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano, distribuida por sistemas de abastecimiento público.



Fuente: CONAGUA 2007

NOM-230-SSAI-2002 Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimientos públicos y privados durante el manejo de agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo.

Anexo II
INSTITUCIONES RELACIONADAS CON EL AGUA EN MÉXICO EN EL ÁMBITO FEDERAL

Institución	Interferencia en el ámbito del agua
Secretaría de Hacienda y Crédito Público	Definir el impuesto anual que es asignado a la Comisión Nacional del Agua y la forma en que se otorgará a lo largo del año.
H. Congreso de la Unión	Concertar políticas y presupuesto requeridos en materia hidráulica, coordinar proyectos hidráulicos de interés nacional, así como modificaciones a la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.
Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales	Entre sus objetivos estratégicos plantea lograr un adecuado manejo y preservación del agua en cuencas y acuíferos para impulsar el bienestar social, el desarrollo económico y la preservación del medio ambiente.
Comisión Nacional del Agua	Administrar y preservar las aguas nacionales y sus bienes inherentes, para lograr su uso sustentable, con la corresponsabilidad de los tres órdenes de gobierno y la sociedad en general
Estados y Municipios	Programas y acciones para restaurar las cuencas del país, apoyar el suministro de los servicios de agua potable y saneamiento a la población, impulsar el uso eficiente del agua en las actividades productivas, como el riego y la industria, así como acciones para la atención de eventos meteorológicos.



Secretaría de Salud	Apoyar en forma conjunta a los municipios para que las comunidades rurales cuenten con sistemas formales de agua y saneamiento.
Secretaría de Educación Pública	Acciones dirigidas a la población escolar para promover el uso eficiente del agua y su preservación.
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación	Acciones para lograr un uso más eficiente del agua en la agricultura.

FUENTE: CONAGUA, 2007

Anexo II
INSTITUCIONES RELACIONADAS CON EL AGUA EN MÉXICO EN EL ÁMBITO FEDERAL
(Continuación)

Institución	Interferencia en el ámbito del agua
Secretaría de Gobernación	Acciones para la atención de sequías e inundaciones.
Secretaría de Relaciones Exteriores	Manejo del agua en las fronteras del país, cumplimiento de tratados internacionales de agua y acciones de cooperación con otros países.
Secretaría de Economía	Registro de trámites y servicios, desarrollo y publicación de Normas Oficiales para el sector hidráulico.
Comisión Nacional Forestal	Cuidado del suelo y bosque para preservar los ríos, lagos, lagunas y acuíferos.
Procuraduría Federal de Protección al Ambiente	Acciones para vigilar la calidad del agua de los ríos y lagos del país.
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua	Acciones de investigación y desarrollo tecnológico.
Consejos de cuenca y comités técnicos de Aguas Subterráneas	Concertación de programas y realización de acciones para lograr el uso sustentable del agua.
Consejo Consultivo del Agua	Estrategias para el mejor uso y preservación del agua



<p>Colegios de profesionales, institutos, asociaciones, organizaciones no gubernamentales, cámaras industriales y de comercio.</p>	<p>Acciones para el uso eficiente y pago del agua, así como para el cumplimiento de las normas en materia de agua.</p>
<p>Instituto Nacional de Ecología</p>	<p>Generar, integrar y difundir conocimiento e información a través de investigación científica aplicada y el fortalecimiento de capacidades, para apoyar la formulación de política ambiental y la toma de decisiones que promuevan el desarrollo sustentable</p>
<p>Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas</p>	<p>Estrategias para conservar el patrimonio natural de México y los procesos ecológicos y así, asegurar una adecuada cobertura y representatividad biológica.</p>

FUENTE: CONAGUA, 200





ANEXO III Cuestionarios aplicados en campo

AGUA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas
en la microcuenca del río Pixquiac

Elba Lupita Alvarado Michi



Cuestionario del Sector Acuicultura

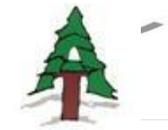


<p>1. ¿Qué tipo de especie cría?</p> <p>a) _____</p> <p>b) _____</p> <p>c) _____</p>	<p>6. Les proporciona alimento sintético</p> <p>a) Si, ¿Cuál? _____</p> <p>b) No, ¿De qué tipo de alimento les suministra? _____</p>
<p>2. Esta especie es nativa o inducida</p> <p>a) _____</p> <p>b) _____</p> <p>c) _____</p>	<p>7. En caso de que se observe alguna enfermedad en los peces que cría, ¿Sabe cómo controlarla de inmediato?</p> <p>a) Si</p> <p>b) No</p>
<p>3. La infraestructura con la que cuenta para la crianza está dentro o fuera del río</p> <p>a) En el río</p> <p>b) Fuera del río</p>	<p>8. En qué consiste el mantenimiento de su infraestructura</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>4. ¿Cuánta agua necesita para la crianza de peces anualmente en m³?</p> <p>_____ m³</p>	<p>9. ¿Cuenta con una concesión otorgada por algún órgano del gobierno?</p> <p>a) Si</p> <p>b) No</p>
<p>5. ¿Cuál es su producción anual?</p> <p>a) _____ peces/año</p> <p>b) _____ peces/año</p> <p>c) _____ peces/año</p>	<p>10. ¿Recibe información del gobierno para utilizar de manera eficiente el agua?</p> <p>a) Si</p> <p>b) No</p>



...tos provocados por las a...

Cuestionario del Sector Forestal



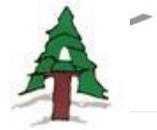
1. ¿Su terreno es forestal?	7. ¿Percebe pago por servicios ambientales?	12. ¿Cuántas hectáreas vende al año?
-----------------------------	---	--------------------------------------



...tos provocados por las act...



Cuestionario del Sector Doméstico



1. ¿Cuál es su consumo anual de agua?

9. ¿A dónde descarga sus aguas residuales?

REFERENCIAS

- Aceves, E. (2005). *Deforestación en México*. (pp. 46-50). México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Borge, E. (2001). *La creación de capacidades técnicas y organizativas en comunidades indígenas y campesinas para el desarrollo sustentable frente a la globalización económica*, en Leff, E., Bastida, M. (Comp.), Comercio, medio ambiente y desarrollo sustentable: perspectiva de América Latina y el Caribe. (pp. 437-439). México: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Oficina regional para América Latina y el Caribe (PNUMA).
- Brenner, T., Fischerei, R. (1994). *Las pesquerías de aguas continentales frías en América Latina*. [Versión electrónica]. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y alimentación (FAO).
- Canales, P., Borquez, B., Vega, J. (2007). *La contaminación por olores y su regulación en la legislación nacional y extranjera (España y Alemania)*. (pp. 1-7). Chile: Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
- Carecerán de agua segura 8.4 millones de mexicanos en el 2015, *El Norte* (2010, 20 de Enero). *La jornada*. Consultado el 20 de Enero de 2010. <http://www.jornada.unam.mx/2010/01/20/index.php?section=sociedad&article=036n1soc>
- Chang, M. (2005). *Cornucopianos: Los ultraneoliberales*. En G., F. *¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre desarrollo sustentable*. México: Universidad Autónoma de Zacatecas, Miguel Ángel Purrua.
- Comisión Nacional del Agua. (2007). *Estadísticas del agua en México 2007*. (pp. 109, 110, 132-135). México: CONAGUA.
- Comisión Nacional del Agua. (2008). *Estadísticas del agua en México 2008*. México: CONAGUA.
- Comisión Nacional del Agua (2009). Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana que establece el procedimiento para la determinación de los caudales de conservación ecológica en cuencas hidrológicas. México: CONAGUA.
- Cotler, H., Caire, G. (2009). *Lecciones aprendidas del manejo de cuencas*. (pp. 9-21) México: Instituto Nacional de Ecología (INE).
- De la Osa, J. (2003). *Reducir los vertidos es mejorar la calidad del agua*. (pp. 1-7). Chile: Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
- ecológica y desarrollo (Comp.), *El agua, recurso limitado. Sequía, otros problemas*. (pp. 75-92). España: Caja Madrid Obra social.
- Argentina. *Modelo actual de desarrollo*. (p. 45). Buenos Aires: Nueva

- Echarri, L. (1998). *Ciencias de la tierra y del medio ambiente*. [Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación] España: Teide. *larga sombra del ganado. Problemas ambientales y opciones* (pp. 39-40). FAO.
- El agua en México. (2003). Consultado el 20 de enero de 2010, página del IV Foro Mundial del Agua México, 2003: http://www.worldwaterforum4.org.mx/uploads/TBL_DOCS_116_5.pdf Fundación ecológica y desarrollo. (2003). *El agua, recurso limitado. Desertificación y otros problemas*. (pp. 23, 24, 25, 36, 27, 28, 30, 31, 40, 41-47, 49, 79-86, 107-111). España: Caja Madrid Obra social.
- García, H. (1992). *Neoliberalismo en México Características, límites y consecuencias* (pp. 89). México: Centro de Reflexión Teológica A.C.
- Emmerij, L., Núñez, J. (1998). *El desarrollo económico y social en los últimos 50 años* (pp. 5). Washington D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Garduño, H. (2003). *Administración de derechos de agua. Experiencias relevantes y lineamientos*. (pp.2, 3, 88, 89, 91, 92). Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
- Evaluación de los ecosistemas del milenio. (2005) *Ecosistemas y bienestar humano. Marco para la evaluación*. (pp.3 - 14): World Resources Institute
- Ezcurra, A. (1998). *¿Qué es el neoliberalismo? Evolución y límites de un modelo excluyente*. (pp. 14,15, 16, 17). Argentina: Instituto de Estudios y Acción Social (IDEAS).
- Gomella, C. (1973). *La sed del mundo*. (Pp. 7-23). Barcelona: Labor.
- Gómez, D. (2003). *Evaluación de impacto ambiental, un instrumento para la gestión ambiental*. (pp. 442-447). 2da. Edición. Madrid: Mundi-Prensa.
- Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación. (1995). *Guía metodológica para la formulación e implementación de planes locales para el Desarrollo de la Acuicultura en áreas lagunares costeras de México*. Consultado en el sitio web oficial de la organización el 7 de Noviembre de 2008 en: <http://www.fao.org/docrep/field/003/AC594S/AC594S06.htm> Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1984). Carta hidrográfica superficial E14-3 Veracruz. Escala 1:250.000: México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1988). Carta topográfica Escala 1:50,000. 2ª Ed.: México.

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1999). Carta topográfica de México. Escala 1:50,000. 2ª Ed.: México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2000). Carta topográfica de México. Escala 1:50,000. 2ª Ed.: México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2000). Carta topográfica de Coatepec. Escala 1:50,000 2ª Ed.: México.
- Jaakonkari, M. (1996). *Análisis de la relación entre neoliberalismo y desarrollo sustentable*. En R. Valdiviezo, S. Flores (Comp.), *Importancia y perspectivas del Desarrollo Sustentable en México*. (p. 15-36). México: Centro de estudios para el desarrollo sustentable.
- Larraín, S. (2001). *El Comercio, la Sustentabilidad y las políticas de participación social*, en Leff, E., Bastida, M., (Comp.), *Comercio, medio ambiente y desarrollo sustentable: perspectiva de América Latina y el Caribe* (pp. 130-134). México: PNUMA.
- Leff, E. (2004). *Saber Ambiental. (4a. ed.)*. (pp. 14, 110-113). México: PNUMA y Centro de Investigaciones Interdisciplinarias de Ciencias y Humanidades, UNAM.
- Leichner, M. (2001). *Mercosur y su fantasma: el protocolo ambiental*, en Leff, E., Bastida, M., (Comp.) *Comercio, medio ambiente y desarrollo sustentable: perspectiva de América Latina y el Caribe*. (pp. 201, 202). México: PNUMA.
- Llerena, C. (2003). *Servicios ambientales en las cuencas y producción de agua, conceptos, valoración, experiencias y sus posibilidades de aplicación en el Perú* [Versión electrónica]. FAO: Oficina regional para América Latina y el Caribe.
- López, V. (2008). *Sustentabilidad y desarrollo sustentable*. Orizaba: Universidad de Orizaba.
- López, F., Buitrago, M., Reyes, J. (2007). Viabilidad de una trucha alternativa de producción sostenible en la zona de Páramo de Tolima, Colombia. *Revista Veterinaria y Zootecnia, Veterinary and Zootechny* 1(2), 30-42.
- Maderrey, L. (2005). *Principios de hidrogeografía. Estudio del ciclo hidrológico* (pp. 15, 43, 44, 54,55, 57, 58, 60, 61, 67, 70, 74, 88, 89). México: Instituto de Geografía, UNAM.
- Madrigal, R. (2008). *El pago por servicios ecosistémicos y la acción de cuencas hidrográficas* (pp. 5 y 8). Costa Rica: Centro de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Marsily, G. (2003). *El agua*. (3era ed.). (p. 36, 75, 76, 82,85, 88, 89, 90). México: siglo veintiuno editores, S.A. de C.V.

- Menchaca, S. (2005). *Pertinencia de la educación superior: desarrollo humano* (2005). El Agua: recurso natural limitado. [videograbación]. como medio para la producción de conocimientos socialmente útiles. Tesis para el grado académico de Doctor en Educación. (pp. 49,50, 58, 59, 101-107). México: Universidad Autónoma del estado de Morelos.
- Menchaca, S. (2008). *Modelo del Observatorio del agua para el estado de Veracruz, ABCC (Agua, bosques, cuencas y costas)*. Trabajo presentado en el evento UV-FEST, Veracruz, México.
- Menchaca, S. (2009). *Apuntes para la Gestión de Manejo Integral de Cuencas, Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz* Veracruzana.
- Millan, H. (1998). *Neoliberalismo y transición en México* (p. 10). Mexiquense, A.C.
- Murillo, C. (2001). *Comercio, medio ambiente y política de desarrollo*, en E. Leff, F. Bastida, M., Comercio, medio ambiente y desarrollo sustentable: perspectiva de América Latina y el Caribe. (p. 28). México: PNUMA.
- Negret, R. (2001). *El desarrollo sostenible como propuesta política*, en E. Leff., M. Bastida, (comp.), Comercio, medio ambiente y desarrollo sustentable: perspectiva de América Latina y el Caribe. (pp. 106-113). México: PNUMA.
- Olza, J. (2003). *El agua, recurso limitado e insustituible*. En Fundación ecológica y desarrollo (Comp.), *El agua, recurso limitado. Sequía, desertificación y otros problemas*. (pp. 21-34). España: Caja Madrid Obra social
- OMSA (2005). El Agua: recurso natural limitado. [videograbación].
- Ondarza, R. (1999). *El impacto del hombre sobre la Tierra* (pp. 62-66) México: INE.
- Ordóñez, J. (1999). *Captura de carbono en un bosque templado: el caso de Nuevo, Michoacán* (pp. 15-17, 22-25) México: INE.
- Organización de las Naciones Unidas. (1990). *Desarrollo Humano: Informe de 1990* (pp. 35 y 36). Colombia: Tercer mundo.
- Organización de las Naciones Unidas. (2001). Informe de Desarrollo Humano 2001. *El desarrollo humano en un mundo cambiante*. Mundi-Prensa.
- Organización de las Naciones Unidas. (2003). *Agua para todos, agua para el desarrollo* (pp. 8,9, 10). Francia: UNESCO/Mundi-Prensa libros.
- Ornelas, J. (1997). *El neoliberalismo realmente existente*. (pp. 106-113). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Orozco, P., Jiménez, F., Faustino, J., Prins, C. (2008). *La cogerencia de las abastecedoras de agua para consumo humano*. (pp. 5-13). Costa Rica: PNUMA.
- Pagiola, S., Bishop, J, Landel-Mills, N. (2003). *Venta de servicios forestales*. (pp. 31-50). México: INE.
- Perata, M., Zamora, P. (2003). *Contaminación atmosférica producida por la quema de basura en las pampas de Reque*. (pp. 4-10). Perú: Universidad.

- Pérez, M. (2010) "Distribución Espacial de la Pobreza del Agua en la Programación de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2006) *Fin de la pobreza y saneamiento*. (pp. 36, 37,38). México: Universidad Veracruzana.
- Pérez, C. (2001). Cambio tecnológico y oportunidades de desarrollo como blanco móvil. *Organización de las Naciones Unidas*. CEPAL, Santiago de Chile, consultada el 21 de enero de 2009. <http://www.eclac.cl/prensa/noticias/comunicados/8/7598/CarlotaPerez.pdf>
- Programa Hidrológico Nacional. (2008). *Agua y Diversidad Cultural en Uruguay*. Consultado el 11 de Enero de 2010 Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, página web de la biblioteca virtual de la UNESCO. <http://www.unesco.org.uy/phi/biblioteca/bitstream/123456789/463/1/Mexico-aguaycultura.pdf>
- Pineda, N. (2007). *El concepto de política pública: Alcances y limitaciones*. Del Seminario de Políticas Públicas. Consultado el 16 de febrero de 2010 en el sitio oficial del Colegio de Sonora: <http://portalescolson.com/boletines/204/politicas%20publicas.pdf>
- PNUMA y SEMARNAT. (2004) *Informe de Perspectivas del medio ambiente en México (GEO México 2004)*. (pp. 75-82, 119-131, 203, 208-215, 228-231). México: INE. <http://www.zonaeconomica.com/concepto-desarrollo>
- Prieto, J. (2002). *El agua. Sus formas, efectos, abastecimiento, usos, daños, control y conservación*. (pp. 29-36 y 40). Colombia: Fundación Universidad Central.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2006). *Informe sobre desarrollo humano 2006. Más allá de la escasez: poder, pobreza y la crisis mundial del agua*. (pp. 34, 35, 36, 37,38).
- Reyes, G. (2007). Comercio y Desarrollo Bases conceptuales y enfoques en América Latina y El Caribe. Consultado el 12 de febrero de 2009 zona económica de las Américas. <http://www.zonaeconomica.com/concepto-desarrollo>
- Roemer, A. (1997). *Derecho y Economía: Políticas públicas del agua*. México: Centro de investigación y docencia económicas.
- Sachs, W. (1997). Arqueología de la idea de desarrollo. *Economía informacional* UNAM (253), 5-28.

- Sandre, I., Murillo, D. (2008) *Agua y Diversidad Cultural en México*. (pp. 11-17). México: UNESCO.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., Haug, A. (2006) *La ganadería, problemas ambientales y opciones*. (pp. 11 de Enero de 2010 Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura, la Ciencia y la Cultura, página web de la biblioteca virtual: Roma: FAO <http://www.unesco.org/uyphi/biblioteca/bitstream/123456789/463/1/Mexico-aguaycultura.pdf>
- Secretaría del Medio Ambiente y de Recursos Naturales (2010). *Estructura Organizativa*. Consultado el 15 de febrero de 2008 en la página institucional: <http://www.semarnat.gob.mx/queessemarnat/Pages/estructuraorganica.aspx>
- SEMARNAT. (2002). Guía para la presentación de la manifestación de impacto ambiental. (pp. 96 y 97) México: SEGOB
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2004). *Introducción a los Servicios Ambientales*. (pp. 9, 10, 11, 21). México: SEMARNAT.
- Shaw, S., Vigano, J. (2001). *Trade and environment in the World trade organization*, en Leff, E., Bastida, M., (Comp.), Comercio, medio ambiente y desarrollo sustentable: perspectiva de América Latina y el Caribe. (p. 143). México: PNUMA.
- Solís, L. (2005). *La escasez, el costo y el precio del agua en México*. (pp. 48,54, 55, 56 y 57). México: El Colegio Nacional.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., Haug, A. (2006) *La ganadería, problemas ambientales y opciones*. (pp. 11 de Enero de 2010 Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura, la Ciencia y la Cultura, página web de la biblioteca virtual: Roma: FAO <http://www.unesco.org/uyphi/biblioteca/bitstream/123456789/463/1/Mexico-aguaycultura.pdf>
- Sunkel, O., Paz, P. (1982). *El subdesarrollo latinoamericano y la teoría del desarrollo*. (25a. ed.). (pp. 12-17). México: Siglo XXI.
- Toledo, A. (2006). *Agua, hombre y paisaje*. (pp. 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100). México: UNE.
- UNESCO. (2009). *Water for sustentable urban human settlements*. (p. 4)
- Unión Mundial para la Naturaleza. (2003). *El agua en movimiento*. *Conservación Mundial*, 34(1), 10.
- Universidad de Jaume I de Castellón (2003) *Gestión de Recursos Hídricos*. *Reutilización de aguas residuales*. Consultado el 07 de febrero de 2008 en la página institucional: <http://www.instituto-agua.uji.es/pdf/leccionRH28.pdf>
- Valdiviezo, R., Flores S. (1996). *Importancia y perspectivas del Desarrollo Sustentable del Agua en México*. (pp. 17-22). México: Centro de estudios para el desarrollo sustentable.
- Villegas, F. (1995). *Evaluación y control de la contaminación*. (2da ed.). Santafé de Bogotá: Universidad nacional de Colombia.

Zalles, (2001). *Recursos naturales y cadenas de producción en América Latina*, en Leff, E., Bastida, M., (Comp.), Comercio, medio ambiente y desarrollo sustentable: perspectiva de América Latina y el Caribe (p. 73). México: PNUMA.

AGUA: Efectos provocados por las actividades antropogénicas
en la microcuenca del río Pixquiaco

Elba Lupita Alvarado Michi