



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales
Posgrado Regional en Recursos Bióticos

**Pautas para la Conservación y Manejo para cuatro
Manantiales de las zonas templada y semiárida de
Querétaro**

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado
de:

Maestro en Ciencias- Recursos Bióticos

Presenta

Cecilia Morales Tovar

Director: Dr. Raúl Pineda López

Santiago de Querétaro, Qro., Noviembre del 2005



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales
Posgrado Regional en Recursos Bióticos

**Pautas para la Conservación y Manejo para cuatro Manantiales de las
zonas templada y semiárida de Querétaro**

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestro en Ciencias-Recursos Bióticos

Presenta:

Biol. Cecilia Morales Tovar.

Dirigido por:

Dr. Raúl F. Pineda López

SINODALES

Dr. Raúl Pineda López
Presidente

Firma

Dr. Robert W. Jones
Secretario

Firma

Dr. Marco Antonio Sánchez Ramos
Vocal

Firma

Dr. Edmundo Díaz Pardo
Suplente

Firma

M. en C. Diana Elsa Bustos C.
Suplente

Firma

Dr. Carlos Sosa Ferreyra
Director de la Facultad de Ciencias
Naturales

Dr. Sergio Quesada Aldana
Director de Investigación y
Posgrado

Centro Universitario Campus Juriquilla
Querétaro, Qro.
Noviembre del 2005
México

No. ADQ. FCNT0019

No. TITULO 10

CLASIFI TS

551.498

M828p

Ej. 2

Resumen

Los manantiales en México están siendo seriamente amenazados por las presiones antropogénicas. En el caso de Querétaro los manantiales de las zonas templadas y semiáridas están sujetos a distintas amenazas poniendo en riesgo su permanencia en el tiempo. Por tal situación, en este estudio se establecieron las pautas para la conservación y manejo de cuatro manantiales de esas zonas a través de: 1) la determinación de la variación estacional de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en las temporadas de estiaje y lluvias, 2) del establecimiento del estado de conservación de los manantiales en cada estación anual, y 3) del diseño de un plan de manejo que permita la conservación de los elementos biológicos así como de los procesos culturales, biológicos y geohidrológicos. Se encontró que la comunidad de macroinvertebrados se mantiene estable en ambas temporadas estacionales, y que el 41% de sus miembros son sensibles a la contaminación. En términos ambientales los manantiales son estables, pues sus niveles de oxígeno disuelto, pH, conductividad y temperatura se mantienen constantes en cada período estacional. El indicador elaborado para determinar el estado de conservación señala en ambas temporadas a dos manantiales con un estatus de conservación óptimo y a dos con status de amenaza. Con base en la información biológica sobre estos sitios, se diseñó un plan de manejo cuyo desarrollo constó en cuatro etapas: Preparación, Descripción, Análisis y Proposición. En cada etapa, se conoció la problemática e importancia de los manantiales en términos socioeconómicos y culturales, así como las inquietudes de los usuarios. Mediante un diagnóstico integrado, se plantearon: los problemas, principalmente visitantes no regulados; las causas, falta de información sobre la importancia de éstos sitios y de espacios para pastoreo, y las soluciones incluyen: 1) generación de convenios entre los usuarios del manantial y las autoridades municipales, 2) talleres de promoción y capacitación de actividades productivas, 3) prácticas de manejo sostenible y educación ambiental. Por los problemas detectados, se establecieron los componentes de manejo de Conservación, Aprovechamiento, Uso público y Educación, Normatividad y Gestión, que permitirán resolver cada problema a través de la ejecución de acciones específicas.

Palabras clave: Manantial, macroinvertebrados, plan de manejo.

Summary

Freshwater springs in Mexico are being seriously threatened by anthropogenic disturbance. In the state of Queretaro, in the central plateau of Mexico, perennial springs of semiarid and temperate zones are subject to different conservation and management guidelines for four springs of this region through: 1) the determination of seasonal variation of aquatic macroinvertebrates community in dry and rains seasons, 2) the establishment of the state of conservation in each annual station, and 3) the design of a management plan that allows preservation of both biological elements and cultural, biological and geohidrological processes. In freshwater springs of the study area, macroinvertebrate communities remained stable in both seasons, and 41% of its members are sensitive to contamination. In environmental terms, springs are stable therefore levels of dissolved oxygen, pH, conductivity and temperature remained constant in each annual cycle. Through the use of indicator of the state of the spring conservation in both annual cycles, we found two springs with optimal conservation and two with threatened status. A management plan based on available biological information of these sites was designed and developed in four stages: Preparation, Description, Analysis and Proposal. In each phase, cultural and socioeconomic problems and their importance was evaluated for all springs, as well as users' concerns. Through the use of an integrated diagnosis, the principal problem of these springs is unregulated visitors use. The principal cause of this being lack of information of the springs' importance and lack of adequate grazing areas. The solution to this issues included: 1) generation of agreements between springs' users and municipal authorities, 2) workshops to promote and train for productive activities, 3) establishment of sustainable management practices and 4) environmental education. Using this diagnosis, management components of conservation, utilization, public use and education, were designed to resolve through specific actions.

Keywords: Spring, macroinvertebrates, management plan.

Para Germán con todo mi amor y respeto

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma de Querétaro por su apoyo para mi formación profesional.

Al Dr. Raúl Pineda López por otorgarme nuevamente su confianza y apoyo para el desarrollo de este trabajo.

A Germán Alfonso Sánchez Jaramillo por su valioso apoyo como: colaborador técnico en campo y laboratorio, crítico de presentaciones y escritos, superauxiliar para la realización y aplicación de los talleres, oído siempre dispuesto a escuchar mis quejas y dudas, por sacarme del hoyo no se cuantas veces y confiar en mi capacidad ciegamente, mil gracias amor, te amo.

Al Dr. Marco Antonio Sánchez Ramos y Dr. Raúl Pineda López, parte de mi comité tutorial, por sus valiosos comentarios en cada tutorial.

Al Dr. Robert W. Jones, Dr. Edmundo Díaz Pardo y a la M. en C. Diana Bustos por sus comentarios sobre la tesis.

Al Dr. Ricardo Miguel Pérez Munguía que me apoyo en una revisión extra dada bajo condiciones poco gratas. Mil gracias Rich!!.

A mis compañeras de maestría, ahora Maestras en Ciencias Norma Hernández Camacho y Yolanda Pantoja Hernández por su guía para algunas materias y durante los trámites de obtención de grado, y a Verónica Campos por su colaboración con el resumen.

A mi familia por su interés en mi formación profesional

Índice

	Página
Resumen.....	i
Summary.....	ii
Agradecimientos.....	iv
Índice.....	v
Índice de tablas.....	viii
Índice de figuras.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. HIPÓTESIS.....	7
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
Selección de los Manantiales.....	8
Variación estacional de la comunidad de macroinvertebrados durante las épocas de estiaje y lluvias...	8
Estado de conservación.....	10
Diseño del plan de manejo.....	13
IV. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y CUALITATIVO.....	17
V. RESULTADOS.....	18
Manantiales seleccionados.....	18
Variación estacional de la comunidad de macroinvertebrados durante las épocas de estiaje y lluvias...	22
Estado de conservación.....	33
Diseño del plan de manejo.....	34
Etapa de preparación.....	34
Etapa descriptiva.....	36
Caracterización histórica.....	36
Caracterización ambiental.....	38
Caracterización socioeconómica.....	40

Índice

	Página
Etapa Analítica.....	44
Ficha 1. Taller para el conocimiento de la importancia, amenazas, problemas, causas y soluciones del manantial La Zorra.....	46
Ficha 2. Taller para el conocimiento de la importancia, amenazas, problemas, causas y soluciones del manantial El Boye.....	48
Ficha 3. Taller para el conocimiento de la importancia, amenazas, problemas, causas y soluciones del manantial San Martín.....	50
Ficha 4. Taller para el conocimiento de la importancia, amenazas, problemas, causas y soluciones del manantial La Beata.....	52
Etapa propositiva.....	59
Componentes de manejo del manantial La Zorra.....	60
Conservación.....	60
Aprovechamiento.....	61
Uso público y educación.....	62
Normatividad y gestión.....	63
Investigación.....	64
Componentes de manejo del manantial Boye.....	65
Conservación.....	65
Aprovechamiento.....	66
Uso público y educación.....	67
Normatividad y gestión.....	68
Investigación.....	69

Índice

	Página
Componentes de manejo del manantial San Martín....	70
Conservación.....	70
Aprovechamiento.....	71
Uso público y educación.....	72
Normatividad y gestión.....	73
Investigación.....	74
Componentes de manejo del manantial La Beata.....	75
Conservación.....	75
Aprovechamiento.....	76
Uso público y educación.....	77
Normatividad y gestión.....	78
Investigación.....	79
VI. DISCUSIÓN.....	80
VII. CONCLUSIONES.....	98
VIII. LITERATURA CITADA.....	100

Índice de tablas

Tabla		Página
1	Ubicación geográfica y características registradas por Morales-Tovar (2002) para los manantiales La Zorra, Boye, San Martín y La Beata.....	20
2	Listado de los organismos encontrados en los manantiales La Zorra, Boye, San Martín y La Beata.....	22
2	Continuación.....	23
3	Valores de riqueza y diversidad de los manantiales La Zorra, Boye, San Martín y La Beata en cada mes de muestreo.....	26
4	Valores de riqueza y diversidad de los manantiales La Zorra, Boye, San Martín y La Beata en cada temporada anual.....	27
5	Parámetros fisicoquímicos de los manantiales La Zorra, Boye, San Martín y La Beata por mes de muestreo.....	28
6	Parámetros fisicoquímicos de los manantiales La Zorra, Boye, San Martín y La Beata en cada temporada anual.....	30
7	Análisis bacteriológico del agua de los manantiales La Zorra, Boye, San Martín y La Beata.....	32
8	Valores de los criterios e indicador del estado de conservación de los manantiales de las zonas templada y semiárida de Querétaro.....	32
9	Problemática particular de los manantiales La Zorra, Boye, San Martín y La Beata.....	33
10	Problemática particular de los manantiales La Zorra, Boye, San Martín y La Beata.....	34

Índice de figuras

Figura		Página
1	Trabajo de campo.....	10
2	Resumen esquemático del desarrollo del plan de manejo para cuatro manantiales de las zonas templadas y semiáridas de Querétaro.....	16
3	Manantiales seleccionados para el estudio.....	18
4	Ubicación de los manantiales elegidos para el estudio.....	19
5	Diagnóstico integrado del manantial La Zorra.....	54
6	Diagnóstico integrado del manantial El Boye.....	55
7	Diagnóstico integrado del manantial San Martín.....	56
8	Diagnóstico integrado del manantial La Beata.....	57

I. INTRODUCCIÓN

Los manantiales son descargas naturales de agua de un acuífero por flujo o por goteo a través de una abertura natural de suelo y/o roca en la superficie de la tierra, o dentro de un cuerpo de agua (Hobbs 1992). Desde el punto de vista biológico, los manantiales son hábitats discretos que se caracterizan por su estabilidad ambiental y fauna típica que constituye su mayor riqueza biológica, ya que responde a patrones únicos de endemismo y zoogeografía (Danks y Williams 1991). Son importantes como: 1) hábitats de fauna acuática (Danks y Williams 1991; Anderson y Anderson 1995); 2) refugios en zonas semiáridas para fauna acuática y terrestre, y durante la temporada de estiaje que suele ser rara, relictual y/o endémica; 3) indicadores de la calidad del agua subterránea (Van der Kamp 1995) y como fuentes de abasto de agua (Danks y Williams 1991; Anderson y Anderson 1995). Al fungir como fuentes de abasto de agua, los manantiales son destinados a usos diversos (Van der Kamp 1995), por lo cual es común que se encuentren cerca de áreas urbanas y estén tanto sobrexplotados, como contaminados por desechos fecales procedentes de las fosas sépticas, por pesticidas y herbicidas provenientes de las zonas agrícolas adyacentes, y por materiales introducidos accidentalmente por los visitantes en el caso de las zonas turísticas (Lewis 2002).

En México, como en muchos otros países del mundo, existen muy pocos estudios sobre el estado de conservación en el que se encuentran los manantiales, pero se sabe que están siendo seriamente amenazados por las presiones antropogénicas (Morales-Tovar 2002) y que, en consecuencia, desaparecen más rápido de lo que pueden ser estudiados junto con su fauna típica (Minckley y Unmack 2000). En el caso del estado de Querétaro, los manantiales son modificados de su condición natural y utilizados para distintos fines, por tal situación se encuentran en distintos estados de conservación y sujetos a diversos tipos de amenazas que ponen en riesgo tanto la fauna acuática que albergan y

que incluye especies de alto valor ecológico y evolutivo (Williams 1991; Danks y Williams 1991), así como la permanencia en el tiempo del área de los manantiales, sitios altamente heterogéneos, que para el caso de un estado semiárido y con escasez de ambientes acuáticos naturales como Querétaro representan una de las pocas fuentes de biodiversidad acuática y de recurso acuífero disponible (Morales-Tovar 2002).

En términos legislativos, no se ha logrado dar a los manantiales un status legal de protección específico. La Comisión Nacional del Agua (CNA 2004) no reconoce a los manantiales de manera directa, pero quedan parcialmente incluidos en el artículo segundo y tercero de su reglamento. En materia ambiental no se destaca a los manantiales como sistemas especiales quedando incluidos en los artículos 9, 11, 63 y 64 de la Ley General de Vida Silvestre, que tratan sobre hábitats críticos y de refugio, y en el capítulo III que trata sobre las áreas de refugio para la protección de especies acuáticas; en el artículo 90 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (SEDESU 2003) donde se menciona a los manantiales para la expedición de normas que permitan el establecimiento y manejo de zonas de protección, y en el artículo 118 fracción III de la ley estatal de equilibrio ecológico y protección al ambiente (SEDESU 2000) que trata sobre la protección de ecosistemas acuáticos.

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) incluye el lago de la Media Luna en su listado de regiones hidrológicas prioritarias, el cual es un manantial limnocreno. Este sitio tiene importancia turística por sus dimensiones, y ha sido ampliamente estudiado tratándolo, sin embargo, como lago y no como manantial (CONABIO), aunque grupos como el de Arqueología Subacuática de México (INAH 2005) si lo reconoce como tal. El lago de Camécuaro presenta una situación similar, pues se trata de la poza formada por el agua que emana de más de 50 manantiales subacuáticos de fractura ubicados en la porción sur de este cuerpo. Afortunadamente estudios recientes relacionados con la elaboración del Plan Rector de Manejo del Parque

Nacional Lago de Camécuaro, Tangancícuaro, Michoacán, resaltan la presencia e importancia de estos sitios como hábitats y fuentes de agua, así como el grado de explotación al que han estado expuestos (Gutiérrez-Yurrita 2004).

Uno de los primeros esfuerzos por estudiar de manera integral a los manantiales de México se hizo en el estado de Querétaro. En el 2002 Morales-Tovar hizo un estudio utilizando un método que permitió generar información sobre los manantiales a corto plazo: una Valoración Biótica Rápida (VBR). Este procedimiento fue propuesto y probado para evaluar el estado de conservación de los manantiales perennes de las zonas templada y semiárida de Querétaro durante la época de estiaje, la época recomendada para la obtención de información confiable sobre la biología y las características geohidrológicas de los manantiales perennes (Pérez –Munguía 2004). Con la VBR se obtuvo información básica de 28 manantiales perennes referente a sus características biológicas, fisicoquímicas, geohidrológicas, del hábitat y de uso. Según el índice del estado de conservación (construido con base en los Índices de Integridad Biótica (IIB), los manantiales estudiados se encuentran en diferentes estados de conservación: tres en estado óptimo, 17 amenazados y 8 en peligro de desaparecer (Morales-Tovar 2002).

A partir de la información obtenida de la VBR de los manantiales de las zonas templada y semiárida de Querétaro y con base en lo que marca la ley, se propuso como estrategia de conservación el decretarlos como áreas protegidas (Morales-Tovar 2002). Siendo los manantiales de ese estudio hábitats seminaturales, ya que presentan algún tipo de modificación, localizados cerca o dentro de áreas urbanas o domicilios particulares y de acuerdo con la Secretaria de Desarrollo Sustentable (SEDESU), las categorías con las cuales podrían protegerse son las de zonas sujetas a conservación ecológica y reservas naturales privadas o comunitarias (SEDESU 2000). Pese a que se trata de un estudio sistemático completo de estos manantiales, en el cual, además, se sugirieron estrategias para su conservación queda pendiente el conocimiento del

comportamiento de la comunidad de macroinvertebrados en la época de lluvias que permita, entonces, el planteamiento de un plan detallado para su manejo y conservación.

En el año 2004, Pérez-Munguía presentó una importante contribución en el conocimiento de la ecología y estatus de conservación de los manantiales de la Huasteca Mexicana. Este autor reporta como "lamentable" la condición de los manantiales cársticos de la Huasteca Mexicana. Esta condición fue revelada mediante la aplicación de índices de calidad ambiental y de integridad biótica utilizando coleópteros acuáticos. De los 37 manantiales cársticos registrados por ese autor reporta 10 para el estado de Querétaro, de los cuales sólo dos se encuentran en condición óptima, El Plátano (Pinal de Amoles) y Carricillo (Cadereyta).

Ante la situación de conservación que presentan los manantiales en algunas zonas del estado de Querétaro, es necesario e imperativo generar la información que permita el establecimiento de los medios o mecanismos para su conservación y manejo, pues con ello se pretende la protección de los elementos biológicos que albergan y la preservación de sus procesos (Meffe y Carrol 1994). En este sentido, el conocimiento de los aspectos fisicoquímicos, biológicos y socioeconómicos de estos ambientes durante las temporadas de estiaje y lluvias ayudaría a la definición de dichas pautas, sin embargo únicamente los sitios que ofrecen condiciones favorables para su conservación, es decir estados de conservación óptimos, función hidrológica (usos), ubicación dentro de zonas urbanas o semi-turísticas, valores altos de diversidad biológica o bien presencia de comunidades representativas por su valor ecológico y/o evolutivo, permitirían la recopilación de tal información.

Existen pocos estudios biológicos sobre los manantiales porque el estado de deterioro en el que se encuentran, debido a la sobreexplotación y uso irracional, dificultan su estudio (Ferrington 1995). Los trabajos hechos en

manantiales se refieren, en general, a la biota rara, relictual o endémica que alojan; a su dinámica anual y a los cambios de las comunidades corriente abajo del manantial (Erman y Erman 1995). Para el caso de las zonas semiáridas y áridas, los trabajos de Anderson y Anderson (1995) y Shepard (1993), respectivamente, señalan la importancia, el valor biológico y amenazas a los manantiales en estos sitios donde el agua es un recurso escaso. Shepard, señala, además, el hecho de que los manantiales alojan fauna acuática que exhibe alta diversidad así como especies no descritas o pobremente conocidas, mientras que Anderson y Anderson (1995), mencionan que además de contener fauna acuática altamente diversa y/o de valor evolutivo, los manantiales también soportan fauna terrestre ya que les proveen de agua y alimento, situación que convierte a los manantiales en centros importantes de actividad biológica. De acuerdo con estos dos trabajos, la principal amenaza para los manantiales de las zonas semiáridas y áridas es la sobreexplotación (Anderson y Anderson 1995), situación que se agrava cuando el manantial mantiene una corriente de agua permanente, presenta prácticas pobres de conservación y cuando se han introducido especies exóticas (Shepard 1993).

En el caso de México, los estudios sobre manantiales son escasos, sin embargo es bien sabido que en zonas áridas desaparecen junto con su fauna típica más rápido de lo que pueden ser estudiados (Minckley y Unmack 2000). No obstante pueden mencionarse los trabajos de Pineda et al. (2002), Morales Tovar (2002) y Pérez- Munguía (2004), como los primeros estudios sistemáticos en México sobre manantiales, así como el de Gutiérrez-Yurrita (2004) en el lago de Camécuaro.

Pocos trabajos se han enfocado hacia la conservación y manejo de los manantiales lo que representa un problema serio en el sentido de que no existen modelos o guías a seguir para diseñar un plan de conservación y manejo. Uno de los pocos trabajos referentes a la conservación de manantiales es el de Lewis (2002), en dicho trabajo se menciona el tipo de información que permitirá preparar

una estrategia de conservación para los manantiales cársticos del Hoosier National Forest y, sugiere algunas acciones de manejo para conservar a los manantiales y a sus comunidades biológicas. En su propuesta Lewis destaca la importancia de generar información básica acerca de la localización de las cuevas, y estimación del grado de uso; así también, menciona la importancia de considerar criterios fisicoquímicos y bióticos de los manantiales para su protección.

Para el caso particular de los manantiales de Querétaro, Pineda-López, Pérez-Munguía y Morales-Tovar (2002) señalan algunos temas críticos a considerar para su conservación. Dichos temas incluyen el tamaño del área del manantial, la heterogeneidad, las unidades geomorfológicas (paisaje) en las que se encuentran, los distintos grados de modificación que presentan y la posibilidad de establecer zonas de amortiguamiento.

Por todo lo anterior y debido a que existe información básica sobre la biología, características fisicoquímicas, hidrogeológicas, del hábitat y del uso de los manantiales de las zonas templada y semiárida de Querétaro, en este trabajo se pretenden establecer las pautas para la conservación y manejo para cuatro de esos manantiales, mediante tres objetivos: 1) Determinar la variación estacional de las comunidades de macroinvertebrados que alojan durante las épocas de estiaje y lluvias; 2) Establecer el estado de conservación de los manantiales en cada estación anual considerando sus características bióticas, y 3) Diseñar un plan de manejo para cada manantial que permita la conservación de los elementos biológicos y la continuación de los procesos biológicos, geohidrológicos y culturales.

II. HIPÓTESIS

La generación de información biofísica y biótica de los manantiales es determinante para establecer las pautas para su conservación y manejo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Selección de los manantiales

De los 28 manantiales perennes registrados por Morales-Tovar (2002) para las zonas templada y semiárida de Querétaro, se eligieron cuatro con base en los siguientes criterios: 1) estado de conservación, 2) diversidad biológica, 3) función hidrológica y 4) localización con respecto a las zonas urbanas. Dichos sitios representan la condición general de los manantiales de esas zonas climáticas del estado, ya que se trata de ecosistemas altamente heterogéneos, y tienen las siguientes características: estados de conservación y valores de diversidad de medios a altos, contienen especies biológicamente importantes, son utilizados para distintos fines o no, presentan características ambientales únicas (físicoquímicas y de hábitat), se localizan dentro, cerca y alejados de zonas semiurbanas, y están modificados de su condición natural (hábitats seminaturales) o no.

Variación estacional de la comunidad de macroinvertebrados durante las épocas de estiaje y lluvias

Se hicieron cuatro colectas de macroinvertebrados, dos para cada una de las temporadas de estiaje (enero y abril) y lluvias (julio y octubre). En cada visita, se hizo la recolecta de material biológico y una medición de las condiciones físicoquímicas del agua, siguiendo los métodos previamente empleados en Morales-Tovar (2002).

La colecta de macroinvertebrados se hizo mediante un arrastre con una red acuática tipo "D" de 50 cm. de ancho en los diferentes microhábitats que cada manantial presentó (vegetación, sedimento, hojarasca y rocas). El tiempo utilizado para la recolección de especímenes fue de 20 minutos. Cada colecta mensual, por

sito, fue considerada como una muestra para los análisis estadísticos y cualitativos.

Las muestras se llevaron *in vivo* y en hielo al laboratorio donde se mantuvieron en refrigeración, para aletargar los procesos de depredación y descomposición, hasta su separación, para lo cual se emplearon magnificadores y microscopios estereoscópicos. Una vez separados los macroinvertebrados por clases se preservaron de acuerdo al grupo al que pertenecen siguiendo las recomendaciones de Thorp y Covich (1991). Los insectos, crustáceos y algunos moluscos fueron identificados a nivel de género utilizando los criterios de Merrit y Cummins (1996), Thorp y Covich (1991) y Burch y Cruz-Reyes (1987) respectivamente. Los anélidos, hirudíneos y platelmintos se identificaron a nivel de familia y los ostrácodos y ácaros a nivel de clase y orden, respectivamente, usando el trabajo de Thorp y Covich, posteriormente se les asignó una clave para designarlos como morfoespecies. Una vez identificados los organismos, se cuantificaron y organizaron de acuerdo a sus hábitos tróficos y de actividad según los criterios de Merrit y Cummins (1996), y de acuerdo a su condición de indicadores de calidad ambiental siguiendo a Merrit y Cummins (1996), Resh, Myers y Hannaford (1996) y de De la Lanza-Espino y colaboradores (2000)

En cada manantial se midieron *in situ* temperatura, oxígeno disuelto, pH y conductividad, los factores recomendados por Van der Kamp (1995) para caracterizar un manantial. La temperatura y oxígeno se midieron con un oxímetro marca Horiba modelo HI 9143; el pH se midió con pH-metro marca ORION, y la conductividad con un conductímetro marca HORIBA modelo B-173. Utilizando frascos esterilizados, se tomaron muestras de agua de cada manantial, se mantuvieron en hielo y se entregaron a un laboratorio de calidad del agua (CEACA) en el complejo de la Universidad Autónoma de Querétaro, para que se les practicara un análisis bacteriológico de presencia de coliformes totales y fecales. En la figura 1 se muestran algunas imágenes del trabajo de campo.

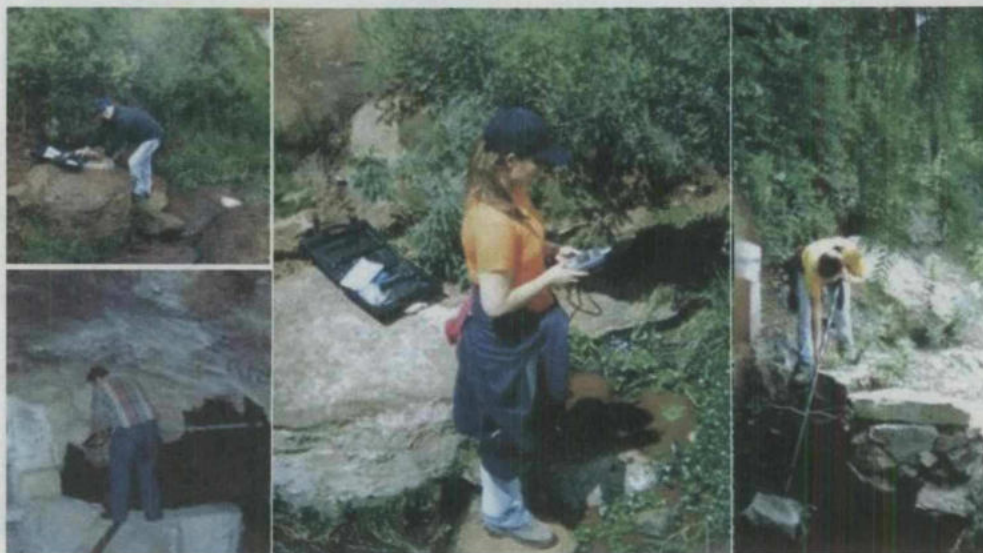


Figura 1. Trabajo de campo

Estado de conservación

La información obtenida del análisis de la comunidad de macroinvertebrados permitió utilizar el indicador del estado de conservación propuesto por Pineda-López y colaboradores (2002) y Morales-Tovar (2002). El indicador consiste en la suma de valores de siete criterios cuyo valor parcial oscila entre 0 y 10 (el valor máximo es 70), con el objeto de identificar tres categorías de estado de conservación ajustadas de acuerdo a los intervalos observados en los manantiales del estudio: hábitat en peligro (44-60 puntos), hábitat amenazado (27-43 puntos) y hábitat en condiciones óptimas (10-26 puntos).

Los criterios utilizados fueron los propuestos por Morales-Tovar (2002), excepto por el empleo de familias indicadoras por el de géneros indicadores. A continuación aparecen los criterios del indicador y su valoración específica, así como las consideraciones para su justificación:

Tipo de manantial de acuerdo a su abertura y geomorfología. La forma en la que el agua surge del acuífero tiene implicaciones para lograr la conservación

del manantial. Se consideraron dos tipos: manantiales de fractura a los que se les asignó un valor de 0 puntos puesto que representan un problema menor para su conservación debido a que no existen situaciones de sedimentación y bloqueo típicas de los manantiales filtradores, que normalmente están asociados a sedimentos finos y que requieren de un mantenimiento mayor para facilitar y controlar el flujo, a estos últimos se les asignó un valor de 5 puntos.

Uso del suelo circundante. Resulta evidente que los diferentes tipos de uso del suelo afectan las posibilidades de conservación debido a que las actividades antropogénicas afectan indirecta y directamente a estos ambientes. Así, los usos del suelo urbano, granjas y residencial se consideraron los más agresivos para la integridad biótica y física de los manantiales (10 puntos), seguido del agrícola, residencial y potrero (5 puntos) y a los usos libres, pastizal, forestal o sitios más alejados de presiones urbanas se les asignaron 0 puntos.

Uso antropogénico del manantial. Se identificaron seis usos principales y en este caso los puntajes están relacionados con el grado de impacto del uso sobre la dinámica física y biológica del manantial. Así, el uso de los manantiales para lavado de ropa se consideró como el de mayor impacto y se le asignó un valor de 10, al abastecimiento de agua potable para uso doméstico 8 puntos, para el uso de abrevadero 6 puntos, para la recreación 5 puntos, para el riego agrícola 3 puntos y para los manantiales sin uso 0 puntos.

Alteración del flujo del agua. Los manantiales para su uso se han modificado en su entorno inmediato mediante obras de diversificación hidráulica, cuando éstas aprovechan la mayor parte del flujo del agua se consideraron como una alteración alta (10 puntos). En otros, el aprovechamiento deja una parte importante del flujo o este es suficiente para que el agua fluya en la mayor parte del año y se le asignó un alteración de media a baja (5 puntos) y en una tercera categoría se incluyeron los manantiales sin alteración, es decir aquellos que fluyen libremente y están carentes de obras de diversificación hidráulicas (0 puntos).

Géneros indicadores. La presencia de ciertos géneros de macroinvertebrados en los manantiales es un indicador de las condiciones de salud en las que se encuentra, pudiendo permitir la conservación de su estructura y procesos funcionales. Así, se considero como criterio el número de géneros que indican buenas a excelentes condiciones de los ambientes acuáticos de agua dulce (De la Lanza-Espino et al. 2000). Los géneros considerados son: *Neocorixa* (Arthropoda: Insecta), *Notonecta* (Arthropoda: Insecta), *Helicopsyche* (Arthropoda: Insecta), *Polycentropus* (Arthropoda: Insecta), *Cymellus* (Arthropoda: Insecta), *Libellula* (Arthropoda: Insecta), *Cordulegaster* (Arthropoda: Insecta), *Leptophlebia* (Arthropoda: Insecta), *Heterelmis* (Arthropoda: Insecta) y *Hyaella azteca* (Arthropoda: Crustacea). Se incluyen además los géneros de las familias Aeshnidae (*Anax*), Baetidae (*Baetis*) y Tricorythidae (*Tricorythodes*) y la familia Unionidae (Molusca: Bivalvia), mencionadas todas ellas en la literatura como familias indicadoras de salud ambiental (Resh et al. 1996). Así mismo, se consideraron las clases Turbellaria y Acariforme, mencionadas también en la literatura como grupos indicadores de salud ambiental (Resh et al. 1996; Carrera y Fierro 2001). Tomando como base la mayor riqueza de géneros que se registró se ubicaron las siguientes condiciones: de 0 a 5 géneros (10 puntos), de 6 a 11 géneros (5 puntos) y de 12 a 17 géneros (0 puntos).

Importancia de la cuenca hidrográfica. Los manantiales estudiados se distribuyen en dos de las ecoregiones de agua dulce de México: las cuencas del Lerma-Chapala y la del Pánuco (Abell et al. 2000). La primera de ellas se caracteriza por su alta distintividad biológica de importancia mundial, pero se encuentra en una situación crítica de conservación, a los manantiales situados en esta ecoregión se les asignaron 10 puntos, mientras aquellas ubicadas en la cuenca del Pánuco se les asignaron 5 puntos basados en que esta ecoregión se encuentra en mejor estado y es considerada como vulnerable.

Diversidad Biológica. Finalmente, a escala de cada manantial una de las características importantes para su conservación es la biodiversidad, en este

sentido se consideraron intervalos de la diversidad calculada con el índice de Shannon, de tal manera que los sitios con valores de diversidad baja (0.0-0.90) les fueron asignados 10 puntos, a aquellos con valores moderados (0.91-1.8) se les dieron 5 puntos y a los de diversidades altas (1.81-2.7) se les otorgaron 0 puntos.

Una vez detallado el indicador, se aplicó a cada uno de los cuatro manantiales del estudio por cada estación anual para evaluar su estado de conservación.

Diseño del Plan de Manejo

El plan de manejo para los manantiales se desarrolló a partir de cuatro etapas: 1ª) de Preparación; 2ª) Descriptiva, 3ª) Analítica o de diagnóstico y 4ª) Propositiva (Ongay 2004). Las actividades llevadas a cabo en cada etapa se describen a continuación.

1) *Etapas de preparación.* En esta etapa se hicieron visitas a las áreas urbanas cercanas a cada uno de los manantiales y a las zonas colindantes con cada uno de ellos. Durante estas visitas, se identificaron los principales problemas de cada manantial por medio de entrevistas semiestructuradas con la gente de las comunidades y de observaciones técnicas. Se contactó a los delegados, comisarios ejidales y dueños de los predios en los que se encuentran los manantiales para formar grupos de trabajo que ayudaron a determinar los problemas del manantial y a organizar un taller de planeación participativa con la gente de la comunidad. En la segunda fase de la etapa preparativa se definieron las escalas temporal y espacial del trabajo, lo cual permitió la obtención de información, identificación de usuarios y el establecimiento de una propuesta de manejo acorde a los problemas detectados.

2) *Etapa descriptiva*. En esta etapa se hizo una descripción geográfica del manantial y una caracterización de los componentes históricos, naturales y socioeconómicos. La descripción geográfica consistió en la ubicación del manantial en términos geográficos básicos (latitud, longitud y altitud) e hidrológicos (en cual región y subregión hidrológica se localiza). La caracterización histórica del manantial se hizo por medio de entrevistas semi estructuradas con la gente y las autoridades de cada comunidad.

La caracterización ambiental del manantial consistió en la definición de la fisiografía, geología, clima precipitación y edafología del lugar en el que se encuentra, y de la biota acuática que aloja el manantial en las dos temporadas anuales. Esta información se obtuvo por medio de información cartográfica y bibliográfica, excepto la referente a la biota acuática, pues se generó como parte de los objetivos del presente trabajo.

Se hizo una caracterización socioeconómica de la comunidad en la que se encuentra cada manantial mediante el uso de información estadística (INEGI) describiendo algunos aspectos básicos de cada comunidad. El recabar este tipo de información permitió tener una aproximación general de las comunidades, facilitando el establecimiento de relaciones directas y cordiales con la gente y las autoridades de las comunidades, y además conocer las posibles necesidades primarias de cada comunidad.

3) *Etapa Analítica*. En esta etapa se diseñó un taller participativo con base en las recomendaciones de Levy (1998) y Feinsinger (2004). Este taller tuvo como objetivos: 1) establecer un acercamiento directo con la comunidad en general que permitiera conocer sus percepción y obtener información sobre la problemática del manantial con respecto a sus aspectos físicos, bióticos y legales, y cuales son las causas de tal situación, esto es elaborar un diagnóstico participativo; 2) dar información a la comunidad sobre la importancia y amenazas para los manantiales, y 3) ofrecer a los usuarios y a la comunidad en general un escenario

hacia las oportunidades y beneficios al promover el manejo adecuado de estos cuerpos de agua.

Con la información obtenida en cada taller de planeación participativa, de las observaciones técnicas en las visitas realizadas, de los análisis biológicos (variación estacional de la comunidad de macroinvertebrados y estado de conservación), y calidad del agua hechos por temporada anual, se hizo un diagnóstico integrado de cada problema detectado para cada manantial. Con este diagnóstico se analizaron las causas, efectos y soluciones de cada problema revelado y se plantearon los beneficios que se pueden obtener si se le da solución a la problemática existente.

4) *Etapa propositiva.* En esta última etapa se establecieron las estrategias que permitieron generar las líneas de acción que pueden solucionar la problemática detectada en cada manantial. Estas estrategias o componentes de manejo se formularon con base en la información recabada en las anteriores etapas y responden a la problemática detectada, a las oportunidades que ofrece el manantial y a las inquietudes de los usuarios.

Una vez formulados los componentes de manejo, se propusieron acciones concretas que se deben desarrollar para establecer un proceso adecuado de manejo para el manantial de cada una de estas comunidades. Las acciones de manejo estuvieron basadas en cuatro políticas: 1) la conservación del manantial y su biota, 2) la protección del manantial y sus recursos, 3) el aprovechamiento sostenible de los recursos del manantial y 4) la restauración de las zonas aledañas en las que se encuentra el manantial. En la figura 2 se muestran un resumen esquemático de los pasos a seguir para el establecimiento de la propuesta de manejo para los manantiales.

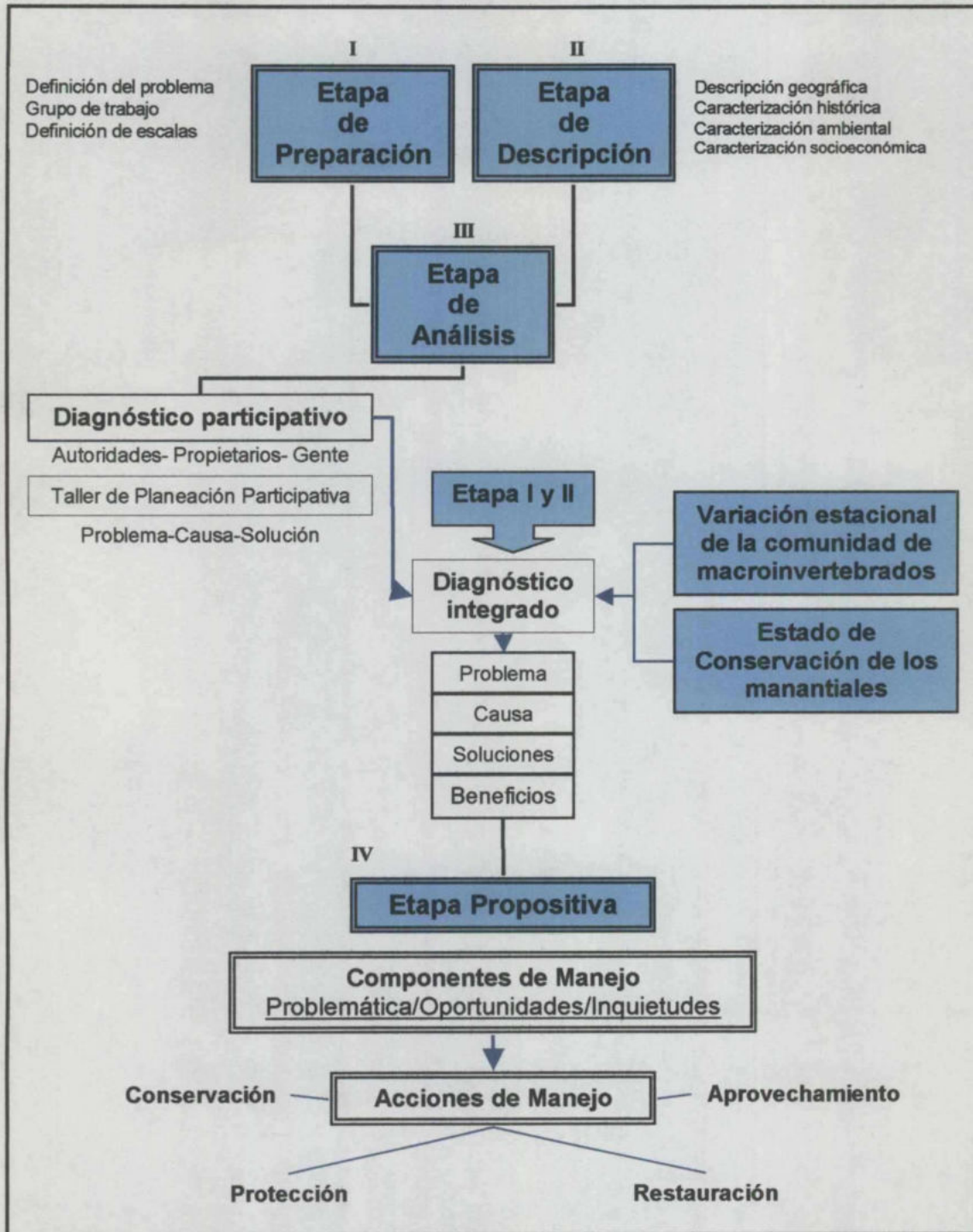


Figura 2. Resumen esquemático del desarrollo del plan de manejo para cuatro manantiales de las zonas templada y semiárida de Querétaro.

IV. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y CUALITATIVO

Para cada mes de muestreo y temporada anual (estiaje y sequía) y con el uso del programa BIODIV, se determinó el índice de diversidad de Shannon-Wiener ($H = -\sum_{i=1}^s (p_i)(\log_2 p_i)$), donde: H = índice de diversidad de Shannon-Wiener, S =número de especies, y p_i = proporción del total de la muestra que corresponde a la especie i), y el índice de dominancia de Simpson ($C = 1/\sum_{i=1}^s (p_i)^2$), donde: C =índice de diversidad de Simpson, p_i = proporción de individuos de la especie i en la comunidad) (Krebs 1989). La existencia de diferencias de los valores de diversidad y de los parámetros fisicoquímicos entre meses y temporadas de muestreo fue examinada con un ANOVA de una vía utilizando el paquete JMP.

Con el paquete BIODIV y utilizando el índice de Jaccard ($I_j = C/a+b-C$, donde a = número de especies presentes en el sitio A, b = número de especies presentes en el sitio B, y C = número de especies presentes en ambos sitios) (Moreno 2001) se midieron los grados de similaridad de la composición de la comunidad de macroinvertebrados: entre meses y temporadas anuales por manantial, por temporada anual entre manantiales, y la composición total entre manantiales. Los valores del índice de Jaccard ($0 \leq I_j \leq 1$) se presentan como porcentajes.

V. RESULTADOS

Manantiales seleccionados

Del grupo de manantiales de las zonas templada y semiárida de Querétaro son La Zorra en Colón (1), Boye en Cadereyta (2), San Martín (3) y La Beata (4) en Amealco, los que presentan las características más acordes con el estudio. Para estos sitios se tienen registrados datos referentes a su ubicación geográfica y características fisicoquímicas, morfométricas, geohidrológicas, bióticas, de uso y su estado de conservación, como resultado del trabajo de Morales Tovar (2002). En la figura 3 se presentan los manantiales elegidos, en la figura 4 su ubicación y en la tabla 1 su ubicación exacta y características registradas por Morales-Tovar (2002).



Figura 3. Manantiales seleccionados para el estudio: (1) La Zorra, La Zorra, Colón; (2) Boye, El Boye, Cadereyta de Montes; (3) San Martín, Ejido San Martín Amealco, y (4) La Beata, La Beata, Amealco.

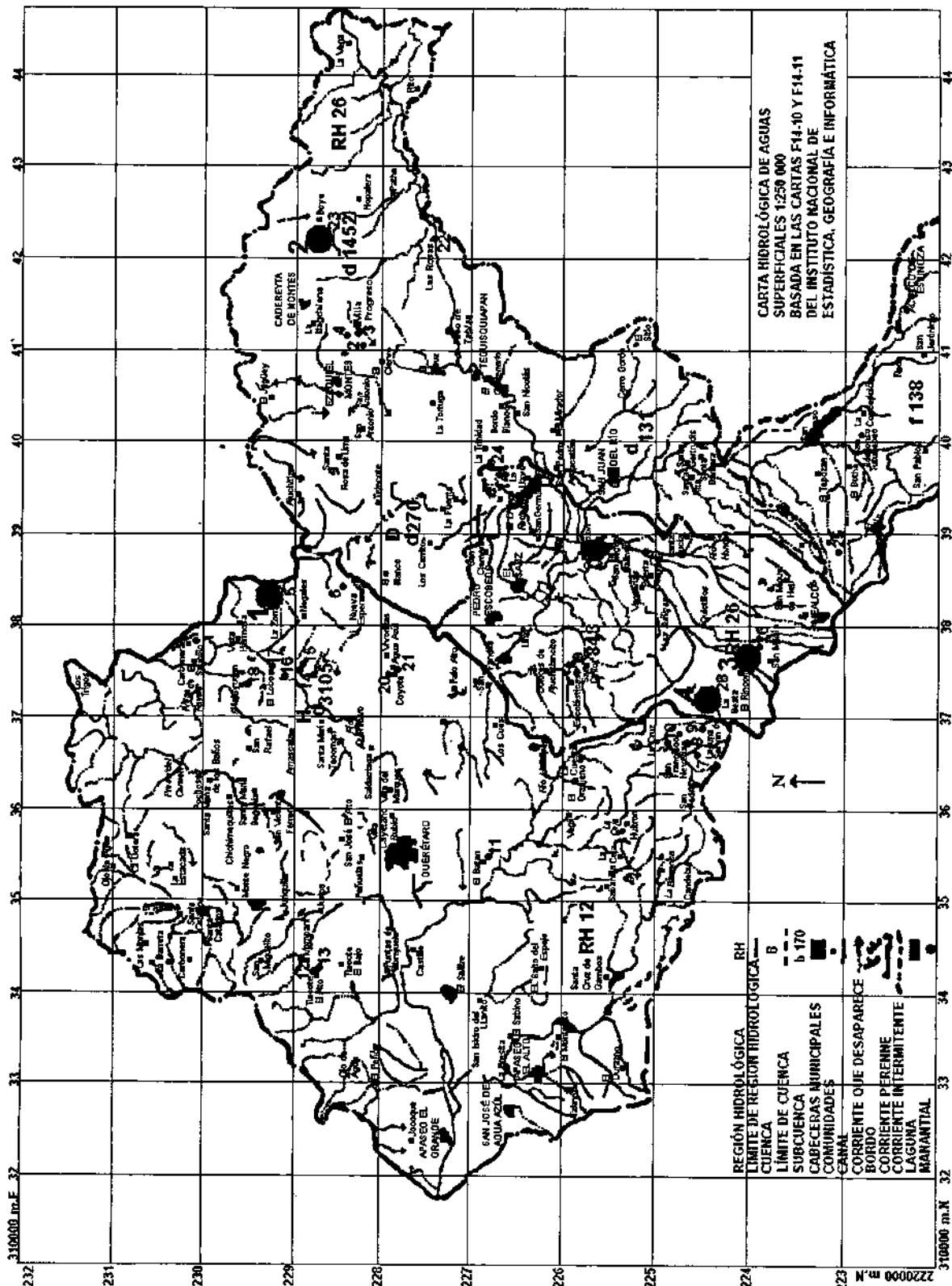


Figura 4. Ubicación de los manantiales elegidos para el estudio: 1) la Zorra, 2) Boye, 3) San Martín y 4) La Beata.

Nota: Los sitios numerados en color rojo corresponde a los registros de Morales-Tovar (2002).

Tabla 1. Ubicación geográfica y características registradas por Morales-Tovar (2002) para los manantiales La Zorra, Boye, San Martín y La Beata.

Características		Manantial			
		La Zorra	El Boye	San Martín	La Beata
Ubicación geográfica	Municipio	Colon	Cadereyta	Amealco	Amealco
	Localidad	La Zorra	El Boye	San Martín	La Beata
	Latitud	20° 43.12'	20°40.78'	20° 14.45'	20°18.42'
	Longitud	100° 07.19'	99° 45.45'	100°10.75'	100°14.54'
	Altitud (msnm)	2440	2133	2499	2468
	Zona	Semiárida	Semiárida	Templada	Templada
	Cuenca	Río Lerma	Río Pánuco	Río Lerma	Río Lerma
	subcuenca	D3105	d1452	e843	e843
Parámetros físicoquímicos	Temperatura (°C)	19.5	13.5	17.1	17.4
	pH	7.3	8.03	7.5	6.92
	Oxígeno disuelto (Mg/l)	3.68	4.62	2.54	2.76
	Conductividad (µs/cm)	0.377	0.09	0.33	0.074
	Dureza total (mgCaCO ₃ /L)	41.36 (suave)	41.73 (suave)	35 (suave)	28.66 (suave)
Morfometría (m)	Largo	3.5	3.5	0.79	0.15
	Ancho	1.55	3.5	0.55	0.30
	Profundidad	2	3	0.23	0.1
Geohidrología	Tipo de abertura	Fractura	Fractura	Fractura	Filtrador
	Geomorfología	Limnocreno	Limnocreno	Reocreno	Reocreno
	Sustrato	Roca	Roca	Roca	Limo
Riqueza y Diversidad	No. de especies	6	3	18	16
	Riqueza	255	142	268	136
	Diversidad	1.42	0.72	1.98	2.1
Uso del manantial	Uso del suelo circundante	Pastizal	Agricultura	Agricultura	Recreación
	Uso del manantial	Abasto de agua cuando escasea el agua potable*	Sin uso	Abasto de agua cuando escasea el agua potable. Abasto de la escuela primaria*	Sin uso
	Modificado	Entubado	Pozo	Pila	No
Conservación	Estado de conservación	Amenazado	Amenazado	Óptimo	Óptimo

* Dato conocido en el año 2005.

Los manantiales La Zorra, San Martín y La Beata se localizan en la cuenca del Río Lerma-Chapala, y Boye en la del Río Pánuco. La Zorra y Boye, manantiales limnocrenos de fractura, se encuentran en la zona semiárida del estado de Querétaro, y San Martín y La Beata, manantiales reocrenos de fractura y filtrador respectivamente, en la templada. Todos los manantiales se ubican en altitudes superiores a los 2100 msnm. El sitio con la temperatura más baja es Boye con 13.5° C y el de más alta es La Zorra con 19.5° C, los manantiales San Martín y La Beata, ubicados en el municipio de Amealco, tienen un poco más de 17° C. El nivel de pH de todos los manantiales esta alrededor de 7, excepto Boye. Los niveles de oxígeno en todos los sitios son bajos van de 2.5 a 4.62 Mg/L y la conductividad va de 28.66 a 41.73 $\mu\text{s/cm}$. Los cuatro sitios tienen agua clasificada como suave según los parámetros de Lind (1985).

La Beata es el único del grupo de manantiales de las zonas templada y semiárida de Querétaro que se puede catalogar como el menos perturbado, no presenta ningún tipo de modificación y tiene el valor de diversidad biológica más alto. La Zorra y San Martín son utilizados para abasto de agua y han sido modificados para su uso, mientras que Boye a pesar de presentar modificaciones no es utilizado en la actualidad para ningún fin. La Beata y San Martín de acuerdo con el indicador del estado de conservación tiene un estatus de conservación óptimo, y La Zorra y Boye de amenaza.

Variación estacional de la comunidad de macroinvertebrados durante las épocas de estiaje y lluvias.

En la tabla 2 se presenta la lista de taxa encontrados en los cuatro manantiales, para cada uno de ellos se incluye su nivel trófico, hábitos y nivel de tolerancia.

Tabla 2. Listado de los organismos encontrados en los manantiales La Zorra, Boye, San Martín y La Beata

Familia	Género	Manantial	Nivel trófico	Hábitos de actividad	Tolerancia
Bellostomatidae	<i>Bellostoma</i>	3,4	Depredador	Escaladores y nadadores	Facultativo
Notonectidae	<i>Notonecta</i>	1,3	Depredador	Nadador y escalador	Intolerante a la contaminación orgánica
Corbidae	<i>Neocorixa</i>	3	Depredador	Nadador	Intolerante a la contaminación orgánica
Gerridae	<i>Gerris</i>	3,4	Depredador	Patinador	Facultativo
Gerridae	<i>Tropobates</i>	1,2	Depredador	Patinador	*
Maucoridae	<i>Pelocoris</i>	3,4	Depredador	Escalador y nadador	*
Velidae	<i>Microvelia</i>	3	Depredador	Patinador	*
Hydrometridae	<i>Hydrometra</i>	4	Depredador	Patinador	Facultativo
Chironomidae	<i>Chironomus</i>	3	Colector herbívoro	Escarbador	Tolerante a contaminación orgánica; y metales pesados
Chironomidae	<i>Ablabesmya</i>	1,3,4	Depredador	Flotador (<i>Sprawler</i>)	Tolerante a contaminación orgánica; y metales pesados
Tipulidae	<i>Tipula</i>	3,4	Detritívora, colectora	Escarbador	Tolerante a contaminación orgánica
Dixidae	<i>Dixella</i>	3,4	Colector y recolector	Nadadores y escaladores	Tolerante a contaminación orgánica
Ceratopogonidae	<i>Seromyia</i>	3	Depredador	Escarbador	Tolerante a contaminación orgánica
Muscidae	<i>Mus1</i>	3	Depredador	*	Tolerante a contaminación orgánica
Tabanidae	<i>Crysops</i>	1,3	Depredador	Flotador (<i>Sprewler</i>) y escarbador	Tolerante a contaminación orgánica
Helycoptychidae	<i>Helycoptiche</i>	3,4	*	Agarrador	Intolerante a la contaminación orgánica
Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i>	3,4	Colector-filtrador, herbívoro	Agarrador	Intolerante a la contaminación orgánica
Polycentropodidae	<i>Cymellus</i>	4	Colector filtrador	Agarrador	Intolerante a la contaminación orgánica
Brachicentridae	<i>Eobrachicentrus</i>	4	Desgarrador, herbívoros	Agarrador	*
Hidropsychidae	<i>Parapsyche</i>	4	Colector filtrador	Agarrador	*
Aeshnidae	<i>Anax</i>	1	Depredador	Escalador	Aceptan muy pocos contaminantes (f)
Coenagrionidae	<i>Argia</i>	3,4	Depredador	Agarrador, escalador, flotador (<i>sprawler</i>)	Aceptan altas cantidades de contaminantes (f)

(1) La Zorra, (2) Boye, (3) San Martín y (4) La Beata. (*) ausencia de información al respecto. (f) información a nivel de familia y (c) a nivel de clase. (Resh et al. 1996). Las familias señaladas en negritas se reportaron para esos manantiales en el 2002 (Morales-Tovar 2002). *Sprawler*: permanece sobre los sedimentos finos.

Tabla 2. Continuación.

Familia	Género	Manantial	Nivel trófico	Hábitos de actividad	Tolerancia
Coenagrionidae	<i>Amphiagrion</i>	1,3	Depredador	Escalador	Aceptan altas cantidades de contaminantes (f)
Coenagrionidae	<i>Hesperagrion</i>	1,3	Depredador	Escalador	Aceptan altas cantidades de contaminantes (f)
Cordulegastriidae	<i>Cordulegaster</i>	4	Depredador	Escarbador	Aceptan muy pocos contaminantes (f)
Lestidae	<i>Lestes</i>	1	Depredador	Escalador y nadador	Aceptan altas cantidades de contaminantes (f)
Libellulidae	<i>Libellula</i>	1	Depredador	Flotador (Sprawler)	Intolerante a la contaminación orgánica
Tricorythidae	<i>Tricorythodes</i>	3	Colector y recolector	Flotador (Sprawler) y agarradores	Aceptan pocos contaminantes (f)
Leptophlebiidae	<i>Leptophlebia</i>	3,4	Colector y recolector	Nadador, agarrador y flotador (sprawler).	Intolerante a la contaminación orgánica
Baetidae	<i>Baetis</i>	3	Colector y recolector	Nadador, escalador y agarrador	Aceptan pocos contaminantes (f)
Noctuidae	<i>Scolecocampa</i>	3	*	*	*
Hydrophilidae	<i>Enochrus</i>	3	Colector, recolector, herbívoros	Escarbador y flotador (sprawler)	*
Hydrophilidae	<i>Tropisternus</i>	1,3	Desgarrador herbívoro	*	*
Hydrophilidae	<i>Hydrobius</i>	3	Colector desgarrador herbívoro*	Escalador, agarrador y flotador (sprawler).	*
Helophoridae	<i>Helophorus</i>	3	Desgarrador y herbívoro	Escaladores	*
Dytiscidae	<i>Liodessus</i>	3	Depredador	Nadador y escalador	Tolerantes de altas cantidades de contaminación orgánica*
Dytiscidae	<i>Hydaticus</i>	3	Depredador	Nadador, buceador, escalador	Tolerantes de altas cantidades de contaminación orgánica (f)
Dytiscidae	<i>Hydroporus</i>	3	Depredador	Agarrador y escalador	Tolerantes de altas cantidades de contaminación orgánica (f)
Dytiscidae	<i>Laccodytes</i>	3,4	Depredador	Nadador y buceador	Tolerantes de altas cantidades de contaminación orgánica (f)
Dytiscidae	<i>Laccophilus</i>	3	Depredador	Nadadores, buceadores y escaladores	Tolerantes de altas cantidades de contaminación orgánica (f)
Elmidae	<i>Heterelmis</i>	4	Raspador colector	*	Indica ambientes no o moderadamente contaminados
Hyalinellidae	<i>Hyalinella azteca</i>	2,4	Herbívoro, detritívoro	Sedentario	Indica ambientes no o moderadamente contaminados
Aesopidae	<i>Lirceus</i>	4	*	*	Aceptan muchos contaminantes (f)
Unionidae	<i>Oni1</i>	3,4	Filtrador	Sedentario	Indica ambientes no contaminados
Physidae	<i>Physella virgata</i>	1,2	*	*	Acepta muchos contaminantes (f)
Naididae	<i>Olig 1</i>	3,4	*	*	Aceptan muchos contaminantes
Planariidae	<i>Plan 1</i>	2	Depredador	*	Aceptan pocos contaminantes (c)
Planariidae	<i>Plan 2</i>	3,4	Depredador	*	Aceptan pocos contaminantes (c)
Ostracoda	<i>Ost1</i>	1	*	*	*
Ostracoda	<i>Ost2</i>	3	*	*	*
Hydracarina	<i>Aca1</i>	3,4	*	*	Aceptan pocos contaminantes (c)
Glossiphoniidae	<i>San1</i>	3	Hematofago	*	Aceptan altas cantidades de contaminantes (c)
Erpobdellidae	<i>San2</i>	4	Hematofago	*	Aceptan altas cantidades de contaminantes (c)

(1) La Zorra, (2) Boye, (3) San Martín y (4) La Beata. (*) ausencia de información al respecto. (f) información a nivel de familia y (c) a nivel de clase (Resh et al. 1996). Las familias señaladas en negritas se reportaron para esos manantiales en el 2002 (Morales-Tovar 2002). Sprawler: permanece sobre los sedimentos finos.

Entre los cuatro manantiales se identificaron en total 17 órdenes, 38 familias y 44 géneros. En la temporada de estiaje se registraron 28 familias y 34 géneros, mientras que en la de lluvias se registraron 33 familias y 41 géneros.

Considerando ambas estaciones del año, el manantial La Zorra presentó 6 órdenes, 10 familias y 11 géneros; el manantial Boye 4 órdenes, cuatro familias y tres géneros; el manantial San Martín 13 órdenes, 28 familias y 29 géneros, y el manantial La Beata 13 órdenes, 21 familias y 18 géneros. De las 38 familias identificadas, 25 fueron reportadas en el trabajo de Morales- Tovar (2002), con excepción de la familia Gerridae para el manantial Boye, que se colectó por primera ocasión.

El análisis de los hábitos tróficos de los macroinvertebrados de los cuatro manantiales señala que aproximadamente el 62% de los taxa tiene hábitos de depredación, mientras que el 38% restante se distribuyó de forma uniforme entre las otras 10 categorías de hábitos tróficos mencionadas en la tabla 2, y cuyos porcentajes van de 2.5 a 9.5%. Por manantial, se encontraron los siguientes valores aproximados de taxa depredadores: 82% para La Zorra, 66% para Boye, 59% para San Martín y 47% para la Beata.

Los hábitos de actividad registrados en los cuatro manantiales fueron muy diversos y se distribuyeron en 18 categorías. El hábito dominante fue el de escalador-nadador, pues el 17% de los macroinvertebrados exhibió esta actividad. Por manantial se encontró que el hábito dominante es el de escalador para La Zorra; el de sedentario para Boye; los de escalador-nadador, escarbador y escalador para San Martín, y el de agarrador para La Beata.

Según las cualidades de tolerancia indicadas para los organismos colectados, se obtuvo que el 22% es tolerante a contaminación orgánica; el 6% a la contaminación orgánica y metales pesados; el 21% soporta concentraciones altas de contaminantes; el 8% es facultativo; el 33% es intolerante a la

contaminación orgánica, y el 8% es indicador de ambientes moderadamente o no contaminados (en este porcentaje se incluye a los organismos que aceptan pocos y/o muy pocos contaminantes). Englobando los valores de tolerantes e intolerantes, el 59% de los taxa es tolerante a contaminación y el 41% es sensible a contaminación, de modo que sólo el 41% de los taxa encontrados son indicadores de ambientes poco o nada contaminados.

El desglose por manantial muestra que en La Zorra el 22% de los taxa es tolerante a contaminación orgánica; el 55% tolera altas concentraciones de contaminantes; el 11% es intolerante a contaminación orgánica, y el 11% es indicador de ambientes no o moderadamente contaminados. En Boye el 66% de es indicador de ambientes poco o nada contaminados y el 33% tolera concentraciones altas de contaminantes. En San Martín el 24% puede tolerar contaminación orgánica; el 31% concentraciones altas de contaminantes; el 7% es facultativo; el 17% es intolerante a la contaminación orgánica, y el 20% es indicador de ambientes moderadamente o no contaminados. En La Beata el 23% soporta contaminación orgánica; el 9.5% resiste altas concentraciones de contaminantes; el 14% es facultativo; el 33% es intolerante a la contaminación orgánica, y el 19% es indicador de ambientes moderadamente o no contaminados. Englobando los valores anteriores por sitio, el porcentaje de organismos sensibles a contaminación y, por lo tanto, de organismos indicadores de ambientes poco o nada contaminados son: del 57% para la Zorra, del 66% para Boye, del 37% para San Martín y del 52% para la Beata.

Los valores de riqueza y diversidad se presentan en la tabla 3, en ella aparece el número de especies (géneros y morfoespecies), número de individuos, valor del índice de diversidad de Shannon y el valor de dominancia de Simpson para cada manantial en cada mes de muestreo.

Tabla 3. Valores de riqueza y diversidad de los manantiales La Zorra, Boye, San Martín y La Beata en cada mes de muestreo.

Manantial	Mes	Número de especies (S)	Número de individuos (N)	Diversidad (H)	Dominancia (C)
Zorra	Feb	9	244	1.43	0.284
	Abril	7	253	1.11	0.473
	Julio	9	182	0.955	0.603
	Octubre	9	199	1.04	0.533
Boye	Feb	2	29	0.693	0.501
	Abril	4	154	0.548	0.743
	Julio	3	77	0.766	0.551
	Octubre	4	35	0.953	0.469
San Martín	Feb	25	219	2.25	0.205
	Abril	21	637	1.35	0.466
	Julio	23	227	2.33	0.134
	Octubre	25	327	1.97	0.272
La Beata	Feb	12	146	1.71	0.254
	Abril	17	47	2.53	0.0982
	Julio	16	153	2.01	0.206
	Octubre	20	154	2.38	0.131

Los meses en negritas pertenecen a la temporada de lluvias. Los datos en negritas corresponden a los valores más altos para cada categoría de diversidad.

De acuerdo con la información de la tabla 3, los valores de riqueza y diversidad se mantienen relativamente homogéneos entre los meses de muestreo en cada manantial. En La Zorra el número de géneros y morfoespecies oscila entre 7 y 9, el de individuos va de 182 a 253, los valores de diversidad van de 0.955 a 1.43 y los de dominancia de 0.284 a 0.603; en Boye el número géneros y morfoespecies oscila entre 2 y 4, el de individuos va de 29 a 154, los valores de diversidad van de 0.548 a 0.953, y los de dominancia de 0.469 a 0.743; en San Martín el número de géneros y morfoespecies oscila entre 21 y 25, el de individuos va de 219 a 637, los valores de diversidad van de 1.35 a 2.33, y los de dominancia de 0.134 a 0.466; en La Beata el número de géneros y morfoespecies oscila entre 12 y 20, el de individuos va de 47 a 154, los valores de diversidad van de 1.71 a 2.53, y los de dominancia de 0.0982 a 0.131.

Los meses con los valores más altos de diversidad variaron para cada manantial. En La Zorra, Boye y San Martín el mes con mayor número de individuos fue abril, pero para La Beata fue octubre. En cuanto a la diversidad, para la Zorra el mes más diverso fue febrero, para Boye octubre, para San Martín julio y para La Beata abril. Estos datos de diversidad son corroborados con los valores de dominancia.

Los análisis de varianza por mes mostraron que no existen diferencias significativas para el número de especies ($P(f)=0.9787/ 3,12$), número de individuos ($P(f)= 0.6896/ 3,12$), valor de diversidad ($P(f)= =0.9837/ 3,12$) y valor de dominancia ($P(f)= 0.8356/ 3,12$). Sin embargo por manantial este análisis reveló la existencia diferencias significativas en todos los casos: número de especies ($P(f)=<0.0001/ 3,12$), número de individuos ($P(f)= 0.0151/ 3,12$), valor de diversidad ($P(f)= <0.0001/ 3,12$) y valor de dominancia ($P(f)= 0.0023/ 3,12$).

En la tabla 4 se muestran los valores de riqueza y diversidad de los manantiales por estación de año. Los valores presentados son los promedios de los valores obtenidos para cada categoría de diversidad en los meses correspondientes a cada temporada anual, febrero-abril para estiaje y julio-octubre para lluvias.

Tabla 4. Valores de riqueza y diversidad de los manantiales La Zorra, Boye, San Martín y La Beata en cada temporada anual.

Manantial	Número de especies (S)		Número de Individuos (N)		Diversidad (H)		Dominancia (C)	
	Estiaje	Lluvias	Estiaje	Lluvias	Estiaje	Lluvias	Estiaje	Lluvias
La Zorra	8 (D.E.=1)	9 (D.E.=0)	248 (D.E.=23.85)	190.5 (D.E.=29.08)	1.27 (D.E.=0.16)	0.9975 (D.E.=0.04)	0.3785 (D.E.=0.09)	0.568 (D.E.=0.03)
Boye	3 (D.E.=1)	3.5 (D.E.=0.5)	91.5 (D.E.=69.37)	56 (D.E.=21)	0.6205 (D.E.=0.07)	0.8595 (D.E.=0.09)	0.622 (D.E.=0.121)	0.51 (D.E.=0.04)
San Martín	23 (D.E.=2)	24 (D.E.=1)	428 (D.E.=209)	277 (D.E.=50)	1.8 (D.E.=0.45)	2.15 (D.E.=0.18)	0.3355 (D.E.=0.13)	0.203 (D.E.=0.06)
La Beata	14.5 (D.E.=2.6)	18 (D.E.=2)	96.5 (D.E.=34)	153.5 (D.E.=0.79)	2.12 (D.E.=0.41)	2.19 (D.E.=0.18)	0.1761 (D.E.=0.07)	0.1685 (D.E.=0.03)

Según los datos de la tabla 4, hay algunas variaciones por temporada. En los cuatro manantiales el número de especies fue menor en la época de estiaje. En La Zorra y San Martín el número de individuos fue mayor en la temporada de estiaje, mientras que en Boye y la Beata hubo una menor cantidad de individuos en esa temporada. Según el índice de diversidad de Shannon, los manantiales La Zorra y Boye tuvieron valores de diversidad más altos en estiaje, mientras que San Martín y La Beata presentaron valores de diversidad más altos en la temporada de lluvias. Esta información es corroborada con los valores de dominancia de Simpson obtenidos. El análisis de varianza reveló que por temporada el número de especies ($P(f) = 0.8181 / 1,6$), número de individuos ($P(f) = 0.6279 / 1,6$), valor de diversidad ($P(f) = 0.8475 / 1,6$) y valor de dominancia ($P(f) = 0.9135 / 1,6$) no tienen diferencias significativas, lo contrario sucede según el análisis por manantial para todas las categorías de diversidad (número de especies ($P(f) = 0.0003 / 3,4$), número de individuos ($P(f) = 0.0378 / 3,4$), valor de diversidad ($P(f) = 0.0038 / 3,4$) y valor de dominancia ($P(f) = 0.0369 / 3,4$)).

En la tabla 5 se muestran los resultados obtenidos sobre el porcentaje de similitud de la composición de la comunidad de macroinvertebrados de cada manantial entre meses y estaciones del año según el índice de Jaccard.

Tabla 5. *Porcentajes de similitud de la composición de la comunidad de macroinvertebrados de los manantiales La Zorra, Boye, San Martín y La Beata entre meses y estaciones del año..*

Manantial	Porcentaje de similitud	
	Meses	Estaciones del año
La Zorra	58	75
Boye	75	100
San Martín	44	74.4
La Beata	50	79.2

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
BIBLIOTECA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES

FCNT0019

De acuerdo con los datos de la tabla 5, la composición taxonómica de la comunidad de macroinvertebrados en todos los manantiales es más o menos similar entre los meses de muestreo. En los manantiales La Beata y Boye todos los meses de muestreo presentan el mismo porcentaje de similitud 50 y 75%, respectivamente, en el caso del manantial San Martín febrero y abril (meses de la temporada de estiaje), tuvieron un porcentaje de similitud del 75%, mientras que la del resto de los meses es de aproximadamente el 44%. En el manantial La Zorra sucede lo mismo que en San Martín, entre de febrero y abril el valor de similitud es del 72.7%, y entre el resto de los meses es de aproximadamente el 58%. Entre temporadas anuales el porcentaje de similitud para todos los manantiales es de más de 70%.

Al comparar entre manantiales la composición de la comunidad de macroinvertebrados por estación del año y la composición total, según el índice de Jaccard, se encontró que no son similares entre si pues sus porcentajes de similitud son menores al 35%. Los que presentaron los porcentajes más altos de similitud entre temporadas anuales y de composición total anual fueron La Beata y San Martín con un 32.5% en la temporada de lluvias, 22.2% en estiaje y 34.8%. Para el resto de los manantiales los porcentajes de similitud van de 0 a 9.5 al comparar entre estaciones del año y de 0 a 7.69% al comparar la composición total.

En la tabla 6 se muestran los resultados obtenidos de la medición de los parámetros fisicoquímicos del agua por manantial y por mes de muestreo. Estas mediciones incluyen al oxígeno disuelto, temperatura, conductividad y pH.

Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos de los manantiales La Zorra, Boye, San Martín y La Beata por mes de muestreo.

Manantial	Mes	O. D. (% de saturación)	O. D. (Mg/L)	Temperatura (°C)	Conductividad $\mu\text{s/cm}$	pH
La Zorra	Feb	—	6.5	18.1	27.2	7.5
	Abril	50.9	4.7	18.8	28	8.0
	Julio	43.4	3.95	20.1	0.45	7.1
	Oct	22.4	2.01	20.6	0.32	6.3
Boye	Feb	—	6.9	12.2	119	8.0
	Abril	26.4	2.95	14.4	135	8.1
	Julio	69.9	6.89	16.1	119	7.8
	Oct	26.6	2.67	15.8	92	6.8
San Martín	Feb	—	6.9	16.5	21	6.5
	Abril	43.4	4.19	17.4	36	7.1
	Julio	38.4	3.68	17.3	48	6.1
	Oct	28.4	2.74	17.1	0	5.8
La Beata	Feb	—	8.8	17.5	7.6	7.1
	Abril	63.5	6.15	17.5	76	7.3
	Julio	65.1	6.42	17.2	0	7.5
	Oct	40.06	3.92	16.8	73	6.4

Los meses en negritas pertenecen a la temporada de lluvias. Los datos en negritas corresponden a los valores más altos para cada parámetro fisicoquímico.

De acuerdo con los datos de la tabla 6, las mediciones de oxígeno disuelto entre meses oscilaron de 2.01 a 6.5 Mg/L en la Zorra; de 2.67 a 6.9 Mg/L en el Boye; de 2.74 a 6.9 Mg/L en San Martín, y de 3.92 a 8.8 Mg/L en la Beata. Los valores más bajos de oxígeno disuelto se presentaron en la temporada de lluvias. La temperatura se mantuvo más o menos estable, la Zorra tuvo variaciones de 2.5° C; en Boye la variación fue de 4° C, en San Martín de 1° C, y en La Beata de 0.5° C. La conductividad presentó diferencias notables en los meses de muestreo, en La Zorra este factor fisicoquímico osciló entre 0.32 y 28 $\mu\text{s/cm}$; en Boye entre 92 y 119 $\mu\text{s/cm}$; en San Martín varió entre 0 y 48 $\mu\text{s/cm}$, y en La Beata de 0 a 76 $\mu\text{s/cm}$. Los valores más bajos de conductividad se presentaron en la temporada de lluvias. El pH se mantuvo más o menos constante entre los meses de muestreo, en La Zorra sus valores oscilaron entre 6.3 y 8; en el Boye osciló entre 6.8 y 8; en San Martín osciló de 5.8 a 7, y en La Beata varió de 6.4 a 7.5.

Todos los parámetros fisicoquímicos presentaron variaciones entre los meses de muestreo en cada manantial. En todos los sitios, febrero fue el mes con el valor más alto de oxígeno disuelto el cual disminuyó gradualmente hasta presentar su valor más bajo en octubre. La temperatura no varía tan marcadamente como el oxígeno, incluso algunas mediciones fueron casi idénticas en al menos dos meses de muestreo, como fue el caso de La Zorra, San Martín y La Beata, por esta razón no se señala ningún mes en particular como el que tuvo la temperatura más alta. En la Zorra, Boye y la Beata el mes con la medición de conductividad más alta fue abril, y para San Martín julio. Para la Zorra, Boye y San Martín el mes con la medición de pH más alta fue abril, mientras que para la Beata fue el de julio.

El análisis de varianza aplicado a los parámetros fisicoquímicos por mes de muestreo, señala que dos de ellos muestran diferencias significativas y los otros dos no. La temperatura ($P(f)= 0.7014/ 3,12$) y la conductividad ($P(f)= 0.8462/ 3,12$) no exhiben diferencias importantes por mes, lo contrario sucede con el oxígeno disuelto ($P(f)= 0.0024/ 3,12$) y el pH ($P(f)= 0.0485/ 3,12$). En el caso del oxígeno disuelto los meses que presentaron las mediciones más altas fueron los de la temporada de estiaje, un comportamiento anual que no ocurre con el pH. Ahora bien, el análisis practicado por manantial indica que la temperatura ($P(f)= 0.0005/ 3,12$) y la conductividad ($P(f)= 0.0005/ 3,12$) presentan diferencias significativas, mientras que el oxígeno disuelto ($P(f)=0.4814/ 3,12$) y el pH ($P(f)=0.0585/ 3,12$) no las muestran.

En la tabla 7 se presentan los valores de los parámetros fisicoquímicos por estación del año, que corresponden a los promedios de los meses correspondientes a cada estación, febrero-abril para estiaje y julio-octubre para lluvias. Las cifras correspondientes al porcentaje de saturación de oxígeno no se presenta por falta de datos para la temporada de estiaje.

Tabla 7. Parámetros fisicoquímicos de los manantiales La Zorra, Boye, San Martín y La Beata en cada temporada anual.

Manantial	Oxígeno disuelto (Mg/L)		Temperatura (° C)		Conductividad $\mu\text{s}/\text{cm}$		pH	
	Estiaje	Lluvias	Estiaje	Lluvias	Estiaje	Lluvias	Estiaje	Lluvias
La Zorra	5.6 (D.E.=0.9)	2.98 (D.E.=0.97)	18.45 (D.E.=0.33)	20.35 (D.E.=0.25)	27.6 (D.E.=0.4)	0.385 (D.E.=0.06)	7.75 (D.E.=0.25)	6.7 (D.E.=0.4)
Boye	4.925 (D.E.=1.97)	4.78 (D.E.=2.11)	13.3 (D.E.=1.1)	15.95 (D.E.=0.15)	127 (D.E.=8)	105.5 (D.E.=13.5)	8.05 (D.E.=0.05)	7.3 (D.E.=0.5)
San Martín	5.545 (D.E.=1.35)	3.21 (D.E.=0.47)	16.95 (D.E.=0.45)	17.2 (D.E.=0.1)	28.5 (D.E.=7.5)	24 (D.E.=24)	6.8 (D.E.=0.3)	5.95 (D.E.=0.15)
La Beata	7.475 (D.E.=1.32)	5.17 (D.E.=1.25)	17.5 (D.E.=0)	17 (D.E.=0.2)	41.8 (D.E.=34.2)	36.5 (D.E.=36.5)	7.2 (D.E.=0.1)	6.95 (D.E.=0.55)

Según los datos de la tabla 7, se puede apreciar que los factores fisicoquímicos muestran variaciones entre temporadas de muestreo, sin embargo el análisis de varianza por manantial mostró que únicamente la conductividad ($P(f)= 0.0041/ 3,4$) presenta diferencias significativas, contrariamente al oxígeno disuelto ($P(f)= 0.5540/ 3,4$), temperatura ($P(f)=0.0652/ 3,4$) y pH ($P(f)= 0.2712/ 3,4$). Entre manantiales no hay diferencias importantes para el oxígeno disuelto ($P(f)= 0.0551/ 1,6$), temperatura ($P(f)=0.4930/ 1,6$), conductividad ($P(f)= 0.6714/ 1,6$) y pH ($P(f)= 0.1197/ 1,6$).

En la tabla 8 se presenta el resultado de los análisis bacteriológicos del agua de los cuatro manantiales, que incluye la cuantificación de coliformes totales y de coliformes fecales.

Tabla 8. Análisis bacteriológico del agua de los manantiales La Zorra, Boye, San Martín y La Beata.

Manantial	Coliformes Totales NMP/100 mL	Coliformes Fecales NMP/100 mL
La Zorra	0.43	0.15
Boye	0.43	0.43
San Martín	0.23	<0.03
La Beata	0.04	0.23

Nota: NMP= número más probable.

Los manantiales La Zorra y Boye presentaron la cantidad mayor de coliformes totales, y sólo Boye presentó el número más alto de coliformes fecales. El manantial con menor cantidad de coliformes totales y fecales fue la Beata con 0.04 y <0.03, respectivamente. Las cantidades de coliformes detectadas con este análisis quedan clasificadas como no detectables de acuerdo con la Norma Oficial NOM-127-SSA1-1994, la cual ubica a todos los sitios dentro de los límites permisibles de salud ambiental y de agua para uso y consumo humano.

Estado de conservación

En la tabla 9 se muestran los valores parciales del indicador del estado de conservación de los manantiales en estudio.

Tabla 9. *Valores de los criterios del indicador del estado de conservación de los manantiales de las zonas templada y semiárida de Querétaro.*

Manantial	Tipo de Manantial		Uso del suelo		Uso del Manantial		Alteración del flujo		Géneros Indicadores		Importancia de la cuenca		Diversidad		Puntaje del Indicador	
	TE	TL	TE	TL	TE	TL	TE	TL	TE	TL	TE	TL	TE	TL	TE	TL
La Zorra	0	0	0	0	8	8	0	0	10	10	10	10	5	5	33	33
Boye	0	0	5	5	0	0	5	5	10	10	5	5	10	5	36	30
San Martín	0	0	5	5	3	3	0	0	5	5	5	5	0	0	18	18
La Beata	5	5	5	5	0	0	0	0	5	5	5	5	0	0	20	20

TE: Estiaje (2004); TL: Lluvia (2004)

El indicador varía entre 18 y 35 puntos en la temporada de estiaje, y entre 18 y 33 en temporada de lluvias. Según los resultados, a los manantiales La Zorra (33 puntos para ambas temporadas) y Boye (33 y 35 puntos para estiaje y lluvias, respectivamente) se les confiere el estatus de amenazados, y a los de San Martín (18 puntos para ambas temporadas) y La Beata (20 puntos para ambas temporadas) el de condición óptima. Es importante hacer notar que los resultados del indicador para estiaje y lluvias no tienen variaciones importantes, ya que en ambos casos quedan ubicados dentro del mismo estatus: Amenazado para La

Zorra y Boye, y Optimo para San Martín y La Beata. Cabe mencionar que para los cuatro manantiales, este estatus de conservación fue el mismo que se les otorgó en el trabajo de Morales-Tovar (2002) que estuvo limitado sólo a la temporada de máximo estiaje.

Diseño del plan de manejo

Etapas de preparación

Los manantiales de las zonas templada y semiárida de Querétaro son sitios altamente heterogéneos, modificados de su condición natural, utilizados para distintos fines y posteriormente abandonados con la llegada del agua potable o bien cuando disminuye su flujo. La condición de conservación que presentan, en general, es poco favorable para su mantenimiento en el tiempo porque están sujetos a diversos tipos de amenazas, sobre todo las antropogénicas, sea porque los dueños los quieren modificar para obtener más agua o porque los ven únicamente como proveedores secundarios de agua. El estatus legal de estos ambientes, como se ha mencionado en párrafos anteriores, no es claro lo cuál los coloca en una posición de riesgo dado que esta desierta la responsiva por los daños que se les puedan ocasionar. La problemática particular detectada, por medio de observaciones personales, en cada uno de los manantiales del estudio se presenta en la tabla 10.

Tabla 10. Problemática particular de los manantiales La Zorra, Boye, San Martín y La Beata.

Manantial	Problemas
La Zorra	Pastoreo vacuno, visitantes no regulados, cuatro instancias relacionadas con el uso y cuidado de la zona del manantial.
Boye	Visitantes no regulados, contaminación orgánica moderada, poco interés de los dueños por el sitio, desconocimiento de las posibles formas de manejo.
San Martín	Pastoreo; deforestación; visitantes no regulados; pérdida de la rivera (banco); en temporada de lluvias recibe sedimento de una corriente temporal, olvido de la comunidad en general.
Beata	Pastoreo bovino moderado; visitantes no regulados, extracción forestal no regulada.

Todos los manantiales presentan el problema de visitantes que tiran sus desechos a los manantiales o que los utilizan "como sanitarios". Los manantiales La Zorra, San Martín y La Beata comparten el problema del pastoreo, los habitantes de la zona llevan a sus animales a beber agua o a ramonear cuando recién ha llovido. El manantial San Martín ha perdido toda su vegetación natural, según INEGI (2000) la vegetación de la zona está clasificada como agrícola, esta condición provoca el ingreso de sedimentos en la temporada de lluvias pues no hay vegetación que los retenga, además en temporada de lluvias una corriente temporal le acarrea sedimento que se quedan estancados en la primer poza que forma la corriente del manantial. En La Beata existe el saqueo de madera de pino y encino por lo que hay problemas de deforestación.

Los grupos de trabajo estuvieron integrados por autoridades locales y propietarios. En La Zorra el equipo quedó integrado por la Sra. Sara Barrón, delegada de la comunidad, Sra. Mónica Martínez y Juan Hernández, secretaria y policía de la comunidad respectivamente; en El Boye los integrantes fueron los señores Amador Reséndiz, albacea de la propiedad ex - hacienda Tepiyi (lugar donde se encuentra el manantial Boye), y Oscar Sánchez Morán, delegado de la comunidad; en San Martín el equipo quedó integrado por el Sr. Guadalupe Colín, comisario ejidal interino, y el Sr. Juan Mendoza, delegado de San Martín, y en la Beata el grupo lo formaron Lucía García, delegada de la comunidad, y la maestra Alicia, maestra suplente de la escuela primaria. Con estos grupos de trabajo se organizaron los talleres de planeación participativos con los que se conoció la perspectiva de los usuarios sobre el manantial, su importancia, problemática, amenazas y soluciones a estas situaciones.

En lo que se refiere a las escalas del plan de manejo, la escala espacial que se consideró es la de unidad de escurrimiento, y en cuanto a la temporal no hay una escala definida puesto que al ser emergencias de agua subterránea su presencia en la superficie está dada en una escala geológica.

Etapa Descriptiva

Caracterización histórica

Manantial La Zorra. Es conocido por los habitantes de La Zorra como "el pozo". De acuerdo con la delegada, desde hace cien años el manantial emana la misma cantidad de agua, llenando la pila que se construyó para retenerla y almacenarla. En la época de lluvias, el volumen que fluye es mayor y se derrama hasta la calle. Con el fin de aprovechar el agua del manantial y fomentar un empleo alternativo para la comunidad, se formó un comité que se encargó de la construcción de un estanque de acuicultura a las faldas de la peña. El primer intento de cultivo fue en 1995, se introdujeron 30 000 bagres y mojarras, sin embargo no tuvo éxito porque faltó información sobre las características fisicoquímicas del agua, por los bajos niveles de oxígeno y falta de capacitación para el mantenimiento del cultivo. En el año 2000, se introdujo el pez *Heterandria bimaculata* (Morales-Tovar 2002) para fines estéticos.

Hace 20 años el agua del manantial era utilizada por toda la comunidad para llevar a cabo sus actividades domésticas, bañarse y para beber. Cuentan los lugareños que en una ocasión, debido al uso del manantial por toda la comunidad, el manantial quedó completamente seco recuperando su volumen normal de agua en ocho días aproximadamente. En la actualidad, el manantial no es utilizado, salvo cuando no hay agua potable en la comunidad y ocasionalmente para cocinar, pues a la gente le agrada el sabor de los alimentos cuando se utiliza el agua de este sitio.

Manantial Boye. Perteneció a la Hacienda San Rafael Agua de Patos a finales del siglo XIX, ahora conocida por los habitantes como "Tepiyi", propiedad de Don Antonio Reséndez. En 1847, algunos de los terrenos de esta hacienda se anexan con otras rancherías cercanas para completar el censo necesario y formar pueblos, entre ellos El Boye (García-Ugarte 1992). Al parecer esta propiedad fue

comprada por una gente de Pachuca, que posteriormente la vendió a los ejidatarios de El Boye en 1970.

De acuerdo con el albacea de la hacienda, en 1970 el manantial emanaba altas cantidades de agua. Este sitio es una especie de pozo de captación con dos piletas a los lados, en 1970 estas obras de captación se llenaban y desbordaban. El agua era destinada para uso doméstico de la gente de Boye y de las comunidades vecinas, sin ningún costo. Cuando llegó el agua potable el pozo dejó de ser utilizado, y a la fecha su agua no es usada para ningún tipo de actividad. En 1989 todavía se llenaban ambas piletas, y para el 2002 apenas se mantenían húmedas.

Manantial San Martín. Es conocido por los lugareños como Los Hornos. De acuerdo con los habitantes con mayor tiempo de vivir en la comunidad, en promedio 50 años, este sistema siempre ha emanado esa misma cantidad de agua y lo conocen como el más grande de la zona. Hasta 1997, era utilizado para lavar y como fuente de abasto de agua para tomar y como abrevadero. En la actualidad, el agua ha sido entubada para abastecer la escuela primaria, y todavía se usa como abrevadero, pero con menor frecuencia. La gente utiliza esta agua cuando no hay agua potable en la comunidad o bien cuando no hay dinero para pagarla.

Manantial La Beata. De 1970 a 1997, fue usado por los habitantes de la Beata como fuente de abasto de agua para uso doméstico y para beber. Tenía su salida de agua 4 metros debajo de donde actualmente está la abertura, cuentan sus habitantes que esta salida tenía mucha presión, tanta que les permitía llenar directamente sus botes con el agua. Esta abertura se asoló con el tiempo, aparentemente desapareció y apareció la abertura actual.

En la actualidad, no tiene ningún uso y únicamente cuando tienen "antojo" de recordar su sabor acarrean agua para beber, para el tratamiento de algunos

dolores y para adquirir algunas plantas medicinales que crecen cerca de él. Cuando no hay agua potable se abastecen de otro manantial modificado (pozo) que esta más cerca de la comunidad, pues facilita la extracción de agua y, por su forma, acumula una mayor cantidad.

Caracterización ambiental

En el trabajo de Morales-Tovar (2002) se generó información básica sobre los manantiales. Esta información esta constituida por la descripción de la ubicación geográfica e hidrológica, las caracterizaciones limnológica, del hábitat, y biótica, así como la descripción del estado de conservación de cada manantial. Esta información se encuentra resumida en la tabla 1. En la tabla 2 se presenta el listado de géneros de macroinvertebrados (en cada género se señala el manantial donde se encontró) junto con la descripción de sus cualidades tróficas, de hábitos y de tolerancia. En las tablas 4 y 5 se presentan los datos de diversidad y riqueza por mes y por temporada, respectivamente, y en las tablas 6 y 7 se presenta los datos de las mediciones fisicoquímicas en cada mes y estación del año.

Por la escala espacial en la que se esta trabajando se ha recabado información ambiental del medio circundante al manantial. Esta información se presenta a continuación por manantial y se refiere a la fisiografía, geología, clima, temperatura, precipitación y tipo de vegetación de la localidad donde se encuentra cada uno.

Manantial La Zorra. La zona donde se encuentra el manantial se localiza en la provincia fisiográfica del eje Neovolcánico, específicamente en la subprovincia de llanuras y sierras de Querétaro e Hidalgo. El terreno está constituido por materiales sedimentarios del Cenozoico terciario, y formados por arenisca conglomerada. El clima predominante es el BS1k, un clima semiseco templado. La temperatura media anual oscila entre 16 y 18° C. La precipitación total anual va de 500 a 600 mm, la precipitación media anual es de 452.1 mm. El

tipo de vegetación predominante es el pastizal cuyas especies principales son *Aristida sp.*, *Boutelova sp.*, y *Muhlenbergia sp.* (INEGI 2000)

Manantial Boye. La zona donde se encuentra el manantial se localiza en la provincia fisiográfica del eje Neovolcánico, específicamente en la subprovincia de llanuras y sierras de Querétaro e Hidalgo. El terreno está constituido por materiales ígneos extrusivos del Cenozoico terciario, formado por tobas ácidas. El clima predominante es el BS1k, un clima semiseco templado. La temperatura media anual oscila entre 16 y 18° C. La precipitación total anual va de 500 a 600 mm, la precipitación media anual es de 457.4 mm. El tipo de vegetación predominante es el matorral cuyas especies principales son *Acacia schaffneri*, *Opuntia sp.*, *Agave falcata*, *Larrea tridentata* y *Mimosa sp.* (INEGI 2000).

Manantial San Martín. La zona donde se encuentra el manantial se localiza en la provincia fisiográfica del eje Neovolcánico, específicamente en la subprovincia de llanuras y sierras de Querétaro e Hidalgo. El terreno está constituido por materiales ígneos extrusivos del Cenozoico terciario, formado por basalto. El clima predominante es el C(w1), un clima templado subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual oscila entre 14 y 16° C. La precipitación total anual va de 700 a 800 mm, aunque considerando la información de la estación meteorológica más cercana (San Pablo) la precipitación media anual es de 907.2 mm. Según INEGI (2000) el tipo de vegetación predominante se considera como agrícola aunque se puede decir que es pastizal, vegetación secundaria provocada por el pastoreo.

Manantial La Beata. La zona donde se encuentra el manantial se localiza en la provincia fisiográfica del eje Neovolcánico, específicamente en la subprovincia de llanuras y sierras de Querétaro e Hidalgo. El territorio donde se ubica al manantial está constituido por materiales ígneos extrusivos del Cenozoico terciario, constituidos por basalto. El clima predominante es el C(w1), un clima templado subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual oscila

entre 14 y 16° C. La precipitación total anual va de 818 a 907.2 mm, de acuerdo con la información de la estación meteorológica más cercana (San Pablo). El tipo de vegetación predominante es bosque de encino cuyas especies principales son *Q. rugosa*, *Q. laurina* y *Q. obtusata* (INEGI 2000).

Caracterización socioeconómica

Comunidad La Zorra. Se localiza en el municipio de Colón en los 20° 42' 55" N y 100° 07' 47", a una altitud de 2080 msnm. Limita al norte con la comunidad de Peña Colorada, al sur con la de Nogales, al este con Palmas y al oeste con Vista Hermosa. Esta comunidad fue establecida a principios del siglo pasado. Su número de habitantes ha oscilado entre 206 (1900) y 498 (1960), en la actualidad tiene 372 habitantes, predominando los varones. El 84% de la población es católica (INEGI 2000).

La escolaridad promedio de los habitantes es de cuarto grado de primaria. De la población de 15 años en adelante, el 12% tiene primaria completa, el 12% tiene secundaria completa y el 1% tiene instrucción media superior.

En cuanto a salud, el 85% de la población no tiene derechohabencia a servicios de salud. El 14% de la población es derechohabiente a servicios de salud otorgadas por el IMSS.

En lo que respecta a la vivienda, hay 78 viviendas habitadas en total. De esas viviendas el 12% cocina con leña, el 17% tiene agua entubada, el 4% tiene drenaje, el 20% tiene servicio eléctrico, el 4% tiene agua entubada, drenaje y electricidad.

La población económicamente activa esta integrada por 91 personas (24% de la población total), y la económicamente inactiva por 147 personas (39% de la población total). El 27% de la población ocupada se dedica al sector primario, el 50% al sector secundario y el 23% al sector terciario.

Comunidad El Boye. Se encuentra en el municipio de Cadereyta de Montes en los 20° 40' 52" N y 99° 44' 23", a una altitud de 2080 msnm. Limita al norte con la comunidad de Mintehé, al sur con Dovilo, al este con Dethiga y al oeste con Pueblo Nuevo. Esta comunidad fue establecida a principios del siglo pasado (INEGI). Ha tenido un incremento demográfico del 900% aproximadamente del año 1900 (206 habitantes) al 2000 (1742 habitantes). En la actualidad tiene 1742 habitantes, de las cuales el 46% son hombres y el 54% mujeres. El 84% de la población es católica (INEGI 2000).

La escolaridad promedio de los habitantes es de quinto grado de primaria. De la población de 15 años en adelante, el 24% tiene primaria completa, el 7% tiene secundaria completa, el 4.4% tiene educación media superior y el 0.34% (6 personas) tiene instrucción superior.

En cuanto a salud, el 89% de la población no tiene derechohabencia a servicios de salud. El 9.8% de la población es derechohabiente a servicios de salud, el 8.9% es derechohabiente a servicios de salud otorgadas por el IMSS y el 1% es derechohabiente a servicios de salud otorgados por el ISSSTE.

En lo que respecta a la vivienda, hay 379 viviendas habitadas en total. De esas viviendas el 34% cocina con leña, el 85% tiene agua entubada, el 46% tiene drenaje, el 99% tiene servicio eléctrico, el 45% tiene agua entubada, drenaje y electricidad.

La población económicamente activa esta integrada por 371 personas (21% de la población total), y la económicamente inactiva por 768 personas (44% de la población total). El 33% de la población ocupada se dedica al sector primario, el 28.57% al sector secundario y el 36% al sector terciario.

No son muy claras las necesidades de los dueños del manantial en cuestión del uso y manejo del mismo. Sin embargo, han comentado que han

solicitado ayuda de las autoridades municipales para la restauración de la hacienda. Están interesados en arreglar la huerta, parte de la hacienda donde se encuentra el manantial, porque les parece muy agradable para comer, y ponerle cemento al fondo del pozo que capta el agua del manantial, para "limpiarlo". Cuando el señor Amador comento esa idea se le sugirió que no lo hiciera porque era posible que el agua emergiera, también, del fondo del pozo además de la roca donde gotea el agua.

Comunidad Ejido San Martín. Se ubica en el municipio de Amealco de Bonfil en los 20° 14' 43" N y 100° 10' 37", a una altitud de 2400 msnm. Limita al norte con la comunidad El Rayo, al sur con el ejido del Rincón y Amealco, al este con Los Reyes, con San Miguel Deheti y Hacienda Blanca y al oeste con El Rincón. Esta comunidad fue establecida en 1950, año en el que se efectúa el primer censo. Ha tenido un incremento demográfico del 50% aproximadamente del año 1950 (420 habitantes) al 2000 (959 habitantes). En la actualidad tiene 959 habitantes, de los cuales el 48% son hombres y el 52% mujeres. El 84% de la población es católica (INEGI 2000).

La escolaridad promedio de los habitantes es de cuarto grado de primaria. De la población de 15 años en adelante, el 18% tiene primaria completa, el 10% tiene secundaria completa, el 2% tiene educación media superior y el 0.20% (2 personas) tiene instrucción superior.

En cuanto a salud, el 85% de la población no tiene derechohabencia a servicios de salud. El 13% de la población es derechohabiente a servicios de salud, el 12 % es derechohabiente a servicios de salud otorgadas por el IMSS y el 1% es derechohabiente a servicios de salud otorgados por el ISSSTE.

En lo que respecta a la vivienda, hay 203 viviendas habitadas en total. De esas viviendas el 50% cocina con leña, el 13% tiene agua entubada, el 2% tiene

drenaje, el 20% tiene servicio eléctrico, el 1.5% tiene agua entubada, drenaje y electricidad y sólo el 0.31% (3 viviendas) no tiene ningún servicio.

La población económicamente activa está integrada por 246 personas (26% de la población total), y la económicamente inactiva por 401 personas (42% de la población total). El 60% de la población ocupada se dedica al sector primario, el 7% al sector secundario y el 2% al sector terciario.

Comunidad La Beata. Se localiza en el municipio de Amealco de Bonfil en los 20° 18' 48" N y 100° 14' 11", a una altitud de 2400 msnm. Limita al norte con el municipio de Huimilpan, al sur con la comunidad El Aserrín, al este con el municipio Pedro Escobedo y al oeste con el municipio Huimilpan (INEGI 2000). Esta comunidad fue establecida en 1970, año en el que se efectúa el primer censo (INEGI 2000). Ha tenido un incremento demográfico de casi el 300% del año 1970 (75 habitantes) al 2000 (258 habitantes). En la actualidad tiene 258 habitantes, de los cuales el 49% son hombres y el 51% mujeres. El 77% de la población profesa la religión católica. La migración es casi nula, sólo 4 personas (1%) residen fuera de la entidad.

La escolaridad promedio de los habitantes es de cuarto grado de primaria. De la población de 15 años en adelante, el 16% tiene primaria completa, el 3% tiene secundaria completa, y ningún habitante tiene educación media superior y superior.

En cuanto a salud, el 87% de la población no tiene derechohabencia a servicios de salud. Sólo el 12% de la población es derechohabiente a servicios de salud otorgada por el IMSS.

En lo que respecta a la vivienda, hay 38 viviendas habitadas en total. De esas viviendas el 94% cocina con leña, el 95% tiene agua entubada, el 18% tiene

drenaje, el 87% tiene servicio eléctrico, el 16% tiene agua entubada, drenaje y electricidad y sólo el 3% (1 vivienda) no tiene ningún servicio.

La población económicamente activa esta integrada por 23 personas (9% de la población total), y la económicamente inactiva por 116 personas (45% de la población total). El 17% de la población ocupada se dedica al sector primario, el 21% al sector secundario y el 43% al sector terciario.

Etapas Analíticas

El taller de planeación participativa se presentó en cada una de las comunidades (La Zorra, Boye, San Martín y La Beata) siguiendo un esquema de retroalimentación de información sobre el manantial en cuestión. El taller se dividió en cuatro fases y los temas tratados y actividades realizadas en cada una de ellas son: 1ª) importancia y amenazas del manantial, se presentó la información que se ha generado hasta el momento y se les pidió que ofrecieran su visión al respecto; 2ª) problemas del manantial, se señaló la problemática detectada a través de los estudios realizados y se les solicitó dieran su apreciación sobre la problemática del sitio; 3ª) causas de los problemas del manantial, se mencionaron las posibles causas de la problemática de acuerdo a las observaciones hechas los trabajos realizados y se les pidió que dieran su versión sobre este asunto o bien que mencionaran su origen concreto; 4ª) propuesta UAQ como solución a la problemática del manantial, se presentó la solución UAQ (el plan de manejo) y a continuación se solicitó el visto bueno de la comunidad; 5ª) planteamiento de soluciones alternativas por parte de la comunidad; 6ª) formulación de acuerdos, se redactó toda la información generada en el taller y, 7ª) firma de acuerdos, se solicitó la firma de común acuerdo de cada asistente. El responsable de la presentación del taller en todas las comunidades fue el Lic. Germán Sánchez Jaramillo, y del desarrollo de todas las etapas del taller la Biol. Cecilia Morales Tovar. Al final de cada taller se acordó una siguiente reunión a la comunidad, tras terminar la propuesta de manejo para presentarla en su totalidad.

Los objetivos para todos los talleres de planeación participativa fueron:

1. Establecer un acercamiento directo con la comunidad que permita conocer su percepción y obtener información sobre la problemática del manantial con respecto a sus aspectos físicos, bióticos y legales, así como sus causas.
2. Dar información sobre la importancia y amenazas de los manantiales.
3. Ofrecer un mirada hacia las oportunidades y beneficios a obtener con el manejo del manantial.

Los resultados de los talleres de planeación participativa se presentan en las fichas técnicas 1,2, 3 y 4. En las fichas se indica la logística del taller, la lista de asistentes, los resultados, los acuerdos a los que se llegaron, la agenda de actividades y algunas imágenes captadas en el momento.

Ficha 1. Taller para el conocimiento de la importancia, amenazas, problemas, causas y soluciones del manantial La Zorra, Colón, Querétaro.

Presentación.

Este taller es parte de la etapa analítica del plan de manejo para el manantial La Zorra. El taller tuvo lugar el día 5 de marzo del 2005 en sitio de costumbre para las reuniones de la comunidad entre las 15:30 y las 16:30 horas. Se contó con el apoyo de la delegación y su comité para la invitación de la comunidad en general.

Logística del taller

Hora	Actividad
15:30- 15:35	Presentación del taller
15:35- 15:41	Importancia y amenazas del manantial
15:41-15:47	Problemas del manantial
15:47-15:53	Causas de los problemas
15:53-15:59	Solución propuesta UAQ
15:59-16:05	Otras soluciones
16:05-16:15	Acuerdos
16:15-16:30	Firma de acuerdos.

Lista de asistencia

Nombre	
Amalia Martínez	Ma. del Pueblito Olguín
Patricia Cabello Sánchez	Magdalena Gutiérrez
Carmen Cabello Sánchez	Eva Cuellar
Juana Olguín	Alberta Hernández
Luminosa Mandujano Olguín	Germana Ibarra Díaz
Ana Isabel Martínez Ledesma	Rosario Ramos Flores
Emelia Cabello Capetillo	Martha Barrón
Martha Mandujano	María Loreto
Sara Barrón (delegada)	David Barrón (comisario ejidal)
Eugenia Olguín	Benito Olguín
Pasión Navarron Mora	Inés Flores Rincón
José Luis Mandujano	Pascual Reséndiz Barron

Resultados del taller

<i>Importancia del manantial</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▫ Como fuentes de abasto de agua para cocinar ciertos alimentos porque le dan más sabor, y para uso doméstico cuando no hay agua potable. Y para consumo de los animales silvestres. ▫ Como lugar de esparcimiento. ▫ Como atractivo turístico. ▫ Le da identidad a la comunidad.
<i>Amenazas del manantial</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▫ Que se entube y distribuya a otros sitios. ▫ Que ya no llueva.
<i>Problemas del manantial</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▫ Visitantes no regulados que suelen defecar en el lugar y causar daños al lugar. ▫ Pastoreo regular.
<i>Causas de los problemas</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▫ No hay conocimiento de que la zona donde esta el manantial sea para que se cuide. ▫ No hay control del pastoreo en parte porque el sitio no esta circulado. ▫ No hay una letrina o baño publico.
<i>Solución UAQ a los problemas percibidos</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▫ Propuesta UAQ: proponerlo como zona de reserva dentro de la categoría de zona privada o comunitaria, para la cual la comunidad esta dispuesta a participar.
<i>comentarios</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▫ Que se haga un programa de ecoturismo para la zona que incluya acuicultura y reforestación con frutales. ▫ Que se haga un jardín con fuentes. ▫ Que se construya una alberca.
<i>Acuerdos</i>	<p>El manantial es importante como fuente de abasto de agua para animales silvestres y para la gente de la comunidad cuando no hay agua potable, para darle sabor a ciertos platillos, como atractivo turístico y además es un sitio que identifica a la comunidad. El manantial puede desaparecer si es entubado y se distribuye el agua a otros sitios o si deja de llover. Los problemas del manantial son: los visitantes no regulados y el pastoreo regular. Las causas de esta problemática son que la gente no sabe que la zona donde esta el manantial sea para cuidarse o conservarse, que no hay que controle el pastoreo y que no hay un baño público para los visitantes. Están de acuerdo con la solución UAQ propuesta, y piensan además que para mantener al manantial se pueda hacer un plan de ecoturismo que incluya reforestación con frutales y acuicultura aprovechando el estanque que esta a las faldas del manantial, o bien que se construya un jardín con fuentes o, una alberca.</p>

Agenda de Actividades.

Una segunda visita para mostrar a la comunidad las acciones recomendadas para la conservación del manantial.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERÉTARO
BIBLIOTECA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES

Imágenes del taller



Ficha 2. Taller para el conocimiento de la importancia, amenazas, problemas, causas y soluciones del manantial El Boye, Cadereyta, Querétaro.

Presentación.

Este taller es parte de la etapa analítica del plan de manejo para el manantial El Boye. El taller tuvo lugar el día 9 de marzo del 2005 en el edificio de la biblioteca de la comunidad entre las 17:30 y las 18:30 horas. Se contó con el apoyo del albacea de la propiedad para la invitación de los socios de la hacienda y del delegado para conseguir el lugar de la reunión.

Hora	Actividad
17:30- 17:35	Presentación del taller
17:35- 17:41	Importancia y amenazas del manantial
17:41-17:47	Problemas del manantial
17:47-17:53	Causas de los problemas
17:53-17:59	Solución propuesta UAQ
17:59-18:05	Otras soluciones
18:05-18:15	Acuerdos
18:15-18:30	Firma de acuerdos

Lista de asistencia

Nombres	
Francisco Reséndiz	Angela Barrón Reséndiz
J. Apolonio Reséndiz	Juana Martínez Ramos
Librado Reséndiz Ramos	Aurelio ángeles Martínez
Amulfo Reséndiz Reséndiz	Juan Mendoza Martínez
Antonio reséndiz Reséndiz	Hospicio Ocampo
Tereso Romo Reséndiz	Agustín Romo
Eulalio Mendoza	Antonio Hernández
Amador Reséndiz	Fortino Reséndiz
Zacarias Ocampo	Oscar Sánchez (delegado)

Resultados del taller

<i>Importancia del manantial</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▫ Si se rehabilitan las piletas pueden servir para almacenar agua. ▫ La huerta como tal puede tener un uso potencial
<i>Amenazas del manantial</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▫ Visitantes ajenos a la comunidad que arrojan piedras y basura al manantial y a las piletas. ▫ Excavación de pozos cerca del lugar. ▫ El grado de deforestación actual ▫ Descuido por parte de los dueños
<i>Problemas del manantial</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▫ Visitantes no reguladas que entran al lugar y lo deterioran. ▫ El lugar esta olvidado y descuidado por lo dueños. ▫ Deforestación de la zona circundante a la huerta. ▫ La gente ignora la condición del lugar y por ello no lo respeta.
<i>Causas de los problemas</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▫ Las visitas que llegan al lugar no están reguladas, e incluso entran sin permiso. ▫ No hay control del pastoreo en la zona y por eso es que esta deforestada. ▫ El descuido de los dueños.
<i>Solución UAQ a los problemas percibidos</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▫ Propuesta UAQ: proponerlo como zona de reserva dentro de la categoría de zona privada o comunitaria, para lo cual la comunidad está dispuesta a participar.
<i>Comentarios</i>	Ninguna.
<i>Acuerdos</i>	El manantial y la huerta como tal son importantes porque puede tener un uso potencial. El sitio esta amenazado por los visitantes que entran normalmente sin permiso y por el descuido de los propietarios del lugar. Los problemas principales son las visitas no reguladas y la deforestación de la zona circundante a la huerta. Las causas de problemática son los visitantes que no están siendo reguladas y el sobrepastoreo en la zona. Las solución es el plan de manejo UAQ en el cual estan dispuestos a participar.

Agenda de Actividades

Una segunda visita para mostrar a la comunidad las acciones recomendadas para la conservación del manantial.

Imágenes del taller



Ficha 3. Taller para el conocimiento de la importancia, amenazas, problemas, causas y soluciones del manantial San Martín, Amealco, Querétaro.

Presentación.

Este taller es parte de la etapa analítica del plan de manejo para el manantial San Martín. El taller tuvo lugar el día 19 de febrero del 2005 en la casa de reuniones ejidatarias entre las 9:30 y las 10:30 horas. Se contó con el apoyo de la delegación y del comisario ejidal para abrir un espacio en su reunión mensual y llevar a cabo la aplicación del taller participativo. El comisario ejidal se encargó de comentar entre los ejidatarios el motivo de nuestra visita a la comunidad.

Hora	Actividad
09:30-09:35	Presentación del taller
09:35- 09:41	Importancia y amenazas del manantial
09:41-09:47	Problemas del manantial
09:47-09:53	Causas de los problemas
09:53-09:59	Solución propuesta UAQ
09:59-10:05	Otras soluciones
10:05-10:15	Acuerdos
10:15-10:30	Firma de acuerdos

Lista de asistencia

Nombre		
Guadalupe Colín (comisario ejidal)	Trinidad Bernabé	Santos Méndez
Eustacio Flores Pérez	Nemecio Arias	Nabor Cruz
Catalina Garduño	José Vicente González	Francisco Zepeda Mejía
Reynaldo Cruz	Jorge Méndez Trejo	Alberto Zepeda
Darío de Jesús	Esteban Garduño	Ignacio Ordóñez
Francisco de Jesús Bernabé	Salvador Arias Trejo	Apolinar Yañez
Francisco Franco	Arturo Bernabé Pascual	Ma. Dolores Garduño
José Arias	Teodoro Morales	Félix Garduño
Eusebio Carapia	Soconro Pérez	Roberto Flores
Cipriano Cruz de Jesús	Mateo Cruz	Domingo Cruz
Fidel González	Cayetano Cruz de Jesús	Epifanía Maldonado Rodríguez
Gilberto Noa	Felipe Pérez Álvarez	Amelia Morales
Sebastián Noa	Daríá Piña	Ofelia Ruíz
Rogelio Moreno	Dimas Carapia	Eron Pedro Méndez
Felipe Cruz Valdés	Román Carapia	Santos Loa
Luis Jurado	Perfecto Carapia	Cirilo Zepeda
Leoncio Arias	Nicolás Méndez	Ángel Piña
Rafael Méndez	Abundio Piña	Antonio Garduño

Resultados del taller

<i>Importancia del manantial</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▫ Como fuente de abasto de agua para las actividades de la escuela primaria, y para tomar cuando no hay agua potable o, no hay dinero para pagar el recibo el agua.
<i>Amenazas del manantial</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▫ La excavación de pozos profundos cerca de la zona o en la zona.
<i>Problemas del manantial</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▫ Deforestación desde hace más e 50 años. ▫ Contaminación inorgánica. Presencia de basura. ▫ Pastoreo irregular ▫ El olvido del sitio por los usuarios
<i>Causas de los problemas</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▫ El lugar ya tiene mucho tiempo así, desde que llegaron a la zona hace aproximadamente 70 años.
<i>Solución UAQ a los problemas percibidos</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▫ Propuesta UAQ: proponerlo como zona de reserva dentro de la categoría de zona privada o comunitaria, para la cual la comunidad está dispuesta a participar.
<i>Comentarios</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▫ Darle mantenimiento al lugar. ▫ Cercarlo ▫ Educar a chicos y para que no tiren basura. ▫ Poner letreros de que no tiren basura. ▫ Hacer un estanque de acuicultura
<i>Acuerdos</i>	<p>El manantial es una importante fuente de abasto de agua por lo que es necesario conservarlo. La principal amenaza es la excavación de pozos profundos cerca de la zona porque pueden ocasionar que el agua del manantial se agote y desaparezca. Les parece adecuada la solución UAQ y están dispuestos a participar en ella. Se propusieron estas soluciones alternativas para conservar al manantial: Limpiar el sitio, darle mantenimiento, educar a chicos y grandes sobre la importancia de no tirar basura y poner letreros prohibiendo tirar</p>

Agenda de Actividades

Una segunda visita para mostrar a la comunidad las acciones recomendadas para la conservación del manantial.

Imágenes del taller



Ficha 4. Taller para el conocimiento de la importancia, amenazas, problemas, causas y soluciones del manantial La Beata, Amealco, Querétaro.

Presentación.

Este taller es parte de la etapa analítica del plan de manejo para el manantial La Beata. El taller tuvo lugar el día 22 de febrero del 2005 en la escuela primaria de la comunidad "Venustiano Carranza" entre las 11 y las 12 horas. Se contó con el apoyo de la delegación y de la profesora suplente de la escuela primaria para las invitaciones de todas las madres de familia de la comunidad.

Hora	Actividad
11:00- 11:05	Presentación del taller
11:05- 11:15	Importancia y amenazas del manantial
11:15-11:21	Problemas del manantial
11:21-11:27	Causas de los problemas
11:27-11:33	Solución propuesta UAQ
11:33-11:39	Otras soluciones
11:39-11:50	Acuerdos
11:50-12:00	Firma de acuerdos

Lista de asistencia

Nombres
María Rosa Maya Jiménez
Ma. del Carmen Maya Jiménez
Enedina Maya Fajardo
Pablo Váldez García
Victoria Jurado
Verónica Maya Soto
Rosario Huerta
Remedios Maya
Lucía García Jurado (delegada)
Catalina Soto

Resultados del taller

<i>Importancia del manantial</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▫ Llena la presa, cuya agua se usa para riego y para lavar cuando no hay agua potable. ▫ Para tomar agua cuando tienen antojo de recordar su sabor, o cuando están de visita por ese lugar buscando a plantas medicinales. ▫ Permite el crecimiento de las plantas medicinales (zarzaparrilla, cola de caballo, y encino). ▫ Se dan tratamiento terapéutico para algunos malestares (dolor de cabeza, riñones, golpes)
<i>Amenazas del manantial</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▫ Visitantes ▫ Tala ▫ Excavación de otros pozos cerca del lugar ▫ Que los dueños reclamen el lugar y lo quiten. ▫ Que ya no llueva.
<i>Problemas del manantial</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▫ Legal, los dueños de la zona del manantial son ejidatarios de otro municipio. ▫ Esta un poco sucio ▫ Visitas ajenas que desarrollan actividades dentro de la zona que deterioran el manantial (motociclismo y ciclismo de montaña) y se llevan las cosas del lugar (tierra, plantas medicinales, musgo, pinos, animales, leña y conos de pino). ▫ Acarreo de agua de gente de fuera.
<i>Causa de los problemas</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▫ Las visitas no son reguladas por ninguna instancia.
<i>Solución UAQ a los problemas percibidos</i>	Propuesta UAQ: proponerlo como zona de reserva dentro de la categoría de zona privada o comunitaria", para lo cual la comunidad está dispuesta a participar.
<i>Comentarios</i>	▫ Ninguno
<i>Acuerdos</i>	El manantial es importante como fuente de abasto de agua para riego, consumo humano, de animales y plantas, así como para fines terapéuticos. La principal amenaza es la gente de fuera que llega a de visita, las excavaciones profundas que se están haciendo a los alrededores y los dueños que pueden reclamar la zona y modificarla. Los principales problemas son el hecho de que los usuarios no son dueños del manantial, contaminación ligera, el saqueo de recursos y que las visitas no son reguladas por nadie. La causa principal de los problemas es la gente que viene de fuera que es la causante del saqueo de recursos, la contaminación y la realización de distintas actividades muy cercanas al manantial. La solución UAQ, les parece adecuada y están dispuestos a participar en ella.

Agenda de Actividades

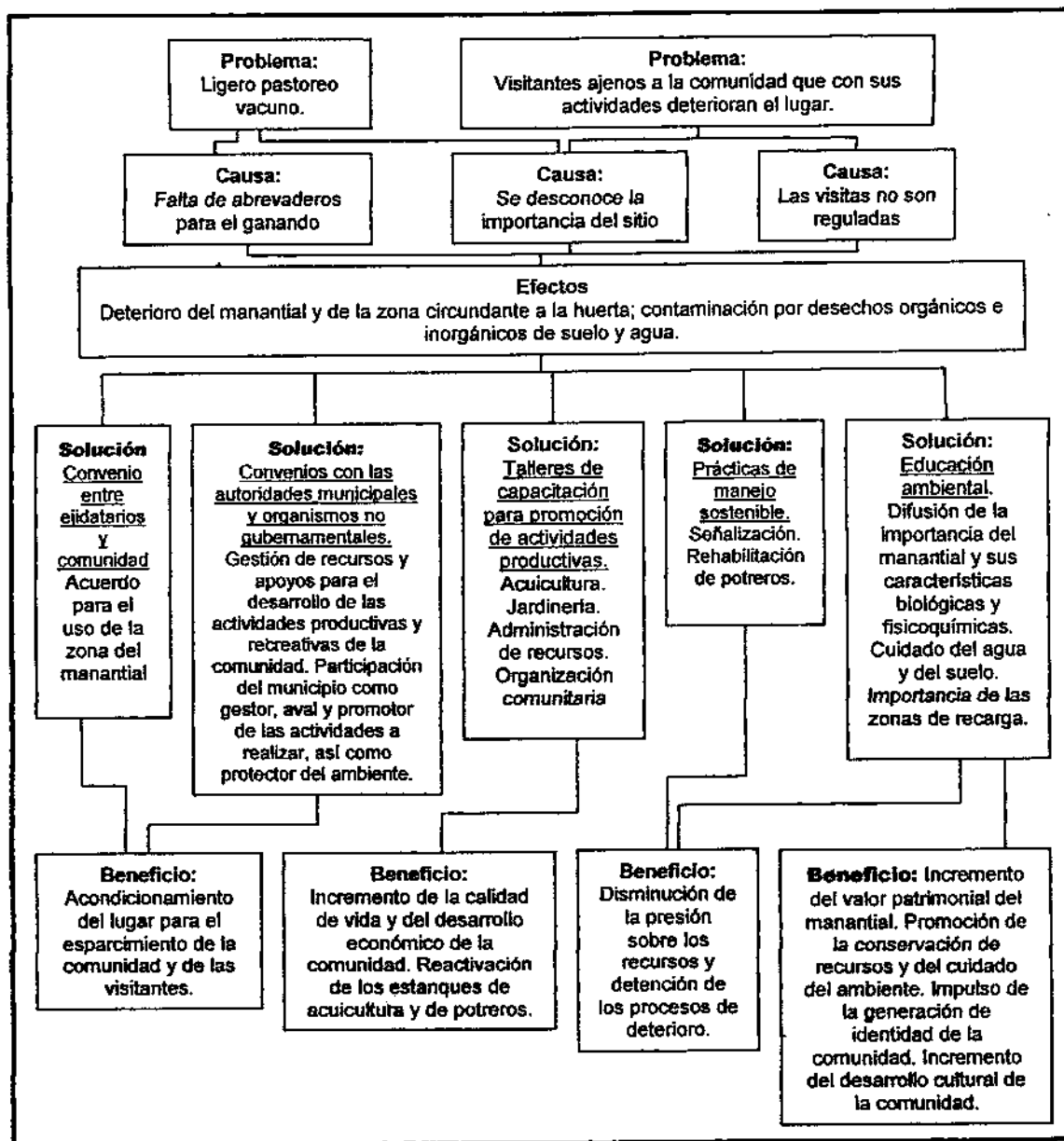
Una segunda visita para mostrar a la comunidad las acciones recomendadas para la conservación del manantial.

Imágenes del taller



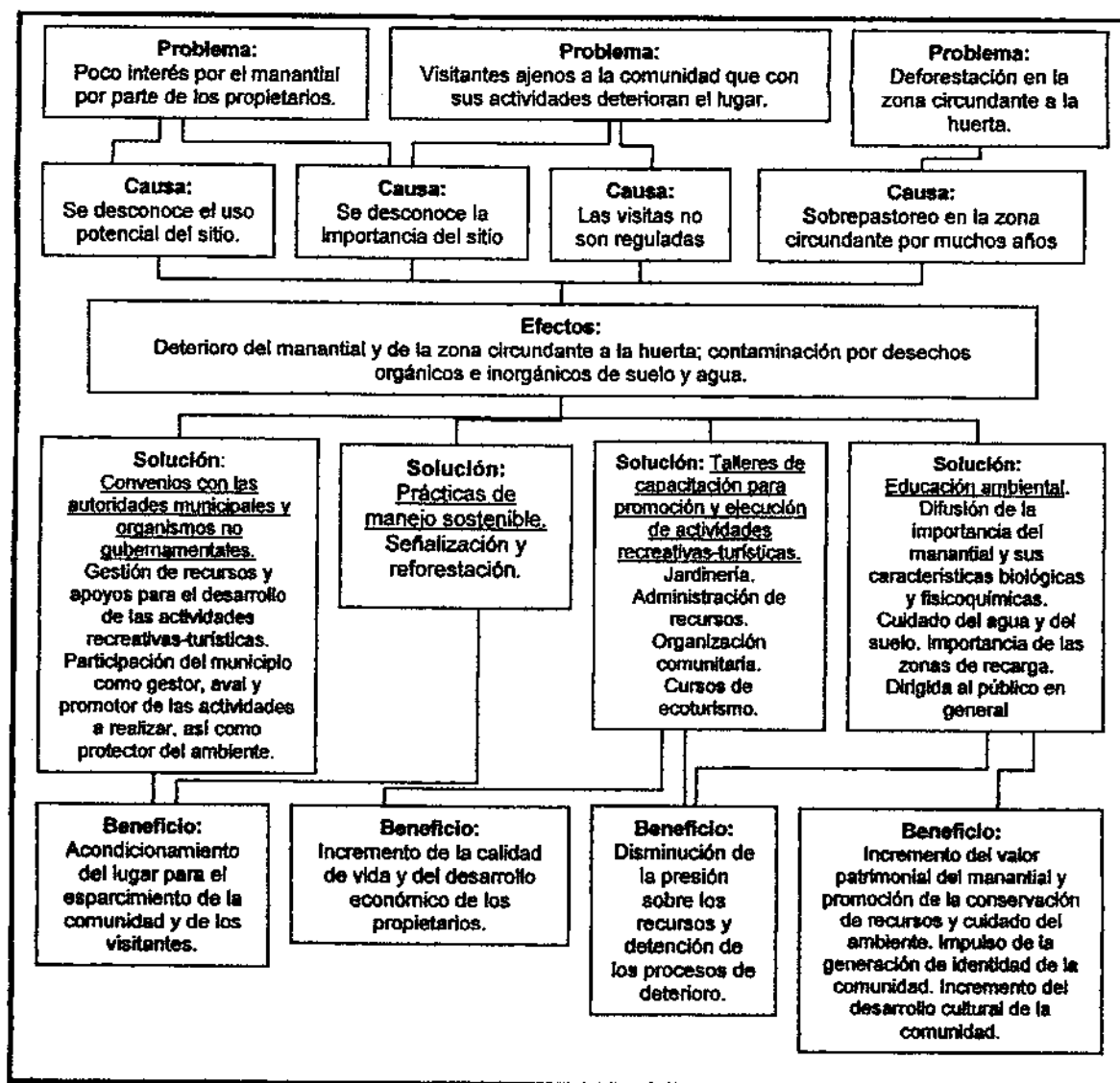
De acuerdo con la información obtenida del taller participativo, de las observaciones técnicas, de los análisis biológicos (variación estacional y estado de conservación) y de calidad del agua hechos en cada uno de los manantiales, en las figuras 5, 6 7 y 8 se presenta el diagnóstico integrado de los problemas detectados, sus causas, soluciones y los beneficios que se obtendrían si se soluciona la problemática de cada manantial.

Figura 5. Diagnóstico integrado del manantial La Zorra, Colón.



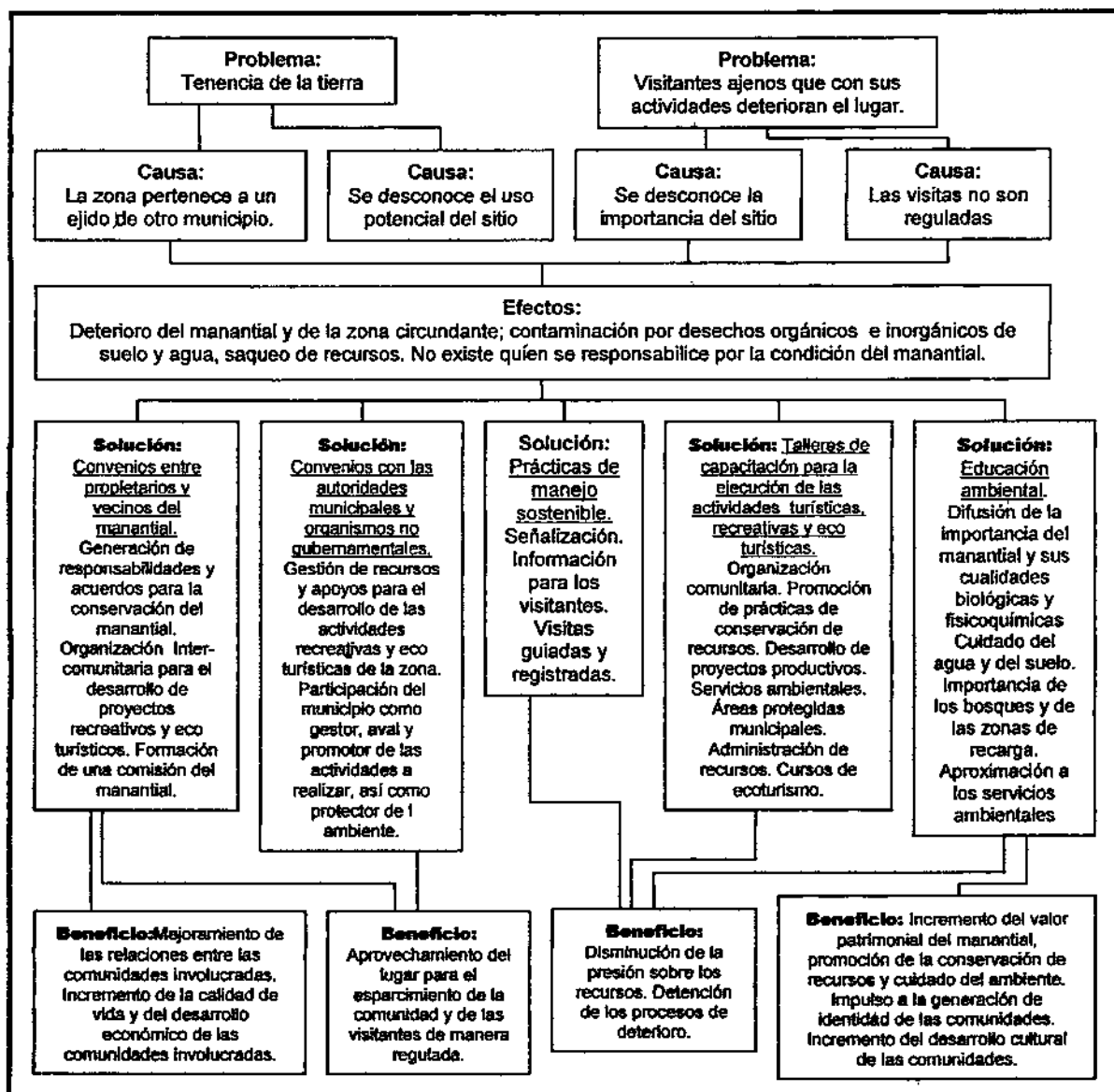
La problemática del manantial La Zorra la constituyen dos aspectos el pastoreo y los visitantes. Ambos problemas tienen su origen en el desconocimiento de la importancia y características del manantial. Para que el manantial se conserve deben ejecutarse acciones específicas que incluyen la generación de convenios donde se solicite y especifique la participación de las instancias gubernamentales para la aplicación de prácticas de manejo sostenible, talleres de capacitación para el desarrollo de actividades productivas y educación ambiental para la comunidad en general.

Figura 6. Diagnóstico integrado del manantial Boye, Cadereyta.



El principal problema del manantial San Martín es el desconocimiento de la importancia del manantial. La conservación del manantial incluye la generación de convenios donde se solicite y especifique la participación de las instancias gubernamentales para la posterior ejecución de prácticas de manejo sostenible, talleres de capacitación para el desarrollo de actividades productivas y actividades relacionadas con la educación ambiental para la comunidad en general.

Figura 8. Diagnóstico integral del manantial La Beata, Amealco.



El manantial La Beata presenta dos problemas principales la tenencia de la tierra y los visitantes no regulados. El origen de ambos problemas es el desconocimiento de la importancia del manantial y de la zona donde se encuentra así como del uso potencial de la misma. La conservación del manantial incluye la generación de convenios entre los ejidatarios propietarios del manantial y los vecinos de ésta para establecer acuerdos de uso y cuidados del manantial y la zona circundante, la generación de convenios con las instancias gubernamentales donde se solicite y especifique su participación para la ejecución de prácticas de manejo sostenible, la impartición de talleres de capacitación para el desarrollo de actividades productivas relacionadas con el ecoturismo dirigidos a la comunidad vecina y a los propietarios, y, finalmente, impartición de educación ambiental dirigida a las partes relacionadas con el manantial (dueños y vecinos) y a los visitantes.

De acuerdo con los diagnósticos integrados de cada manantial hay algunas coincidencias en cuanto a la problemática, causas y soluciones. Los manantiales La Zorra, Boye y La Beata comparten el problema de los visitantes no regulados; El Boye y San Martín el del desinterés, La Zorra y San Martín el del pastoreo irregular. Las causas de tal problemática se concretan en el hecho de que se desconoce la importancia del manantial y el daño que le pueden causar al ejercer ciertas prácticas cerca de él, que en general es un deterioro elevado del lugar y de la zona circundante, así como la pérdida del recurso acuífero. Dadas las características especiales de cada manantial y su zona circundante, las soluciones y los beneficios que estas puedan acarrear son específicas para cada caso.

Etapa Propositiva

Con la finalidad de resolver la problemática de cada manantial, la cual fue conocida a través del diagnóstico integrado, se establecen los siguientes componentes de manejo: Conservación, Aprovechamiento, Uso público y educación, Normatividad y Gestión e Investigación. En cada componente se señalan los objetivos y acciones a ejecutar, y para cada una de éstas se especifican los participantes, responsables y plazos para su ejecución a manera de programa operativo del plan de manejo.

Debido a que las problemáticas, oportunidades para la realización de actividades productivas y de conservación e inquietudes de los usuarios y/o propietarios son particulares en cada sitio, a continuación se presentan por manantial, los componentes de manejo que resolverán la problemática detectada y que favorecerán, por lo tanto, su conservación y manejo.

Manantial La Zorra

Conservación

Presentación

De acuerdo con la evaluación del estado de conservación de éste manantial que lo ubica en el estatus de amenazado, es imperativo tomar acciones que garanticen su mantenimiento en el tiempo, la supervivencia de las especies que aloja y la continuación de sus procesos ecológicos y evolutivos. Este componente es el marco para el desarrollo de acciones de corto, mediano y largo plazo que disminuyan y/o detengan los procesos de deterioro y la presión sobre el manantial y sus recursos naturales.

Objetivo

- Definir los mecanismos y acciones necesarias a corto, mediano y largo plazo que permitan mantener al manantial y sus recursos en el tiempo así como controlar su deterioro biofísico.

Acciones

Las acciones a realizar se especifican como de corto (1), mediano (2) y largo plazo (3), se indican los participantes de cada acción y los responsables de su ejecución.

Acción	Participantes	Plazo	Responsable
Señalización	Comunidad; UAQ; CEA; CNA; SEMARNAT	1	Comunidad
Rehabilitación de potreros	Comunidad; Municipio; UAQ	2	Comunidad; Municipio

(1)= Corto plazo, debe realizarse en el primer año; (2)= Mediano plazo, debe iniciar en el primer año y finalizar en los próximos dos años; (3)= Largo plazo, se hará tres o cuatro años después del año de inicio.

Aprovechamiento

Presentación

Es necesario promover actividades compatibles con los objetivos de conservación del manantial, con las oportunidades detectadas en la zona (estanques para cultivo de peces y el área recreativa cercana al manantial) y con las expectativas de los habitantes. Este componente es el marco para el desarrollo de acciones sustentables de corto, mediano y largo plazo que resulten en beneficio para la comunidad y para los habitantes de la región.

Objetivos

- Promover actividades económicas en la zona cercana al manantial que ocurran en un marco tendiente a la sustentabilidad.
- Identificar y promover actividades económicas compatibles con los objetivos de conservación del área y que resulten en beneficio de la comunidad y de la región.
- Contribuir en la capacitación de la comunidad local en aspectos técnicos y administrativos para la puesta en marcha de proyectos productivos sustentables.

Acciones

Las acciones a realizar se especifican como de corto (1), mediano (2) y largo plazo (3), se indican los participantes de cada acción y los responsables de su ejecución.

Acción	Participantes	Plazo	Responsable
Taller de organización comunitaria	Comunidad; Municipio; UAQ; DIF	1	UAQ; Municipio
Promoción y capacitación para la acuicultura	Municipio; UAQ; SEMARNAT; SEDESU	2	UAQ; Municipio; comunidad
Promoción y capacitación para jardinería	Municipio; UAQ; SEDESU; SEDESOL; DIF	2	Municipio; UAQ; comunidad; DIF
Promoción huertos familiares	DIF; comunidad; municipio	2	DIF; comunidad
Taller de administración de recursos	Municipio; UAQ; comunidad	2	UAQ; Municipio

(1)= Corto plazo, debe realizarse en el primer año; (2)= Mediano plazo, debe iniciar en el primer año y finalizar en los próximos dos años; (3)= Largo plazo, se hará tres o cuatro años después del año de inicio.

Uso público y educación

Presentación

Este componente establece los mecanismos mediante los cuales los habitantes de la comunidad La Zorra, Colón, pueden incrementar su nivel de conciencia y conocimiento hacia la importancia de los manantiales, a la conservación, importancia y aprovechamiento de los recursos naturales, así como incentivar su participación en las actividades de conservación y manejo. En este componente se menciona la posibilidad de usar al manantial y ciertas áreas cercanas para fines recreativos y ecoturísticos.

Objetivos

- Promover educación formal e informal para los distintos sectores de la comunidad sobre los aspectos bióticos y socioeconómicos de la zona del manantial.
- Fomentar el ecoturismo como oportunidad de uso, destacándolo como práctica de mínimo impacto sobre el ambiente, involucrando a la comunidad en general.

Acciones

Las acciones a realizar se especifican como de corto (1), mediano (2) y largo plazo (3), se indican los participantes de cada acción y los responsables de su ejecución.

Acción	Participantes	Plazo	Responsable
Programa de educación ambiental no formal	UAQ; USEBEQ; SEMARNAT; SEDESU	2	UAQ
Programa de educación ambiental formal	UAQ; USEBEQ; SEMARNAT; SEDESU	2	UAQ

(1)= Corto plazo, debe realizarse en el primer año; (2)= Mediano plazo, debe iniciar en el primer año y finalizar en los próximos dos años; (3)= Largo plazo, se hará tres o cuatro años después del año de inicio.

Normatividad y gestión

Presentación

El desarrollo de las actividades de manejo y conservación requieren de un marco legal para su ejecución así como la garantía de financiamiento para su desarrollo. Este componente tiene como finalidad identificar las diversas disposiciones legales que son aplicables al manejo del manantial La Zorra y su zona circundante, así como la de identificar los sectores u organismos que pueden asegurar un flujo de recursos suficientes para llevar a cabo las actividades de conservación, aprovechamiento, educación e investigación. Es imperativo generar los vínculos que conduzcan a la autogestión de los pobladores por un estilo de desarrollo centrado en ellos mismos y que tenga como marco el respeto por la conservación y aprovechamiento de los recursos.

Objetivos

- Identificar los instrumentos normativos y legales necesarios para el uso y operación del manantial y su zona circundante.
- Desarrollar una estrategia de obtención de fondos y buscar fuentes de financiamiento alternativas para el desarrollo de las actividades de conservación, aprovechamiento, educación, capacitación e investigación.

Acciones

Las acciones a realizar se especifican como de corto (1), mediano (2) y largo plazo (3), se indican los participantes de cada acción y los responsables de su ejecución.

Acción	Participantes	Plazo	Responsable
Generación de convenios con las autoridades municipales para el financiamiento del plan de manejo y regulación de las actividades cerca de la zona del manantial	Comunidad; Municipio; UAQ	1	UAQ; comunidad
Generación de convenios con organismos no gubernamentales para el financiamiento el plan de manejo	Comunidad; UAQ; ONG'S	1	UAQ; comunidad
Generación de convenios entre la comunidad y los propietarios para el desarrollo del plan de manejo	Comunidad; ejidatarios; Municipio; UAQ	2	comunidad

(1)= Corto plazo, debe realizarse en el primer año; (2)= Mediano plazo, debe iniciar en el primer año y finalizar en los próximos dos años; (3)= Largo plazo, se hará tres o cuatro años después del año de inicio.

Investigación

Presentación

La generación de información científica básica es un elemento clave para el manejo de recursos y áreas. Por ello es importante generar líneas de investigación que permitan el desarrollo de los componentes de manejo planteados anteriormente, así como la generación de procesos y mecanismos que permitan el monitoreo del plan de manejo, de manera que se puedan replantear o continuar las acciones propuestas.

Objetivos

- Identificar áreas y temas prioritarios de investigación que orienten hacia la conservación y manejo de recursos, así como al desarrollo de los componentes de manejo para este manantial.
- Establecer y diseñar un plan de monitoreo con indicadores ambientales y socioeconómicos para la zona del manantial La Zorra en La Zorra, Colón.

Acciones

Las acciones a realizar se especifican como de corto (1), mediano (2) y largo plazo (3), se indican los participantes de cada acción y los responsables de su ejecución.

Acción	Participantes	Plazo	Responsable
Identificación y propagación de especies nativas para revegetación de áreas erosionadas	UAQ; SEMARNAT; Municipio	2	UAQ
Estudios sobre fauna terrestre nativa	UAQ	2	UAQ
Estudios sobre la magnitud del flujo	UAQ	2	UAQ
Estudios sobre indicadores ambientales	UAQ	2	UAQ
Estudios sobre indicadores socioeconómicos	UAQ	2	UAQ
Evaluación del plan de manejo	UAQ; comunidad	3	UAQ
Reestructuración	UAQ; comunidad	3	UAQ

(1)= Corto plazo, debe realizarse en el primer año; (2)= Mediano plazo, debe iniciar en el primer año y finalizar en los próximos dos años; (3)= Largo plazo, se hará tres o cuatro años después del año de inicio.

Manantial Boye

Conservación

Presentación

De acuerdo con la evaluación del estado de conservación de éste manantial que lo ubica en el estatus de amenazado, es imperativo tomar acciones que garanticen su mantenimiento en el tiempo, la supervivencia de las especies que aloja y la continuación de sus procesos ecológicos y evolutivos. Este componente es el marco para el desarrollo de acciones de corto, mediano y largo plazo que disminuyan y/o detengan los procesos de deterioro y la presión sobre el manantial y sus recursos naturales.

Objetivo

- Definir los mecanismos y acciones necesarias a corto, mediano y largo plazo que permitan mantener al manantial y sus recursos en el tiempo así como controlar su deterioro biofísico.

Acciones

Las acciones a realizar se especifican como de corto (1), mediano (2) y largo plazo (3), se indican los participantes de cada acción y los responsables de su ejecución.

Acción	Participantes	Plazo	Responsable
Señalización	propietarios; UAQ; CEA; CNA; SEMARNAT	1	Propietarios
Reforestación	propietarios; Municipio; SEMARNAT; UAQ	2	Propietarios; Municipio

(1)= Corto plazo, debe realizarse en el primer año; (2)= Mediano plazo, debe iniciar en el primer año y finalizar en los próximos dos años; (3)= Largo plazo, se hará tres o cuatro años después del año de inicio.

Aprovechamiento

Presentación

Es necesario promover actividades compatibles con los objetivos de conservación del manantial, con las oportunidades detectadas en la zona (la huerta con árboles frutales y el casco de la ex hacienda) y con las expectativas de los propietarios y comunidad en general. Este componente es el marco para el desarrollo de acciones sustentables de corto, mediano y largo plazo que resulten en beneficio para la comunidad y para los habitantes de la región.

Objetivos

- Promover actividades económicas en la zona cercana al manantial que ocurran en un marco tendiente a la sustentabilidad.
- Identificar y promover actividades económicas compatibles con los objetivos de conservación del área y que resulten en beneficio de la comunidad y de la región.
- Contribuir en la capacitación de la comunidad local en aspectos técnicos y administrativos para la puesta en marcha de proyectos productivos sustentables.

Acciones

Las acciones a realizar se especifican como de corto (1), mediano (2) y largo plazo (3), se indican los participantes de cada acción y los responsables de su ejecución.

Acción	Participantes	Plazo	Responsable
Taller de organización comunitaria	Propietarios; Municipio; UAQ; DIF	1	UAQ; Municipio
Promoción y capacitación para jardinería	Municipio; UAQ; SEDESU; SEDESOL; DIF	2	Municipio; UAQ; propietarios; DIF
Promoción huertos familiares	DIF; propietarios; municipio	2	DIF; propietarios
Taller de administración de recursos	Municipio; UAQ; propietarios	2	UAQ; Municipio

(1)= Corto plazo, debe realizarse en el primer año; (2)= Mediano plazo, debe iniciar en el primer año y finalizar en los próximos dos años; (3)= Largo plazo, se hará tres o cuatro años después del año de inicio.

Uso público y educación

Presentación

Este componente establece los mecanismos mediante los cuales los habitantes de la comunidad El Boye, Cadereyta, pueden incrementar su nivel de conciencia y conocimiento hacia la importancia de los manantiales, a la conservación, importancia y aprovechamiento de los recursos naturales, así como incentivar su participación en las actividades de conservación y manejo. En este componente se menciona la posibilidad de usar al manantial y ciertas áreas cercanas para fines recreativos y ecoturísticos, el cual debe fomentarse de manera organizada y planificada para evitar el deterioro del área

Objetivos

- Promover educación formal e informal para los distintos sectores de la comunidad sobre los aspectos bióticos y socioeconómicos de la zona del manantial.
- Fomentar el ecoturismo como oportunidad de uso, destacándolo como práctica de impacto mínimo sobre el ambiente, involucrando a la comunidad en general.

Acciones

Las acciones a realizar se especifican como de corto (1), mediano (2) y largo plazo (3), se indican los participantes de cada acción y los responsables de su ejecución.

Acción	Participantes	Plazo	Responsable
Programa de educación ambiental no formal	UAQ; USEBEQ; SEMARNAT; SEDESU	2	UAQ
Programa de educación ambiental formal	UAQ; USEBEQ; SEMARNAT; SEDESU	2	UAQ

(1)= Corto plazo, debe realizarse en el primer año; (2)= Mediano plazo, debe iniciar en el primer año y finalizar en los próximos dos años; (3)= Largo plazo, se hará tres o cuatro años después del año de inicio.

Normatividad y gestión

Presentación

El desarrollo de las actividades de manejo y conservación requieren de un marco legal para su ejecución así como la garantía de financiamiento para su desarrollo. Este componente tiene como finalidad identificar las diversas disposiciones legales que son aplicables al manejo del manantial Boye y su zona circundante, así como la de identificar los sectores u organismos que pueden asegurar un flujo de recursos suficientes para llevar a cabo las actividades de conservación, aprovechamiento, educación e investigación. Es imperativo generar los vínculos que conduzcan a la autogestión de los pobladores por un estilo de desarrollo centrado en ellos mismos y que tenga como marco el respeto por la conservación y aprovechamiento de los recursos.

Objetivos

- Identificar los instrumentos normativos y legales necesarios para el uso y operación del manantial y su zona circundante.
- Desarrollar una estrategia de obtención de fondos y buscar fuentes de financiamiento alternativas para el desarrollo de las actividades de conservación, aprovechamiento, educación, capacitación e investigación.

Acciones

Las acciones a realizar se especifican como de corto (1), mediano (2) y largo plazo (3), se indican los participantes de cada acción y los responsables de su ejecución.

Acción	Participantes	Plazo	Responsable
Generación de convenios con las autoridades municipales para el financiamiento del plan de manejo y la regulación de actividades en la zona de manantiales	Propietarios; Municipio; UAQ	1	UAQ; comunidad
Generación de convenios con organismos no gubernamentales para el financiamiento del plan de manejo.	Propietarios; UAQ; ONG'S	1	UAQ; comunidad

(1)= Corto plazo, debe realizarse en el primer año; (2)= Mediano plazo, debe iniciar en el primer año y finalizar en los próximos dos años; (3)= Largo plazo, se hará tres o cuatro años después del año de inicio.

Investigación

Presentación

La generación de investigación científica básica es un elemento clave para el manejo de recursos y áreas. Por ello es importante generar líneas de investigación que permitan el desarrollo de los componentes de manejo planteados anteriormente, así como la generación de procesos y mecanismos que permitan el monitoreo del plan de manejo de manera que se puedan replantear o continuar las acciones propuestas.

Objetivos

- Identificar áreas y temas prioritarios de investigación que orienten hacia la conservación y manejo de recursos, así como al desarrollo de los componentes de manejo para este manantial.
- Establecer y diseñar un plan de monitoreo con indicadores ambientales y socioeconómicos para la zona del manantial Boye, en El Boye, Colón.

Acciones

Las acciones a realizar se especifican como de corto (1), mediano (2) y largo plazo (3), se indican los participantes de cada acción y los responsables de su ejecución.

Acción	Participantes	Plazo	Responsable
Identificación y propagación de especies nativas para revegetación de áreas erosionadas	UAQ; SEMARNAT; Municipio	2	UAQ
Estudios sobre fauna terrestre nativa	UAQ	2	UAQ
Estudios sobre la magnitud del flujo	UAQ	2	UAQ
Estudios sobre indicadores ambientales	UAQ	2	UAQ
Estudios sobre indicadores socioeconómicos	UAQ	2	UAQ
Evaluación del plan de manejo	UAQ; Propietarios	3	UAQ
Reestructuración	UAQ; Propietarios	3	UAQ

(1)= Corto plazo, debe realizarse en el primer año; (2)= Mediano plazo, debe iniciar en el primer año y finalizar en los próximos dos años; (3)= Largo plazo, se hará tres o cuatro años después del año de inicio.

Manantial San Martín

Conservación

Presentación

De acuerdo con la evaluación del estado de conservación de éste manantial que lo ubica en estado óptimo, es imperativo tomar acciones que garanticen su mantenimiento en el tiempo, la supervivencia de las especies que aloja y la continuación de sus procesos ecológicos y evolutivos. En este sentido, la restauración de áreas circundantes al manantial es igualmente urgente puesto que puede detener los procesos erosivos del suelo, de pérdida del banco y de cambios en la fisicoquímica del agua del hábitat, y, posteriormente, dar lugar a la propuesta de actividades particulares para el aprovechamiento tanto del manantial como de la zona. Este componente es el marco para el desarrollo de acciones de corto, mediano y largo plazo que disminuyan y/o detengan los procesos de deterioro y la presión sobre el manantial y sus recursos naturales.

Objetivo

- Definir los mecanismos y acciones necesarias a corto, mediano y largo plazo que permitan mantener al manantial y sus recursos en el tiempo así como controlar su deterioro biofísico.
- Establecer mecanismos y obras de restauración necesarios para controlar el deterioro biofísico.

Acciones

Las acciones a realizar se especifican como de corto (1), mediano (2) y largo plazo (3), se indican los participantes de cada acción y los responsables de su ejecución.

Acción	Participantes	Plazo	Responsable
Señalización	Ejidatarios; UAQ; CEA; CNA; SEMARNAT	1	Ejido
Rehabilitación de potreros	Ejidatarios; Municipio; SEMARNAT; UAQ	2	Ejido; Municipio
Reforestación	Ejidatarios; Municipio; SEMARNAT; UAQ	2	Ejido; Municipio

(1)= Corto plazo, debe realizarse en el primer año; (2)= Mediano plazo, debe iniciar en el primer año y finalizar en los próximos dos años; (3)= Largo plazo, se hará tres o cuatro años después del año de inicio.

Aprovechamiento

Presentación

Es necesario promover actividades compatibles con los objetivos de conservación del manantial, con las oportunidades detectadas en la zona (posibilidad de un estanque para cultivo de peces) y con las expectativas de los habitantes. Este componente es el marco para el desarrollo de acciones sustentables de corto, mediano y largo plazo que resulten en beneficio para la comunidad y para los habitantes de la región.

Objetivos

- Promover actividades económicas en la zona cercana al manantial que ocurran en un marco tendiente a la sustentabilidad.
- Identificar y promover actividades económicas compatibles con los objetivos de conservación del área y que resulten en beneficio de la comunidad y de la región.
- Contribuir en la capacitación de la comunidad local en aspectos técnicos y administrativos para la puesta en marcha de proyectos productivos sustentables.

Acciones

Las acciones a realizar se especifican como de corto (1), mediano (2) y largo plazo (3), se indican los participantes de cada acción y los responsables de su ejecución.

Acción	Participantes	Plazo	Responsable
Taller de organización comunitaria	Ejidatarios; Municipio; UAQ; DIF; SEDESOL	1	UAQ; Municipio
Promoción de practicas de conservación de recursos	Municipio; UAQ; SEMARNAT; SEDESU.	2	UAQ; SEMARNAT
Desarrollo de proyectos productivos	DIF; Ejidatarios; municipio.	2	UAQ; SEMARNAT; SEDESU; SEDESOL

(1)= Corto plazo, debe realizarse en el primer año; (2)= Mediano plazo, debe iniciar en el primer año y finalizar en los próximos dos años; (3)= Largo plazo, se hará tres o cuatro años después del año de inicio.

Uso público y educación

Presentación

Este componente establece los mecanismos mediante los cuales los habitantes de la comunidad San Martín, Amealco, pueden incrementar su nivel de conciencia y conocimiento hacia la importancia de los manantiales, a la conservación, importancia y aprovechamiento de los recursos naturales, así como incentivar su participación en las actividades de conservación y manejo. En este componente se menciona la posibilidad de usar al manantial y ciertas áreas cercanas para fines recreativos y productivos.

Objetivos

- Promover educación formal e informal para los distintos sectores de la comunidad sobre los aspectos bióticos y socioeconómicos de la zona del manantial.

Acciones

Las acciones a realizar se especifican como de corto (1), mediano (2) y largo plazo (3), se indican los participantes de cada acción y los responsables de su ejecución.

Acción	Participantes	Plazo	Responsable
Programa de educación ambiental no formal	UAQ; USEBEQ; SEMARNAT; SEDESU	2	UAQ
Programa de educación ambiental formal	UAQ; USEBEQ; SEMARNAT; SEDESU	2	UAQ

(1)= Corto plazo, debe realizarse en el primer año; (2)= Mediano plazo, debe iniciar en el primer año y finalizar en los próximos dos años; (3)= Largo plazo, se hará tres o cuatro años después del año de inicio.

Normatividad y gestión

Presentación

El desarrollo de las actividades de manejo y conservación requieren de un marco legal para su ejecución así como la garantía de financiamiento para su desarrollo. Este componente tiene como finalidad identificar las diversas disposiciones legales que son aplicables al manejo del manantial San Martín y su zona circundante, así como la de identificar los sectores u organismos que pueden asegurar un flujo de recursos suficientes para llevar a cabo las actividades de conservación, aprovechamiento, educación e investigación. Es imperativo generar los vínculos que conduzcan a la autogestión de los pobladores por un estilo de desarrollo centrado en ellos mismos y que tenga como marco el respeto por la conservación y aprovechamiento de los recursos.

Objetivos

- Identificar los instrumentos normativos y legales necesarios para el uso y operación del manantial y su zona circundante.
- Desarrollar una estrategia de obtención de fondos y buscar fuentes de financiamiento alternativas para el desarrollo de las actividades de conservación, aprovechamiento, educación, capacitación e investigación.

Acciones

Las acciones a realizar se especifican como de corto (1), mediano (2) y largo plazo (3), se indican los participantes de cada acción y los responsables de su ejecución.

Acción	Participantes	Plazo	Responsable
Generación de convenios con las autoridades municipales para el financiamiento del plan de manejo y regulación de las actividades cercanas al manantial	Ejido; Municipio; UAQ	1	UAQ; comunidad
Generación de convenios con organismos no gubernamentales para el financiamiento del plan	Ejido; UAQ; ONG'S	1	UAQ; comunidad

(1)= Corto plazo, debe realizarse en el primer año; (2)= Mediano plazo, debe iniciar en el primer año y finalizar en los próximos dos años; (3)= Largo plazo, se hará tres o cuatro años después del año de inicio.

Investigación

Presentación

La generación de investigación científica es un elemento clave para el manejo de recursos y áreas. Por ello es importante generar líneas de investigación que permitan el desarrollo de los componentes de manejo planteados anteriormente, así como la generación de procesos y mecanismos que permitan el monitoreo del plan de manejo de manera que se puedan replantear o continuar las acciones propuestas.

Objetivos

- Identificar áreas y temas prioritarios de investigación que orienten hacia la conservación y manejo de recursos, así como al desarrollo de los componentes de manejo para este manantial.
- Establecer y diseñar un plan de monitoreo con indicadores ambientales y socioeconómicos para la zona del manantial San Martín, en el Ejido San Martín, Amealco.

Acciones

Las acciones a realizar se especifican como de corto (1), mediano (2) y largo plazo (3), se indican los participantes de cada acción y los responsables de su ejecución.

Acción	Participantes	Costos	Responsable
Identificación y propagación de especies nativas para re vegetación de áreas erosionadas	UAQ; SEMARNAT; Municipio	2	UAQ
Estudios sobre fauna terrestre nativa.	UAQ	2	UAQ
Estudios sobre la magnitud del flujo	UAQ	2	UAQ
Estudios sobre indicadores ambientales.	UAQ	2	UAQ
Estudios sobre indicadores socioeconómicos	UAQ	2	UAQ
Evaluación del plan de manejo	UAQ; Ejido	3	UAQ
Reestructuración	UAQ; Ejido	3	UAQ

(1)= Corto plazo, debe realizarse en el primer año; (2)= Mediano plazo, debe iniciar en el primer año y finalizar en los próximos dos años; (3)= Largo plazo, se hará tres o cuatro años después del año de inicio.

Manantial La Beata

Conservación

Presentación

De acuerdo con la evaluación del estado de conservación de éste manantial que lo ubica en estado óptimo, es necesario tomar acciones que garanticen su mantenimiento en el tiempo, la supervivencia de las especies que aloja y la continuación de sus procesos ecológicos y evolutivos. En este sentido es necesario ofrecer a la comunidad información sobre las consecuencias del saqueo de especies maderables y tala inmoderada. Este componente es el marco para el desarrollo de acciones de corto, mediano y largo plazo que disminuyan y/o detengan los procesos de deterioro y la presión sobre el manantial y sus recursos naturales.

Objetivo

- Definir los mecanismos y acciones necesarias a corto, mediano y largo plazo que permitan mantener al manantial y sus recursos en el tiempo así como controlar su deterioro biofísico.

Acciones

Las acciones a realizar se especifican como de corto (1), mediano (2) y largo plazo (3), se indican los participantes de cada acción y los responsables de su ejecución.

Acción	Participantes	Plazo	Responsable
Señalización	Comunidad; UAQ; CEA; CNA; SEMARNAT	1	Comunidad
Folletos informativos para visitantes	Comunidad; Municipio; SEMARNAT; UAQ	2	Comunidad; Municipio; UAQ
Capacitación de guías de visitas (guía ecoturístico)	Comunidad; Municipio; SEMARNAT; UAQ	2	Municipio; UAQ
Capacitación para administración de visitas	Comunidad; Municipio; UAQ	2	Municipio; UAQ; Comunidad

(1)= Corto plazo, debe realizarse en el primer año; (2)= Mediano plazo, debe iniciar en el primer año y finalizar en los próximos dos años; (3)= Largo plazo, se hará tres o cuatro años después del año de inicio.

Aprovechamiento

Presentación

Es necesario promover actividades compatibles con los objetivos de conservación del manantial, con las oportunidades detectadas en la zona (actividades ecoturísticas) y con las expectativas de los habitantes. Este componente es el marco para el desarrollo de acciones sustentables de corto, mediano y largo plazo que resulten en beneficio para la comunidad y para los habitantes de la región.

Objetivos

- Promover actividades económicas en la zona cercana al manantial que ocurran en un marco tendiente a la sustentabilidad.
- Identificar y promover actividades económicas compatibles con los objetivos de conservación del área y que resulten en beneficio de la comunidad y de la región.
- Contribuir en la capacitación de la comunidad local en aspectos técnicos y administrativos para la puesta en marcha de proyectos productivos sustentables.

Acciones

Las acciones a realizar se especifican como de corto (1), mediano (2) y largo plazo (3), se indican los participantes de cada acción y los responsables de su ejecución.

Acción	Participantes	Plazo	Responsable
Taller de organización comunitaria	Comunidad; Municipio; UAQ; DIF; SEDESOL	1	UAQ; Municipio
Taller de administración de recursos.	Municipio; UAQ; Comunidades.	2	UAQ; Municipio
Promoción de prácticas de conservación de recursos	Municipio; UAQ; SEMARNAT; SEDESU.	2	UAQ; SEMARNAT
Desarrollo de proyectos productivos	DIF; Comunidad; municipio.	2	UAQ; SEMARNAT; SEDESU; SEDESOL
Promoción de servicios ambientales	UAQ; SEMARNAT	2	UAQ; SEMARNAT
Promoción de áreas protegidas municipales	UAQ; SEMARNAT; Municipio	2	UAQ; SEMARNAT

(1)= Corto plazo, debe realizarse en el primer año; (2)= Mediano plazo, debe iniciar en el primer año y finalizar en los próximos dos años; (3)= Largo plazo, se hará tres o cuatro años después del año de inicio.

Uso público y educación

Presentación

Este componente establece los mecanismos mediante los cuales los habitantes de la comunidad La Beata, Amealco, pueden incrementar su nivel de conciencia y conocimiento hacia la importancia de los manantiales, a la conservación, importancia y aprovechamiento de los recursos naturales, así como incentivar su participación en las actividades de conservación y manejo. En este componente se menciona la posibilidad de usar al manantial y ciertas áreas cercanas para fines ecoturísticos, los cuales deben fomentarse de manera organizada y planificada para evitar el deterioro del área.

Objetivos

- Promover educación formal e informal para los distintos sectores de la comunidad sobre los aspectos bióticos y socioeconómicos de la zona del manantial.
- Fomentar el ecoturismo como oportunidad de uso, destacándolo como práctica de mínimo impacto sobre el ambiente.

Acciones

Las acciones a realizar se especifican como de corto (1), mediano (2) y largo plazo (3), se indican los participantes de cada acción y los responsables de su ejecución.

Acción	Participantes	Plazo	Responsable
Programa de educación ambiental no formal	UAQ; USEBEQ; SEMARNAT; SEDESU	2	UAQ
Programa de educación ambiental formal	UAQ; USEBEQ; SEMARNAT; SEDESU	2	UAQ

(1)= Corto plazo, debe realizarse en el primer año; (2)= Mediano plazo, debe iniciar en el primer año y finalizar en los próximos dos años; (3)= Largo plazo, se hará tres o cuatro años después del año de inicio.

Normatividad y gestión

Presentación

El desarrollo de las actividades de manejo y conservación requieren de un marco legal para su ejecución así como la garantía de financiamiento para su desarrollo. Este componente tiene como finalidad identificar las diversas disposiciones legales que son aplicables al manejo del manantial La Beata y su zona circundante, así como la de identificar los sectores u organismos que pueden asegurar un flujo de recursos suficientes para llevar a cabo las actividades de conservación, aprovechamiento, educación e investigación. Es imperativo generar los vínculos que conduzcan a la autogestión de los pobladores por un estilo de desarrollo centrado en ellos mismos y que tenga como marco el respeto por la conservación y aprovechamiento de los recursos.

Objetivos

- Identificar los instrumentos normativos y legales necesarios para el uso y operación del manantial y su zona circundante.
- Desarrollar una estrategia de obtención de fondos y buscar fuentes de financiamiento alternativas para el desarrollo de las actividades de conservación, aprovechamiento, educación, capacitación e investigación.

Acciones

Las acciones a realizar se especifican como de corto (1), mediano (2) y largo plazo (3), se indican los participantes de cada acción y los responsables de su ejecución.

Acción	Participantes	Costos	Responsable
Generación de convenios entre los propietarios del manantial y los usuarios.	Comunidad usuaria; propietarios; UAQ; Municipio	1	Usuarios; Propietarios; UAQ; Municipio
Generación de convenios con las autoridades municipales	Ejido; Municipio; UAQ	1	UAQ; comunidad
Generación de convenios con organismos no gubernamentales	Ejido; UAQ; ONG'S	1	UAQ; comunidad

(1)= Corto plazo, debe realizarse en el primer año; (2)= Mediano plazo, debe iniciar en el primer año y finalizar en los próximos dos años; (3)= Largo plazo, se hará tres o cuatro años después del año de inicio.

Investigación

Presentación

La investigación es un elemento clave para el manejo de recursos y áreas. Por ello es importante generar líneas de investigación que permitan el desarrollo de los componentes de manejo planteados anteriormente, así como la generación de procesos y mecanismos que permitan el monitoreo del plan de manejo de manera que se puedan replantear o continuar las acciones del propuestas.

Objetivos

- Identificar áreas y temas prioritarios de investigación que orienten hacia la conservación y manejo de recursos, así como al desarrollo de los componentes de manejo para este manantial.
- Establecer y diseñar un plan de monitoreo con indicadores ambientales y socioeconómicos para la zona del manantial La Beata, en La Beata, Amealco.

Acciones

Las acciones a realizar se especifican como de corto (1), mediano (2) y largo plazo (3), se indican los participantes de cada acción y los responsables de su ejecución.

Acción	Participantes	Plazo	Responsable
Identificación y propagación de especies nativas para re vegetación de áreas erosionadas	UAQ; SEMARNAT; Municipio	2	UAQ
Estudios sobre fauna terrestre nativa	UAQ	2	UAQ
Estudios sobre indicadores ambientales	UAQ	2	UAQ
Estudios sobre la magnitud del flujo	UAQ	2	UAQ
Estudios sobre indicadores socioeconómicos	UAQ	2	UAQ
Evaluación del plan de manejo	UAQ; Ejido	3	UAQ
Reestructuración	UAQ; Ejido	3	UAQ

(1)= Corto plazo, debe realizarse en el primer año; (2)= Mediano plazo, debe iniciar en el primer año y finalizar en los próximos dos años; (3)= Largo plazo, se hará tres o cuatro años después del año de inicio.

VI. DISCUSIÓN

Este estudio representa uno de los primeros intentos de conservación y manejo para manantiales. La obtención de información referente a las características de la comunidad de macroinvertebrados en las temporadas de estiaje y lluvias, así como la proveniente directamente de los usuarios sobre el uso e inquietudes para conservar y aprovechar el manantial, eran aspectos importantes y necesarios para el diseño del plan de manejo, pues se requiere conocer la mayoría de situaciones relacionadas con un sitio candidato a conservación (Lewis 2002).

Los manantiales elegidos para el estudio representan las condiciones generales de los manantiales registrados para las zonas semiárida y templada de Querétaro (Morales-Tovar 2002). Las características de conservación, diversidad, función hidrológica y localización con respecto a las zonas conurbanas de estos manantiales, permitió diseñar un plan de manejo que puede ser aplicable al resto de los manantiales de dichas zonas, con sus respectivas adecuaciones en términos del conocimiento de las características de las comunidades de flora y fauna que en ellos habitan a lo largo del año y de su función hidrológica. En este sentido se debe tener muy claro que los 28 manantiales de las zonas templada y semiárida de Querétaro son heterogéneos en todos sus aspectos (Morales-Tovar 2002), y que de su conservación depende la permanencia y conservación de especies con ciclos de vida complejos cuyos estadios larvarios requieren del cambio de microhábitats para completar su desarrollo (Acosta 1999). Sin embargo, para que los manantiales mantengan sus cualidades heterogéneas es necesario procurar por la conservación de las zonas de recarga y del entorno inmediato (Van der Kamp 1995) lo que involucra un trabajo exhaustivo de la academia, las comunidades y las autoridades locales y federales.

Los estados de conservación y nivel de diversidad de los manantiales van de valores medios (La Zorra y El Boye) a altos (San Martín y La Beata) y, además, contienen especies biológicamente importantes e indicadoras de procesos de aislamiento geográfico. Este último aspecto se consideró con el fin de que el plan de manejo generado contribuya al mantenimiento y conservación de hábitats con alto valor biológico, que, por la condición física y ambiental en la que se encuentran, puedan responder favorablemente a acciones de manejo que podrían minimizar el impacto sobre ellos. Los sitios de estudio de Morales-Tovar (2002) se localizan en su mayoría en zonas urbanas, están modificados de su condición natural y son utilizados para distintos fines, por ello se eligieron aquellos que se encuentran dentro de zonas urbanas (La Zorra), o cerca de ellas (Boye, San Martín y La Beata); sitios modificados (La Zorra, San Martín y Boye) y/o cercanamente prístinos (La Beata); y sitios que son visiblemente utilizados (La Zorra y San Martín) y sin uso (Boye y La Beata). Todas estas características arrojan información por demás valiosa pues ofrecen una guía en materia de estrategias de conservación de manantiales, ya que las recomendaciones de Lewis (2002), uno de los pocos trabajos disponibles sobre conservación de estos ambientes, se desprenden de un trabajo con sitios prácticamente prístinos condición que, desafortunadamente, difícilmente presenta en la actualidad un manantial en nuestro país.

Con el tipo de muestreo y las mediciones efectuadas en las dos temporadas anuales, se confirma a los manantiales analizados como ambientes relativamente estables biológica y físico-químicamente. La comunidad de macroinvertebrados en los cuatro sitios analizados a lo largo de un ciclo anual estuvo representada por 38 familias y 44 géneros, y dominada por el grupo de los insectos, igual que en el estudio de Morales-Tovar (2002) en el cual se registró una comunidad de macroinvertebrados representada por 25 familias. Los insectos también fue el grupo de macroinvertebrados dominante en los estudios de Anderson y Anderson (1995) y Hoffsten y Malmqvist (2000); en el primer trabajo se registraron 43 familias de insectos en ocho manantiales de la zona semiárida de la

región central de Oregon, y en el segundo se reconocieron 71 géneros de insectos de un total de 79 géneros de macroinvertebrados identificados en 23 manantiales de la región central de Suecia.

En cuanto a los hábitos tróficos y considerando los cuatro manantiales, la mayoría de los organismos tuvo hábitos de depredación, lo que posiblemente se debe a que los tipos de microhábitats presentes en cada sitio, definidos por las características de sustrato e hidrodinámica (Williams y Feltmate 1994; Thorp et al 2001; Pérez-Munguía 2004), favorecen la presencia de organismos con un determinado hábito trófico particular, ya que ofrecen espacios y recursos muy específicos (Danks y Williams 1991). Lo anterior se puede sustentar en el hecho de que en los manantiales La Zorra y Boye, ambos de tipo limnocreno con nula vegetación acuática y riparia, más del 60% de los taxa presentes son depredadores, mientras que en San Martín y La Beata, manantiales reocrenos con presencia de vegetación acuática y riparia, menos del 60% de los taxa tiene esta función trófica. De acuerdo con Danks y Williams (1991), en los manantiales suelen ser más abundantes los comedores generalistas, tales como depredadores, detritívoros y herbívoros comedores de hojas muertas, que los comedores especialistas. Estos autores no hablan de proporciones ni de combinaciones de depredadores con otros grupos tróficos, tal y como documentaron Anderson y Anderson (1995) y Hoffsten y Malmqvist (2000), únicamente mencionan que el hábito trófico generalista es una adaptación alimentaria de los artrópodos que habitan los manantiales. Los mismos autores argumentan que esta adaptación, al igual que muchas otras, sólo puede ser entendida en referencia a la historia biológica y evolutiva de las especies en cuestión, en este sentido falta mucho por conocer en cuestión de la biología y ecología de los organismos que habitan en los manantiales.

El escenario trófico encontrado en los manantiales de este estudio es por demás peculiar, pues en todos los casos la proporción de depredadores es más alta que la de las presas potenciales (Odum 1987). Esta situación tal vez puede

estar indicando que hemos sido testigos de la dinámica depredador-presa descrita por Lotka y Volterra (Davies 1989, Miracle 1993), después de todo no hay que perder de vista que por las características de estabilidad ambiental y aislamiento de los manantiales, éstos suelen fungir como laboratorios naturales donde pueden estudiarse aspectos ecológicos y evolutivos de su fauna típica (Williams 1991; Danks y Williams 1991a). Sin embargo, es complicado especular sobre como ocurre la dinámica depredador-presa en los manantiales ya que ésta no sólo depende de la presencia de ambos actores, sino también de las interacciones que éstos tienen con el medio en tiempo y espacio (Davies 1989, Miracle 1993), las cuales, por el diseño del trabajo no se observaron a detalle, no obstante queda pendiente la práctica de estudios que permitan entender como se dan este tipo de relaciones en estos manantiales.

En lo que a tolerancia se refiere, en los manantiales La Zorra, Boye y La Beata más del 50% de los organismos son sensibles a la contaminación orgánica e inorgánica (indican ambientes no o moderadamente contaminados), mientras que en San Martín el 37% de los organismos presenta esta característica. Esta situación puede tener dos motivos: 1º) el manantial se encuentra cerca de zonas de siembra y pastoreo y, cuando llueve los desechos orgánicos son arrastrados hacia él, lo que aumenta el contenido de materiales orgánicos, y/o 2º) en temporada de lluvias, desemboca una corriente temporal formada en la parte alta de la zona que puede estar arrastrando a su paso materiales orgánicos. Ambas situaciones señalan una posible adición de nutrientes durante la temporada de lluvias (Thorp et al. 2001), lo cual se reitera con la presencia de la familia Chironomidae cuyos niveles de abundancia altos, como lo fue en este caso, se relacionan a sistemas con ciertos grados de contaminación orgánica (Merrit y Cummins 1996). La adición de material orgánico suele provocar una baja en los niveles de oxígeno disuelto (Thorp et al. 2001), lo cual limita la presencia de organismos que extraen el oxígeno del agua vía cutánea o, branquias (larvas de Ephemeroptera, Odonata, Trichoptera y Bivalvia), pues por su modo de respiración requieren de ambientes de alta calidad (Williams y Feltsmate 1994;

Merrit y Cummins 1996; Lamper y Sommer 1997; Thorp et al. 2001), razón por la cual fungen como indicadores de ambientes no o moderadamente contaminados. La calidad ambiental en San Martín posiblemente no cumple por completo con los requerimientos de estos organismos hidropneusticos y por ello el porcentaje de organismos sensibles a contaminación orgánica es menor que en el resto de los manantiales. Y, aunque en los manantiales La Zorra, Boye y La Beata no se presenta la situación de San Martín, también reciben desechos orgánicos e inorgánicos por parte de otras fuentes, como los visitantes.

En La Beata y San Martín, los manantiales más diversos, se colectaron ocho y nueve organismos, respectivamente, cuyas familias no se tienen registradas en el estudio de Morales-Tovar (2002). Para el caso de La Beata se trata de las familias Hydrometridae (Hemiptera), Tipulidae (Diptera), Dixidae (Diptera), Helycopsychidae (Trichoptera), Hydropsychidae (Trichoptera), Cordulegastridae (Odonata), Leptophlebiidae (Ephemeroptera) y la clase Hydracarina (Acari); mientras que para San Martín se trata de las familias Notonectidae (Hemiptera), Tipulidae (Diptera), Dixidae (Diptera), Ceratopogonidae (Diptera), Tabanidae (Diptera), Helycopsychidae (Trichoptera), Leptophlebiidae (Ephemeroptera) y la clase Hydracarina. Es posible que estas familias no hayan sido colectadas en el 2002 porque se trata de grupos con abundancias bajas, de uno a cuatro organismos por muestra (arrastre de la red), (Ceratopogonidae, Hydrometridae, Hydracarina, Tabanidae, Cordulegastridae, Tipulidae, Dixidae, Helycopsyche, Hydropsichydae); o que quizás tienen sus ciclos biológicos asociados a la temporada de lluvias (Hydrometridae, Hydropsychidae, Leptophlebia; *Notonecta*, Tabanidae), en la cual no hubo colectas, o bien que por sus características pueden pasar desapercibidos en el medio y/o esquivar la red de muestreo (Hemípteros patinadores). En Boye y La Zorra, los manantiales menos diversos, también hubo familias que no fueron registradas en el 2002, la familia Gerridae (Hemiptera) para el primero, y Tabanidae (Diptera) para el segundo, para el que, además, se corrige la familia Notonectidae (Hemiptera) que se registró erróneamente como Corixidae.

Los altos niveles de diversidad en San Martín y La Beata están directamente asociados con el número y variedad de microhábitats presentes, esta relación entre la diversidad y el número y tipo de microhábitats ha sido sugerida por varios autores para ambientes lóticos y lénticos (Williams y Feltnate 1994; Merrit y Cummins 1996; Thorp et al 2001). San Martín y La Beata son manantiales del tipo reocreno que ofrecen una gran variedad de microambientes: rápidos, pozas, sedimento fino, grava, hojarasca, vegetación riparia y rocas (Merrit y Cummins 1996; Thorp et al 2001) que los macroinvertebrados, especialmente los insectos, por su condición de micro especialistas pueden ocupar. Por otro lado, La Zorra y Boye manantiales del tipo limnocreno, al ofrecer una menor cantidad de microambientes: interfase agua-aire, zona limnética, zona litoral y zona profunda (Merrit y Cummins 1996), con respecto a los manantiales reocrenos, tienen, en consecuencia, niveles de diversidad bajos. La relación diversidad de especies alta y número de microhábitats no se describe tan claramente en los trabajos con manantiales, posiblemente porque los microhábitats que presentan no son examinados a detalle, y, por lo tanto, documentados (Danks y Williams 1991). Sin embargo, Erman y Erman (1995) sugieren este patrón en algunos manantiales fríos de la Sierra Nevada, California, donde se encontraron que, en general, los manantiales con riqueza alta de invertebrados también tuvieron hábitats diversos, principalmente grandes matas de musgo mezclada con otro tipo de vegetación y grava como sustrato, pero señalan que la causa y efecto entre éstos y el incremento de la diversidad de invertebrados no fue clara, ya que muchas especies de macroinvertebrados son abundantes en manantiales con musgo y vegetación y también en sitios que no los tienen, incluso más que en zonas sin grava. Ahora bien, para conocer si el número y variedad de microambientes tienen algún efecto en la composición y estructura de las comunidades macroinvertebradas se deben hacer muestreos de la biota y de los parámetros ambientales a nivel microhábitat, tal y como lo sugiere Lindergaard (1998).

Para todos los manantiales del estudio se registraron diferencias en la riqueza y diversidad de las comunidades de macroinvertebrados entre las

estaciones del año. A pesar de ésta situación, el índice de Jaccard señala que la composición de la comunidad de macroinvertebrados en cada manantial entre estaciones tiene una similitud mayor al 70%, condición que mantiene la diversidad en todos los sitios sin diferencias significativas entre estas temporadas. Este panorama indica que las comunidades de macroinvertebrados no varían estacionalmente en composición y sólo ligeramente en estructura, es decir se mantienen estables durante todo el año, incluyendo la comunidad de San Martín, a pesar de ser el manantial con los porcentajes de similitud más bajos entre meses. Esto posiblemente está asociado a la temporada de lluvias pues, otra vez, la corriente tributaria temporal formada en la parte alta de la zona puede estar arrastrando a los individuos corriente abajo (Pérez-Munguía 2004). Esta misma condición de no-estacionalidad de los macroinvertebrados de manantiales ha sido sugerida y registrada por Blackwood, Hall y Ferrington (1995) para los quironómidos de los manantiales de Norteamérica, los cuales pueden mostrar una limitada variación estacional en su composición emergente, por Pérez-Munguía (2004) para los coleópteros de los manantiales cársticos de la Huasteca Mexicana, en cuya riqueza no se encuentran diferencias notables temporadas.

En un sentido más amplio, Danks y Williams(1991) refieren que muchas especies de insectos tienen la facilidad para moverse de manantial a manantial y pueden emerger estacionalmente, ya que los adultos terrestres son vulnerables a condiciones adversas fuera del agua; sin embargo, muchas especies que viven permanentemente en el agua son "más o menos no-estacionales". De acuerdo con lo anterior, la variación estacional depende entonces de la historia natural de cada macroinvertebrado que habita en los manantiales por lo cual es necesario llevar a cabo estudios específicos sobre la biología-evolutiva de éstos individuos.

Los valores de diversidad, riqueza y composición de la comunidad de macroinvertebrados así como las mediciones de los parámetros fisicoquímicos por mes y temporadas anuales señalan a los manantiales como sitios estables en términos biológicos y ambientales a lo largo del año. Estos resultados, desde el

punto de vista biológico indican que la comunidad de macroinvertebrados no varía estacionalmente, es decir no experimentan sucesión, lo cual según Odum (1972) se debe a que los organismos no modifican su medio (causa de la sucesión), porque a medida que es alterado por la fotosíntesis y respiración, el agua es reemplazada por agua nueva cuyas características son propias del subsuelo (bajo contenido de nutrientes, oxígeno y dióxido de carbono). Las características fisicoquímicas constantes permiten, a su vez, que las poblaciones de insectos hidropneusticos de cada comunidad de macroinvertebrados estén presentes en cada manantial durante la mayor parte del año.

De acuerdo con Anderson y Anderson (1995) es común que los manantiales funjan como refugios para fauna acuática rara, relictual y/o endémica en las zonas semiáridas y durante la temporada de estiaje, sin embargo los resultados obtenidos sobre la variación estacional de la comunidad de macroinvertebrados muestran que los manantiales de este estudio no fungen como refugios durante el estiaje. Si los sitios del estudio fungían como refugios para fauna acuática en la temporada de secas era esperable encontrar un número mayor de familias y géneros así como altas cantidades de individuos pues era posible que una mayor cantidad de organismos en la zona requirieran de alimento, humedad y un sitio para anidar dadas las condiciones de escasez de agua, sin embargo todo lo esperado ocurrió en la temporada de lluvias. Es posible que esta condición no se cumplió porque en las áreas en las que se encuentran los manantiales hay otros cuerpos de agua que la fauna macroinvertebrada acuática puede aprovechar como hábitats, es decir no hay condiciones de escasez extrema que pudieran llevar a los macroinvertebrados acuáticos a buscar fuentes de agua perennes (manantiales) con los recursos que requieren a diferencia de Oregon, sitio en el cual Anderson y Anderson (1995) apoyan el supuesto de los manantiales como refugios en zonas semiáridas. No obstante haría falta ubicar estas supuestas fuentes extras de agua y hacer algunos muestreos para conocer el tipo y cantidad de macroinvertebrados que alojan anualmente. Ahora bien, la fauna vertebrada terrestre puede estar utilizando estos sitios como refugios y

fuentes de recursos durante el estiaje, pero para saberlo se requiere de estudios referentes a la función de los manantiales para la fauna terrestre.

Por otro lado, los resultados obtenidos sugieren que quizá los manantiales no son refugios temporales, sino espaciales, es decir que los manantiales pueden estar alojando comunidades macroinvertebradas acuática o, inclusive especies con cualidades peculiares y/o requerimientos específicos que en las zonas semiárida y templada de Querétaro difícilmente se encuentran (estabilidad ambiental y variedad de microhábitats). Sin embargo para respaldar este supuesto hacen falta estudios sobre la composición y diversidad de las comunidades de macroinvertebrados en otros manantiales, que a partir de la elaboración de este trabajo se sabe que existen, y cuerpos de agua de las zonas templada y semiárida de Querétaro, pues autores como Anderson y Anderson (1995) señalan que los manantiales suelen contener muchos taxa (en el caso de su estudio de dípteros), que no aparecen en otros hábitats acuáticos de la región donde se encuentran.

De acuerdo con las mediciones de los factores fisicoquímicos del agua tomados por mes y estaciones anuales, se encontró a la temperatura como el factor fisicoquímico más estable, mientras que el oxígeno disuelto y el pH fueron los factores que presentaron cambios notables. El oxígeno disuelto presentó un patrón general de disminución gradual de casi el 50% durante la época de precipitación, igual que en los manantiales cársticos de la Huasteca Mexicana (Pérez-Munguía 2004), un cambio aparentemente asociado al flujo del agua. El pH exhibió cambios no graduales significativos entre las temporadas de muestreo, incluso se observa que en la temporada de lluvias los valores de pH son más bajos que en el estiaje, posiblemente porque con el aumento del flujo de agua en esta temporada la concentración de algunos iones disminuyó. Los valores de conductividad también presentaron cambios visibles entre los meses y temporadas de medición, señalando una tendencia más o menos clara de disminución de la época de estiaje a la de lluvias posiblemente porque el aumento de flujo del agua en la temporada de lluvias diluyó la concentración de algunos iones. Según el

ANOVA la conductividad fue el único factor que tuvo diferencias significativas, sin embargo las mediciones de este factor no son del todo confiables pues el conductímetro problemas de encendido y calibración. Ahora bien, la posibilidad de la relación indirecta entre el aumento del flujo de agua y la disminución del oxígeno disuelto, pH y conductividad no está soportada por los resultados, puesto que no se midió el flujo en ninguna de las dos temporadas de muestreo.

La medición del flujo de agua fue un factor difícil de obtener. La cantidad de corriente de agua en los manantiales reocrenos como La Beata (filtrador) y San Martín (fractura) es muy baja, tanto que el flujómetro no la puede medir en la temporada de estiaje, por lo que la comparación de la magnitud de flujo entre temporadas y su relación con los factores fisicoquímicos no puede determinarse. En La Zorra y Boye, manantiales limnocrenos de fractura, se presentan otro tipo de obstáculos que impiden conocer la magnitud del flujo. En La Zorra no es claro donde se encuentra la abertura o aberturas de las cuales brota el agua, mientras que en Boye la forma en que brota el agua de la roca, por goteo y escurrimiento, requiere tal vez de aparatos especializados para medir la magnitud del flujo. Por estos motivos y aunque el cambio de flujo fue observado entre temporadas, esta explicación de correlación indirecta entre la magnitud del flujo y el oxígeno, pH y conductividad no es plausible.

Según los análisis bacteriológicos, todos los manantiales se encuentran dentro de los límites permisibles de uso y consumo humano (Norma Oficial NOM-127-SSA1-1994). En este sentido es importante motivar a los usuarios, propietarios y visitantes para que procuren mantenerlos en este estatus, pues aunque sólo sean ocasionalmente usados puede ser que en un momento dado vuelvan a requerirlos, o bien se conviertan en su única fuente de abasto de agua.

Los manantiales del estudio son sitios heterogéneos entre sí (Morales-Tovar 2002). Sin embargo, a pesar de sus diferencias están compartiendo dos características: 1) baja productividad, ya que en general los manantiales son

típicamente más bajos que otros sistemas acuáticos según Hubbs y Allen (1943 en Hobbs 1992); y 2) magnitud de flujo baja por la altitud en la que se encuentran. Con respecto a la magnitud de flujo baja, Pérez-Munguía (2004) menciona que los manantiales localizados en altitudes mayores a los 2000 msnm presentan flujos menores a $0.003785 \text{ m}^3/\text{min}$, y los manantiales de éste estudio se encuentran a 2440 msnm (La Zorra), 2133 msnm (Boye), 2499 (San Martín) y 2468 msnm (La Beata), lo que puede explicar porque la descarga de estos manantiales es visiblemente baja. Ahora bien, solo la medición de los parámetros de productividad y magnitud de flujo en estudios posteriores podrá ratificar dichos supuestos.

Según el indicador del estado de conservación, los manantiales no tuvieron cambios entre temporadas y coinciden con los puntajes y estatus reportados por Morales-Tovar (2002). Todos los manantiales en ambas temporadas registraron puntajes que los ubicaron en los mismos estatus de conservación: de Amenaza para La Zorra y Boye, y Óptimo para San Martín y La Beata. Estos resultados muestran que el indicador de conservación que se ha desarrollado, no pierde su sensibilidad entre estaciones del año y puede ser aplicado en cualquier época.

Por los resultados obtenidos en este trabajo y considerando los de Morales-Tovar (2002), puede decirse que la época de estiaje es la más recomendable para estudiar la integridad biótica y estado de conservación de los manantiales. Es en la época de estiaje cuando se presentan los valores más altos de los factores fisicoquímicos, y aunque la comunidad de macroinvertebrados presenta un menor número de familias, esto no afecta drásticamente el conocimiento de la comunidad, porque en esta temporada se colecta aproximadamente el 80% de los macroinvertebrados acuáticos que normalmente habitan en cada sitio.

Puesto que los estados de conservación, valores de diversidad y riqueza no variaron en éste estudio con respecto al de Morales-Tovar (2002) a pesar de

haber utilizado diferentes niveles taxonómicos, géneros y familias respectivamente, se recomienda utilizar el nivel de familia para evaluar la diversidad, riqueza y estado de conservación de los manantiales. Éste nivel taxonómico es un buen estimador de la diversidad cuando los estudios están en una escala regional (Williams y Gaston 1994), además de que el uso de familias resulta ser más práctico, económico y eficiente (Morales-Tovar 2002; Pérez-Munguía 2004).

Los datos bióticos y biofísicos recabados por manantial ofrecieron información determinante para la propuesta de las pautas para su conservación y manejo, tal como se menciona en la hipótesis. La información generada permitió conocer que las características de la composición de macroinvertebrados (que no incluye familias y géneros raros y/o endémicos), estabilidad biológica y ambiental, de estatus de conservación en cada temporada anual, del medio circundante y condición socioeconómica y cultural de los usuarios son únicas para cada manantial y ofrecen, por lo tanto, oportunidades específicas para su manejo. Por esta situación el establecimiento de las pautas de manejo y conservación fueron exclusivas para cada caso, es decir se propone un plan de manejo por sitio que integre todos los aspectos que están relacionados con él. Cabe mencionar que las características de estabilidad y de estatus de conservación apoyan el uso de las valoraciones bióticas rápidas (Morales-Tovar 2002) tanto para el monitoreo de los sitios del estudio una vez que se inicie la operación del plan de manejo, como para la generación de conocimiento sobre la condición de las comunidades biológicas y estado de conservación de manantiales perennes de zonas templadas y semiáridas.

Los planes de manejo propuestos en este trabajo pretenden la conservación de los cuatro manantiales a través del conocimiento de las condiciones biológicas (variación estacional de la comunidad macroinvertebrada y estado de conservación) y fisicoquímicas del manantial, de las características socioeconómicas y culturales e inquietudes de la comunidad y, de la interacción

de los usuarios, autoridades y académicos para su ejecución y desarrollo (Mackinnon, Mackinnon, Child y Thorssell 1992; Meyer 1997). Con el desarrollo de las cuatro etapas de cada plan de manejo se pudo conocer a fondo la problemática de los manantiales; el perfil y necesidades de la gente de las comunidades en las cuales se encuentran; establecer contacto directo con la gente para conocer su percepción sobre la problemática de los manantiales así como sus inquietudes con respecto al posible uso del manantial; establecer las posibles soluciones a la problemática detectada y los beneficios a obtener con ello, y finalmente, como establecer acciones de manejo considerando estrategias (componentes de manejo) que contribuirán a resolver la problemática analizada y mejorar las posibilidades de conservación de éstos hábitats.

El contacto con los usuarios fue uno de los aspectos más importantes del desarrollo del plan de manejo, pues a través de éste se obtuvo información valiosa y se rectificó la información de cada manantial registrada por Morales-Tovar (2002). La información a la que se accedió con el contacto directo, y que de otra modo hubiera sido imposible conocer, consistió en datos sobre la historia de uso, uso actual, los términos de propiedad en los que se encuentran y, por supuesto las perspectivas e inquietudes de la comunidad para con el sitio en cuestión durante los talleres de planeación participativas. Además de la anterior información, era importante conocer: 1) desde cuando son utilizados y para qué, y 2) a partir de cuando dejaron de ser utilizados y porqué, para contextualizar a los manantiales de las zonas urbanas.

Por el tamaño de las áreas donde se encuentra los manantiales (Meffe y Carroll 1994) y la condición seminatural que presentan difícilmente podrían ser áreas protegidas donde ocurran sus procesos naturales normales, por ello en este caso un plan de manejo es lo más adecuado para los manantiales. Los planes propuestos en este estudio tratan de armonizar todos los aspectos que giran alrededor de éstos hábitats e incluir al factor humano como activo por tratarse de hábitats seminaturales (Pickett, Ostfeld, Shachak y Likens 1997) ubicados en

zonas semiurbanas. y al ser elaborados con la participación de la gente para la gente pueden garantizar en gran medida su conservación pues a través de su manejo se pueden mitigar las consecuencias negativas de las actividades humanas, además la presencia de un área de manejo pequeña dentro o cerca de una zona semiurbana puede tener una importante función educativa, pues pueden contribuir con el desarrollo de la conciencia de la gente sobre la importancia de la protección y conservación de todas las formas de vida (Primack 1998; Dejkine 1998). Uno de los pocos casos documentados sobre manejo y mitigación de impacto en los manantiales, lo presentan Meffe y Carrol (1994), en dicho caso algunos de los manantiales de las zonas desérticas de Estados Unidos cercanos a reservas naturales e importantes como fuentes de abastecimiento para los habitantes de la misma, eran utilizados como abrevaderos para ganado vacuno y para minimizar el impacto (contaminación orgánica y pisoteo el ganado) los manejadores en conjunto con los rancheros y las agencias federales construyeron abrevaderos apropiados.

Es necesario destacar la importancia de incluir la participación de los usuarios en la elaboración del diseño del plan de manejo (Feinsinger 2004). Un plan de manejo que pretende conservar un sitio y sus recursos a través de actividades que ofrecen beneficios económicos y de desarrollo social para los habitantes o usuarios del lugar, simplemente no puede ser elaborado en el escritorio porque, finalmente, el plan debe de responder a los intereses e inquietudes de los usuarios, los cuales sólo se pueden conocer de viva voz.

El incluir a la gente como participante de la propuesta y desarrollo del plan de manejo, les confiere un sentido de responsabilidad, compromiso y arraigo para con su manantial. En este sentido, el taller de planeación participativa resulto ser una herramienta por demás útil e indispensable, pues durante su desarrollo los usuarios de los manantiales no sólo expresaron sus inquietudes ante su comunidad y autoridades, sino que también adquirieron compromisos concretos para que el plan de manejo resultante se aplique.

Sin embargo, establecer el contacto con la gente para obtener la información referente a sus inquietudes no es una tarea fácil. Muchas personas desconfían y no ubican muy claramente el papel de la universidad en la realización de estudios de éste tipo, en este sentido se recomienda para estudios posteriores hacer de tres a cinco visitas a la(s) comunidad (es) para que la gente conozca el proyecto y a los encargados del mismo. De la misma forma se recomienda ampliamente la formación de los grupos de trabajo dentro de las comunidades, pues esto contribuyó enormemente a acceder a los manantiales, a establecer el contacto directo con el resto de la comunidad y propietarios de la zona del manantial, y a ejecutar los talleres de planeación participativa.

Un aspecto que estuvo cerca de impedir el contacto con la comunidad fue la preocupación latente de la gente sobre el traslado del agua hacia la ciudad de Querétaro. En todas las comunidades la gente mostraba preocupación por la posible excavación de pozos profundos cerca de la zona (casos de Boye, San Martín y La Beata) y del entubamiento del agua de su manantial para llevar el agua a la ciudad de Querétaro (caso de La Zorra). Esta preocupación se vio reflejada durante los contactos iniciales pues la gente dudaba en brindar cualquier información sobre el manantial, pues pensaban que éste estudio era para ubicar sitios candidatos para entubado o excavación; sin embargo, gracias al apoyo del grupo de trabajo se pudo aclarar cuales eran los fines del trabajo. La formación del grupo de trabajo, igual que la aplicación del taller, resultó ser una herramienta muy útil para el desarrollo del plan de manejo.

Una vez que se entabló el contacto con la comunidad durante el taller de planeación participativa sobresalió una cuestión que Ferrington (1995) menciona: "el uso de los manantiales tiende a la sobreexplotación". Lamentablemente a la mayoría de la gente no le interesa un sitio con valor biológico, aunque no sea utilizado o no le encuentre uso práctico, le interesa un sitio que pueda proveerles algún servicio (caso de Boye), y si el servicio esta dado no importa que el recurso se agote porque el manantial es reconocido como perenne (caso San Martín).

Estas situaciones son comprensibles, ya que en Querétaro, como en el resto de México, la gente tiene problemas económicos, motivo por el cual buscan la forma de solventar algunos gastos sin tener que invertir el dinero que no poseen; no obstante, esta percepción del uso de los recursos naturales puede cambiar si se informa y promueve sobre el uso adecuado de los recursos naturales y los beneficios que le acompañan.

De manera contrastante se presenció el reconocimiento del valor cultural (Diario La Opinión Austral 1999) de los manantiales por parte de la gente. Se encontró gente preocupada por su manantial que nota en él un símbolo de identificación (caso de La Zorra), y una fuente que provee no sólo servicios diversos (hidroterapia, abasto de agua, sitio confiable para la colecta de plantas medicinales) no sólo para ellos si no también para las plantas y animales (caso La Beata). A estas personas no sólo les importa fomentar el sentido común y de arraigo para con el manantial entre la gente de la comunidad, sino también generar entre los visitantes el respeto y reconocimiento de la importancia de su manantial.

Según los diagnósticos integrados, la problemática observada en los manantiales, sus causas y efectos son más o menos similares. El desconocimiento y desinformación sobre la importancia y amenazas de los manantiales, aunado al desinterés e inconciencia de los usuarios, pero sobre todo de los visitantes, constituye el principal problema y al mismo tiempo amenaza para estos hábitat. De acuerdo con esta problemática las soluciones propuestas incluyen: 1) la generación de convenios con las instancias municipales para integrarlas como participantes activos del plan de manejo al conferirles las responsabilidades y compromisos que les corresponde; 2) la generación de convenios entre los ejidatarios y la comunidad porque en algunos casos, como La Zorra y La Beata, la zona del manantial le pertenece a ejido o la comunidad es un ejido; 3) talleres de capacitación para promover actividades productivas, que en cada caso son particulares porque se presentan oportunidades diferentes, como

en La Zorra donde se tienen desde hace tiempo un estanque de acuicultura, o La Beata y Boye cuyas zona de manera natural puede manejarse como zonas ecoturísticas; 4) Promoción de prácticas de manejo sostenible, que incluyen la señalización pertinente en cada zona, reforestación y rehabilitación de potreros para el ganado, pues todas las zonas cercanas a los manantiales requiere de restauración en menor o mayor grado, y 5) programas de educación ambiental para informar a la gente con respecto a los recursos naturales.

Los beneficios que se pueden alcanzar al solucionar la problemática de los manantiales son muy particulares debido a las características especiales que cada uno presenta. No obstante, en todos los sitios habrá un incremento en la calidad de vida porque con el tipo de talleres e información que se le otorgará a la gente, indudablemente ésta crecerá en todos sentidos (sociales, económicos, educativos). La disminución de la presión en los recursos será un hecho al desviar un poco el estrés de los manantiales, lo que permitirá que se mantengan en el tiempo. El incremento del valor patrimonial puede cumplir un papel motivador en la gente la cual, en un momento dado, asumirá compromisos y responsabilidades reales y, propondrá iniciativas para el reajuste del plan de manejo

Al igual que el plan de manejo de este trabajo, los planes de manejo de la microcuencas de Bravo (Pineda-López et al. 2005), San Pedro (Ventura-Ramos et al. 2005), El Nabo (Domínguez-Cortazar et al. 2005) y de la reserva Espíritu Santo, Baja California, México (CONANP 2005) utilizan estrategias que responden a la problemática detectada para generar las líneas de acción que la resuelvan. En estos estudios se puede observar que el planteamiento de componentes de manejo facilita y dirige la propuesta de las acciones de manejo. En este caso, los componentes de manejo propuestos permitieron establecer acciones de manejo dentro de líneas que pueden resolver la problemática analizada al aprovechar lo que ofrecen la zona, comunidad y manantial. Los cinco componentes de manejo (Conservación, Aprovechamiento, Uso público y Educación, Normatividad y Gestión e investigación) propuestos para los cuatro manantiales tienen objetivos

propios que deberán ser alcanzados en ciertos plazos mediante la colaboración de instituciones relacionadas con los recursos naturales, particularmente el agua, educación ambiental y gestión de recursos. Las acciones de manejo que se desprenden de cada componente son específicas para cada manantial por las características especiales que exhiben, que en un momento dado pueden minimizar gastos que animen a instancias no gubernamentales a participar.

El diseño de estos planes responden a las recomendaciones planteadas por Ongay (2005) en su análisis de la planeación ambiental en México, por lo que es posible que éste plan sea único en su tipo no sólo por tratar con manantiales. Estos planes pueden y deben ser reestructurados dependiendo de los resultados de su aplicación, sin embargo para llegar a este punto se requiere echar andar a la par del plan una serie de investigaciones relacionadas con diferentes asuntos. Es necesario hacer estudios sobre indicadores ambientales y socioeconómicos para reconocer el progreso y efectividad del plan, es decir para evaluar el plan, y replantearlo si fuese necesario

Es urgente llevar a cabo estudios que involucren el manejo y protección los manantiales en Querétaro y México. Por la condición en la que se encuentran el resto de los manantiales de las zonas templadas y semiáridas de Querétaro, es recomendable plantear un plan de manejo y conservación para todos ellos, o bien buscar incluirlos en proyectos de manejo de escalas mayores a nivel de cuenca, pero reconociendo que se trata de hábitats especiales que requieren estudios específicos antes de incluirlos en cualquier plan. La conservación de estos sistemas es imperativa porque son ambientes delicados que responden fácilmente al disturbio y que pueden desaparecer, tal y como Minckley y Unmack (2000) lo mencionan, antes de ser estudiados.

VII. CONCLUSIONES

- La composición, riqueza, diversidad de la comunidad de macroinvertebrados de los manantiales La Zorra, Boye, San Martín y La Beata no presentan variación estacional y, al igual que sus características fisicoquímicas, son únicas para cada sitio.
- Los manantiales La Zorra, Boye, San Martín y La Beata no presentan diferencias significativas entre temporadas anuales, estío y precipitación, en cuanto a sus características ambientales, biológicas y de estado de conservación y, coinciden con los valores y resultados obtenidos en la valoración biótica rápida de los manantiales de las zonas templada y semiárida de Querétaro hecha en la temporada de estiaje por Morales-Tovar (2002), por lo cual se recomienda el uso de este tipo de evaluación rápida para diagnosticar el estado físico, químico y faunístico general de manantiales de las zonas templadas y semiáridas, así como el uso del nivel de familias como criterio del indicador del estado de conservación.
- Los manantiales del estudio son diferentes en sus aspectos biológicos, fisicoquímicos y socioculturales y presentan problemáticas específicas, lo cual exige de propuestas de manejo que se adecuen a sus características únicas, conocidas antes de plantear cualquier propuesta, y que incluyan al factor humano, usuarios y autoridades, por tratarse de ambientes seminaturales ubicados en zonas semiurbanas.

- El estado de conservación de los manantiales La Zorra y Boye es de amenaza, y los de San Martín y La Beata son óptimos en ambas estaciones anuales, condición que ofrece oportunidades claras para la elaboración de planes de manejo basados en el conocimiento de los aspectos biológicos, fisicoquímicos, socioeconómicos y culturales.
- La participación social es el factor más importante para el diseño del plan de manejo, pues a través del contacto directo con los usuarios se puede conocer la problemática de cada sitio de una forma integral, así como los intereses y perspectivas de la comunidad en general para con el manantial.
- La problemática de cada manantial se puede resolver mediante los componentes de manejo de: conservación, aprovechamiento, uso público y educación, gestión y normatividad e investigación, y en conjunto contribuyen de manera general con el desarrollo personal y familiar de las personas relacionadas con el manantial.

VIII. Literatura citada

- Anderson, T. M. y N. H. Anderson. 1995. The Insect Fauna of Spring Habitats in Semiarid Rangelands in Central Oregon. *Journal of the Kansas Entomological Society* 68(2): 65-76.
- Arriaga-Cabrera, L., V. Aguilar-Sierra y J. Alcocer-Durand. 2000. Aguas Continentales y Diversidad Biológica de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.
- Blackwood, M. A., S. M. Hall y L. C. Ferrington Jr. Emergence of Chironomidae from Springs in the Central High Plains Region of the United States. *Journal of the Kansas Entomological Society* 68(2): 132-151.
- Burch, J. B. y A. Cruz-Reyes. 1987. Clave genérica para la identificación de de Gastrópodos de Agua Dulce en México. Universidad Autónoma de México. Instituto de Biología.
- Carrera- Reyes, C. y K. Fierro-Peralbo. 2001. Manual de monitoreo: Los Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Ecociencia. Quíto, Ecuador
- Danks, H. V. y D. D. Williams (a). 1991. Arthropods of Springs: Introduction. En: Williams, D. D. y H. V. Danks (eds.). *Memoirs of the Entomological Society of Canada*. 155: 3-5.
- Danks, H. V. y D. D. Williams (b). 1991. Arthropods of Springs with Particular Reference to Canada: Synthesis and Needs for Research. En: Williams, D. D. y H. V. Danks (eds.). *Memoirs of the Entomological Society of Canada*. 155: 203-217.
- Davies, R. G. 1989. Introducción a la entomología. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Dejkine, V. V. 1998. Protected Natural Areas Efficiency for Social Economy and Nature Conservation. En: Council of Europe eds. *Agriculture and Related Activities in Protected Areas*.

- De la Lanza- Espino, G. S., S. Hernández-Pulido, J. L. Carvajal-Pérez. 2000. Organismos Indicadores de la Calidad del Agua y de la Contaminación (Bioindicadores). Plaza y Valdés editores. México.
- Domínguez-Cortazar, M. A., L.G. Hernández-Sandoval, R. F. Pineda-López, P. Roitman-Genoud, F. Luna-Zuñiga, A. Angulo-Carrera, M. P. García-Franco, M. E. Briseño-Sainz, G. Lucas-Deecke, E. Rodríguez-Mancina y R. L. Mendoza-Pedraza. 2005. Microcuenca El Nabo. En: Pineda-López, R. F., M. A. Domínguez-Cortazar, L. Hernández-Sandoval, E. Ventura-Ramos eds. Microcuencas y Desarrollo Sustentable: Tres Casos en Querétaro. Universidad Autónoma de Querétaro & Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, delegación Querétaro.
- Erman, N. y D. C. Erman. 1995. Spring Permanence, Trichoptera Species Richness and Role of Drought. *Journal of the Kansas Entomological Society* 68(2): 50-64.
- Feinsinger, P. 2004. Introducción al diseño de estudios en biología de la conservación y campos afines. Curso-taller. Universidad Autónoma de Hidalgo. Pachuca, México.
- García-Ugarte, M. E. 1992. Hacendados y Rancheros Queretanos (1780-1920). Consejo Nacional para la Cultura y las Artes (CONACULTA). México.
- Gutiérrez-Yurrita, P. J. 2004. Plan rector de Manejo del parque Nacional Lago de Camécuaro, Tangancíacuaro, Michoacán. Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales.
- Hoffsten, P. y B. Malmqvist. 2000. The Macroinvertebrate Fauna and Hidrogeology of Springs in Central Sweden. *Hydrobiología* 436: 91-104.
- <http://www.lapaz.conap.gob.mx>
- <http://www.inah.conap.gob.mx>
- <http://www.scruz.gov.org/recursos/educación/pública.htm>
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Información (INEGI). 2000. Cuaderno Estadístico Municipal: Amealco de Bónfil, Querétaro de Arteaga. Querétaro, México.

- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Información (INEGI). 2000. Cuaderno Estadístico Municipal: Colón, Querétaro de Arteaga. Querétaro, México.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Información (INEGI). 2000. Cuaderno Estadístico Municipal: Cadereyta de Montes, Querétaro de Arteaga. Querétaro, México
- Krebs, C. 1989. *Ecological Methodology*. Harper Collins Publisher. USA.
- Lampert, W. y U. Sommer. 1997. *Limnoecology: The ecology of lakes and streams*. Oxford University press. Estados Unidos de América.
- Levy, J. 1998. *Planificación comunitaria participativa: Guía metodológica*. Programa de Bosques, Árboles y Comunidades Rurales de América Latina.
- Lewis, J. J. 2002. *Community Conservation Assessment for Springs and Associated Rare Animal Species*. USDA Forest Service, Regional Forest. Hoosier National Forest.
- Lind, O. T. 1985. *Handbook of Common Methods in Limnology*. 2a edición. Kendall/Hunt Publishing Company. USA.
- Lindergard, C. 1995. Chironomidae (Diptera) of European Cold Springs and Factors Influencing Their Distribution. *Journal of the Kansas Entomological Society* 68 (2)108-131.
- Lloyd, R. 1992. *Pollution and Freshwater Fish*. Blackwell Scientific Publishig.
- Lyons, J., S. Navarro-Pérez, P. A. Cochran, E. Santana y M. Guzman-Arroyo. 1995. Index of Biotic Integrity Based on Fish Assemblages for the Conservation of Streams and Rivers in West- Central Mexico. *Conservation Biology* 9(3): 569-584.
- Mackinnon, J., K. Mackinnon, G. Child y J. Thorsell. 1992. *Managing Protected Areas in the Tropics*. IUCN Conservation Library. Estados Unidos.
- Merrit, R. W. y K. W. Cummins. 1996. *An introduction to the Aquatic Insects of North America*. Kendall/Hunt Publishig Company. USA.
- Meffé, G. K. y C. R. Carroll. 1994. *Principles of Conservation Biology*. Sinauer Associates INC. USA.

- Meyer, J. L. 1997. Conserving Ecosystem Function. En: Pickett, S. T. A., R. S. Ostfeld, K. M. Shachak y G. E. Likens eds. *The Ecological Basis of Conservation: Heterogeneity, Ecosystems and Biodiversity*. Chapman & Hall. Estados Unidos.
- Minckley, W. L. y P. F. Unmack. 2000. Western Springs: their faunas and Treats to the Existence. En: Abell, R. A., D. M. Olson, P. T. Hurley, J. T. Diggs, W. Eichbaum, S. Walters, W. Wettengel, T. Allnut, C. J. Loucks y P. Hedao. *Freshwater Ecoregions of North America, A Conservation Assessment*. Island Press. Washington. U. S.A.
- Miracle, M.R. 1993. *Eco-logía*. Salvat. España.
- Morales-Tovar, C. 2002. *Valoración Biótica Rápida de los Manantiales de las zonas templada y semiárida de Querétaro*. Tesis para obtener el grado de Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México.
- Moreno, C. E. 2001. *Métodos para Medir la Biodiversidad*. En: Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe (ORCYT-UNESCO), Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA) eds. *M&T- Manuales y Tesis SEA Vol 1 España*.
- Odum, E. P. 1972. *Ecología*. 3ª edición. Interamericana. México.
- Odum, E. P. 1987. *Fundamentos de Ecología*. 3ª edición. Interamericana. México.
- Ongay- Delhumeau, E. 2004. *Planeación Ambiental en México. Avances 2004-1*. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales, Doctorado en Recursos Bióticos. México
- Pérez-Munguía, R. M. 2004. *Patrones y Procesos de los Coleópteros de los Manantiales Cársticos de la Huasteca Mexicana*. Tesis para obtener el grado de Doctor en Recursos Bióticos. Facultad de Ciencias Naturales- Biología. Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México.
- Pickett, S. T. A., R. S. Ostfeld, K. M. Shachak y G. E. Likens eds. *The Ecological Basis of Conservation: Heterogeneity, Ecosystems and Biodiversity*. Chapman & Hall. New York Estados Unidos de América.

- Pineda-López, R. F., R. M. Pérez-Munguía y C. Morales-Tovar. 2002. Manantiales Queretanos: Una oportunidad para su conservación. Premio Alejandrina. Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México.
- Pineda-López, R. F., L. G. Hernández-Sandoval, A. García-Espejel, M. A. Domínguez-Cortazar, F. A. Rodríguez-Vázquez, L. Sanaphre-Villanueva, F. J. Gámez y L. Villegas. 2005. Microcuenca de Bravo. En: Pineda-López, R. F., M. A. Domínguez-Cortazar, L. Hernández-Sandoval, E. Ventura-Ramos eds. Microcuencas y Desarrollo Sustentable: Tres Casos en Querétaro. Universidad Autónoma de Querétaro & Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, delegación Querétaro.
- Primack, R. B. 1998. *Essentials of Conservation Biology*. Sinauer Associates Publishers. Massachusetts, Estados Unidos de América
- Resh, V. H., M. J. Myers y M. J. Hannaford. 1996. Macroinvertebrates as Biotic Indicators of Environmental Quality. En: Haver, F. R. y G. A. Lamberti (eds.). *Methods in Stream Ecology*. Academic Press. USA.
- Secretaría de Desarrollo Sustentable (SEDESU). 2000. Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. La Sombra de Arteaga, periódico oficial del gobierno del estado libre y soberano de Querétaro. México.
- Secretaría de Desarrollo Sustentable (SEDESU). 2003. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Ediciones Delma. México
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2004. Ley de Aguas Nacionales. Diario Oficial. México.
- Shepard, W. D. 1993. Desert springs-both rare and endangered. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* (3): 351-359.
- Thorp, J. H. y A. P. Covich. 1991. *Ecology and Clasification of North America Freshwater Invertebrates*. Academic Press Inc. USA.
- Van der Kamp, G. 1995. The Hydrogeology of springs in Relation to the Biodiversity of Spring Fauna: A Review. *Journal of the Kansas Entomological Society* 68(2): 4-17.

- Ventura-Ramos, E. J., R. F. Pineda-López, A. García-Espejel, U. Padilla-García, R. Muñoz-Gutiérrez, I. Muciño, M. Y. Pazarán-Navarrijo, J. Lorenzo-Pascual, G. Yañez-Gloria, A. Cano-Pérez. 2005. Microcuenca de San Pedro. En: Pineda-López, R. F., M. A. Domínguez-Cortazar, L. Hernández-Sandoval, E. Ventura-Ramos eds. *Microcuencas y Desarrollo Sustentable: Tres Casos en Querétaro*. Universidad Autónoma de Querétaro & Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, delegación Querétaro.
- Williams, D. D. 1991. Life History Traits of Aquatic Arthropods in Springs. En: Williams, D. D. y H. V. Danks (eds.). *Memoirs of the Entomological Society of Canada*. 155: 63-87.
- Williams, D. D. and B. W. Feltmate. 1994. *Aquatic Insects*. CAB International. Londres, Inglaterra.