

EXPERIENCIAS PARA LA RESTAURACIÓN DE LA MICROCUCUENCA DEL RÍO NAOLINCO

INVESTIGACIÓN E INTERVENCIÓN

Clementina Barrera Bernal

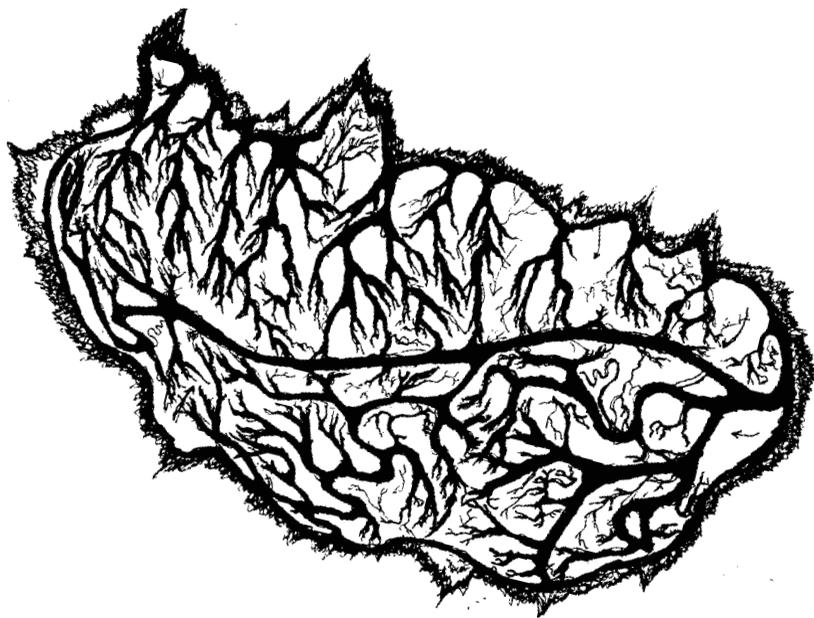
Claudia Álvarez Aquino

Ana Isabel Fontecilla Carbonell

Sandra Mesa Ortiz

(coordinadoras)

Corpus
UNIVERSITARIO



Universidad Veracruzana

Esta obra se encuentra disponible en Acceso Abierto para copiarse, distribuirse y transmitirse con propósitos no comerciales. Todas las formas de reproducción, adaptación y/o traducción por medios mecánicos o electrónicos deberán indicar como fuente de origen a la obra y su(s) autor(es). Se debe obtener autorización de la Universidad Veracruzana para cualquier uso comercial. La persona o institución que distorsione, mutile o modifique el contenido de la obra será responsable por las acciones legales que genere e indemnizará a la Universidad Veracruzana por cualquier obligación que surja conforme a la legislación aplicable.

EXPERIENCIAS PARA LA RESTAURACIÓN
DE LA MICROCUENCA DEL RÍO NAOLINCO

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

MARTÍN GERARDO AGUILAR SÁNCHEZ

Rector

JUAN ORTIZ ESCAMILLA

Secretario Académico

LIZBETH MARGARITA VIVEROS CANCINO

Secretaria de Administración y Finanzas

JAQUELINE DEL CARMEN JONGITUD ZAMORA

Secretaria de Desarrollo Institucional

AGUSTÍN DEL MORAL TEJEDA

Director Editorial

EXPERIENCIAS para la RESTAURACIÓN de la MICROCUENCA del RÍO NAOLINCO

INVESTIGACIÓN E INTERVENCIÓN

Clementina Barrera Bernal
Claudia Álvarez Aquino
Ana Isabel Fontecilla Carbonell
Sandra Mesa Ortiz
(coordinadoras)



Clasificación LC: GB992.MX E96 2024

Clasif. Dewey: 551.488

Título: Experiencias para la restauración de la microcuenca del río Naolínco : investigación e intervención / Clementina Barrera Bernal, Claudia Álvarez Aquino, Ana Isabel Fontecilla Carbonell, Sandra Mesa Ortiz (coordinadoras).

Edición: Primera edición.

Pie de imprenta: Xalapa, Veracruz, México : Universidad Veracruzana, Dirección Editorial, 2024.

Descripción física: 202 páginas : ilustraciones en color, gráficas en color, mapas en color ; 21 cm.

Serie: (Corpus Universitario)

Nota: Incluye bibliografías.

ISBN: 9786078969517

Materias: Cuencas hidrográficas--México--Veracruz-Llave (Estado)--Investigaciones.
Manejo de cuencas hidrográficas--México--Veracruz-Llave (Estado)--Investigaciones.
Desarrollo de recursos hídricos--México--Veracruz-Llave (Estado).
Desarrollo sostenible--México--Veracruz-Llave (Estado).

Autores relacionados: Barrera Bernal, Clementina.
Álvarez Aquino, Claudia.
Fontecilla Carbonell, Ana Isabel.
Mesa Ortiz, Sandra.

DGBUV 2024/34

La Universidad Veracruzana, a través de la Dirección General de Investigaciones (DGI), y la Dirección Editorial (DE), en cumplimiento con el Programa de Trabajo 2021-2025, Eje 4. Investigación e Innovación, convocó a su personal académico a participar en la publicación de libros digitales resultado de investigaciones multi, inter y transdisciplinarias enfocadas a la solución de problemas regionales en materia de derechos humanos, sustentabilidad y desarrollo científico. Este es uno de los seis libros seleccionados.

Primera edición, 21 de mayo de 2024

D. R. © Universidad Veracruzana

Dirección Editorial

Nogueira núm. 7, Centro, CP 91000

Xalapa, Veracruz, México

Tels. 228 818 59 80; 228 818 13 88

direccioneditorial@uv.mx

<https://www.uv.mx/editorial>

ISBN: 978-607-8969-51-7

DOI: 10.25009/uv.3002.1811

Diseño de colección: Aída Pozos Villanueva

PREFACIO

Esta obra colectiva, *Experiencias para la restauración de la microcuenca del río Naolinco: investigación e intervención*, puede tener varias lecturas posibles, por un lado, la problemática del agua en la microcuenca del sistema hídrico del río Actopan, situación que, en 2009, orilló a que el alcalde del municipio de Actopan, Carlos García Lambert, buscara la ayuda de la Universidad Veracruzana para atender esta emergencia ambiental. Por otra parte, este libro ofrece un diagnóstico socioambiental general a nivel de cuenca y otros más específicos, según el socioecosistema, también ofrece alternativas para resolver la problemática del río, del bosque, de la calidad del agua, de las aguas superficiales y de sus flujos.

El objetivo principal de este estudio es la contaminación del río Naolinco y otras fuentes de agua, por los lactosueros derivados de la producción de queso, en el municipio de Miahuatlán. Esta situación, más la considerable deforestación por el desarrollo de la ganadería han provocado una marcada disminución del aforo de agua en manantiales cercanos, lo cual pone en riesgo el suministro de este vital líquido y convierte en un escenario peligroso para el consumo humano.

Debido a la introducción del drenaje de agua en estos lugares, el lactosuero se filtra en las aguas residuales desembocando en ríos y afluentes. Las plantas de tratamiento para este tipo de problema son escasas o nulas, problemática que ha originado controversias entre los municipios afectados sin poder llegar a un acuerdo para defender el bien común, más allá de los límites municipales y de sus políticas.

Otro debate importante, que nos ofrece este libro, es el metodológico. En la introducción, nos ofrecen una síntesis de un sistema complejo que, más adelante se abordará desde un enfoque interdisciplinario, donde los investigadores comparten principios conceptuales básicos reconociendo la interdependencia entre los diferentes aspectos, tanto naturales como sociales.

Uno de los mayores retos de las universidades públicas en la actualidad es responder a las necesidades de las comunidades y regiones en las cuales están asentadas. Lograr interactuar con diferentes sectores y sumar esfuerzos para solucionar los graves problemas que enfrentamos como sociedad, resulta fundamental para producir impactos positivos, al mismo tiempo que se forman los recursos humanos que se requieren para responder a los retos que plantea, en este caso, la sustentabilidad.

Entre 2008 y 2010 con la participación de un equipo interdisciplinario y el apoyo del fondo del Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (COVEICYDET), la Universidad brindó ayuda al alcalde, Héctor García Barradas. Así inició el programa para la restauración integral de la microcuenca del río Naolinco. En esos años tuvimos la oportunidad de saber de la problemática y de los esfuerzos de la doctora Clementina Barrera de la Facultad de Biología de la UV para buscar alternativas al proceso del deterioro ambiental de la microcuenca del río Naolinco, afluente del Actopan. Con la participación de la UNAM y Sendas A.C. iniciamos un proyecto de gestión de la subcuenca Pixquiac en la cuenca alta del río Antigua. Estos dos casos pusieron sobre la mesa la necesidad de adoptar un enfoque de cuenca para abordar los problemas relacionados con el agua.

Naolinco de Victoria es un municipio en el centro de Veracruz, conocido por sus zapatos de piel, sus tradiciones del Día de los Muertos, su cascada y también por sus quesos, aunque los más reconocidos en los comercios de la ciudad de Xalapa, son los de Miahuatlán; cuenca arriba. Esta obra hace un acercamiento a la complejidad del paisaje, quizá bucólico de lejos, pero que a lo largo del trabajo adquiere notas olorosas, colores que alteran la transparencia del agua, que se traducen en diferentes indicadores de contaminación del agua.

Esta obra atiende una problemática recurrente en todo el país, en cuencas lecheras donde el lactosuero, subproducto de la leche, se desecha por los drenajes municipales sin tratamiento que van a dar a los cursos de agua o soportan el tratamiento de las plantas purificadoras. Los municipios de Naolinco y Miahuatlán forman parte de cuencas lecheras que rodean la región de Xalapa y Coatepec. Si bien, la producción de quesos es una fuente importante de ingresos para la población rural asentada en estos lugares, la contaminación que resulta de esta actividad afecta a la salud de la población y al turismo.

Desde diferentes aproximaciones, el equipo identificó que además de causar el grave problema de contaminación, el desecho del lactosuero representaba una

pérdida económica por el alto valor proteínico que este representa para la alimentación del ganado y de los humanos o bien, para la producción de abonos orgánicos. Recuperar su valor a través de productos con un valor económico y benéficos para la salud fue una de las soluciones experimentadas para evitar el desperdicio y los efectos nocivos. Analizar distintas posibilidades del tratamiento de aguas, fue una tarea en la agenda de los políticos para encontrar soluciones factibles de implementación.

En la Introducción de este libro se resume el esfuerzo colectivo sostenido de más de cuatro años (2009-2013). Basta señalar que en los primeros capítulos nos ubican en el paisaje del territorio y en las interacciones, tanto ecológicas como sociales, a lo largo de la microcuenca. Cada capítulo está dedicado a una línea de acción diferente, aportando su propia visión del paisaje visto como un mosaico con una visión integral. Tomando en cuenta, que se trata de una obra colectiva, lo que implica ciertas repeticiones, pero con miradas distintas que facilitan la comprensión del problema.

El equipo de trabajo adoptó la metodología de investigación-acción-participativa, lo que implica adaptarse a los tiempos locales e incluso buscar la armonización entre estos y los periodos académicos, situación complicada, muchas veces, para quienes realizan la investigación-intervención o incidencia. Desde una perspectiva de investigación colaborativa, esta metodología implicó formar comités locales para elaborar diagnósticos y dar seguimiento a los proyectos que se concretaban para ejecutarlos y evaluarlos. Aunque no se hable de transdisciplina, en realidad, desde un inicio y a lo largo de estos años se ha buscado que los actores locales se apropien de una investigación realizada para ellos y con ellos.

La problemática de la contaminación del agua origina contradicciones entre dos municipios, rencillas entre grupos locales, campañas electorales, el proceso de participación obedece a la buena voluntad y al entusiasmo de los actores académicos, sino que se vuelve “sinuoso” y subordinado a las dinámicas locales. En la obra tanto los científicos en búsqueda de soluciones técnicas se acercan a las dimensiones sociales como en el sentido contrario, los colegas de ciencias sociales se preocupan por los temas de gobernanza y por las implicaciones de la actividad humana sobre la naturaleza.

Cabe señalar que no todo resultó como se esperaba, la apropiación de los proyectos, una vez retirado el equipo universitario de apoyo, menguó. Un gran mérito

de este libro es explicar la problemática desde las distintas disciplinas, las raíces y concatenaciones de los problemas desde un enfoque interdisciplinario, los proyectos diseñados, descartados o verificados en su factibilidad, explicados y entregados a las autoridades para su gestión. Se esperaba que los comités conformados continuaran una vez terminada la intervención del equipo académico en la zona, si bien las primeras convocatorias obtuvieron buena respuesta, la asistencia y el involucramiento de muchas de las personas, con el tiempo fueron desapareciendo. Es común que sucedan este tipo de escenarios en proyectos de intervención, pocos lo reconocen o lo aceptan.

Otra lectura interesante del libro y aprendizaje importante es entender por qué la mayoría de las veces sucede así. Una manera de acercarse al problema y a la gente, que nos comparten las autoras no correspondía a la forma en que habitualmente se hace la aplicación de políticas públicas. La falta de compromiso de las autoridades municipales, las divisiones intermunicipales por razones político-partidistas, los egos de las autoridades, la costumbre y quizá necesidad de la población por proyectos productivos que impliquen ingresos en el corto plazo y un desinterés para aquellas acciones que implican conservación o restauración ecológica a largo plazo, representan algunas de las causas por las que, estos programas no prosperan. La falta de financiamiento y el desinterés por parte de las administraciones municipales para dar seguimiento a las soluciones iniciadas las autoridades anteriores fueron factores fundamentales para no concretar este proyecto.

Desde nuestra perspectiva, es necesario que los habitantes que se involucran en proyectos de esta naturaleza se apropien de los objetivos y decidan iniciar un camino de autogestión, lo que implica un proceso colectivo de largo plazo. Otra parte del aprendizaje es entender que se tienen que alinear ciertas condiciones para que estos esfuerzos rindan frutos, para que la gente vaya por el camino de la autogestión.

En el capítulo sobre “Las representaciones sociales del agua y las posibilidades de una ciudadanía hídrica” trata las responsabilidades que las comunidades asumían de forma local para resolver el abasto de agua, las cuales desaparecieron conforme la gestión del agua pasó a los gobiernos municipales y a la Comisión del Agua del Estado. El proceso de erosión de las prácticas tradicionales del cuidado del agua se ha dado a la par que se delegaba la responsabilidad a gobiernos municipales, que no cuentan con los recursos necesarios para atender la nueva proble-

mática ligada a la producción lechera, la deforestación y el crecimiento demográfico. Estas condiciones no han facilitado la participación efectiva en el diseño de estrategias colectivas justas y sustentables de parte de una “ciudadanía hídrica”. Cuando arrecian las crisis de desabasto o de impactos sobre la salud es cuando se pasa a la acción directa con soluciones a corto plazo. Y es en esta realidad compleja que investigadores y estudiantes de la UV intentaron que cuajaran sus proyectos, su buena voluntad para aportar y compartir sus conocimientos, sumando esfuerzos para solucionar los graves problemas que enfrentamos como sociedad.

Para finalizar, es importante mencionar que la gente apoyó el incremento justo en las tarifas del agua sin protesta. Se recuperaron manantiales, se rehabilitó la planta potabilizadora, hubo ciertos acuerdos entre los dos municipios. Por la parte educativa, los maestros, asimilaron que la educación ambiental se hace a partir de los problemas locales y en los niños quedaron grabados los juegos y enseñanzas de aquellos talleres para que de adultos, vean las cosas diferentes.

Después de varios años, este proyecto se concreta. Mientras, los estudiantes siguen recorriendo los caminos de la microcuenca del río Actopan, en busca de los saberes ambientales de la región, claves para el diseño de estrategias de preservación y otros, más técnicos, para la creación de digestores de los residuos de las queserías. Y continúa la labor de formar recursos humanos, misión que la Universidad Veracruzana ha tomado en sus manos en esta microcuenca y en otras regiones del estado.

Continúa la esperanza y la lucha para lograr ríos libres y ríos limpios porque es nuestro derecho y nuestra responsabilidad, aunque también es encomienda del Estado porque así lo determina la Constitución Política.

LUISA PARÉ
Investigadora jubilada del Instituto
de Investigaciones Sociales (IIS)-UNAM.

INTRODUCCIÓN

CLEMENTINA BARRERA BERNAL¹
CLAUDIA ÁLVAREZ AQUINO²
ANA ISABEL FONTECILLA CARBONELL³
SANDRA MESA ORTIZ⁴

Uno de los mayores retos de las universidades públicas en la actualidad es responder a las necesidades de las comunidades y regiones en las cuales están asentadas. Lograr interactuar con diferentes sectores y sumar esfuerzos para solucionar los graves problemas que enfrentamos como sociedad, resulta fundamental para producir impactos positivos, al mismo tiempo que se forman los recursos humanos para responder a estas necesidades, en este caso específico el tema de la sustentabilidad. Desde la perspectiva de quienes trabajamos en este proyecto, el paradigma de la sustentabilidad implica equidad, democracia, dignidad, justicia, educación y el respeto a los procesos ecológicos.

Los textos reunidos en este libro reflejan las experiencias y resultados de un proyecto de investigación-intervención que llevó a cabo un grupo de académicos de la Universidad Veracruzana (UV). Esta investigación surge como respuesta a la petición que el alcalde de Naolinco (2008-2010), Héctor García Barradas, hiciera al Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (COVEICYDET) con la intención de poder atender los problemas hídricos en su

¹ Académica de la Facultad de Biología-UV, (cbarrera@uv.mx).

² Investigadora del Instituto de Investigaciones Forestales-UV, (clalvarez@uv.mx).

³ Investigadora del Instituto de Investigaciones Histórico-Sociales-UV. (ifontecilla@uv.mx).

⁴ Técnica Académica del Instituto de Investigaciones en Educación-UV. (smesa@uv.mx).

municipio. Por iniciativa de la doctora Clementina Barrera, quien había trabajado con anterioridad en el análisis de la contaminación del río, reclutó un equipo de docentes-investigadores de la UV, quienes se dieron a la tarea de elaborar una propuesta para participar en la convocatoria de fondos mixtos (Conacyt-COVEICYDET). El proyecto presentado entonces, se tituló Programa para la restauración integral de la microcuenca del río Naolinco.

Cabe mencionar que la complejidad del problema en la microcuenca demandó integrar un grupo multidisciplinario que, gracias a las relaciones profesionales, coincidencias de temáticas e institucionales, se organizó con base en la confianza, la amistad y los vínculos diversos que existían, al cual se sumaron los habitantes de la región. El grupo inicial se formó por siete académicos, cinco mujeres y dos varones, procedentes de diferentes sedes y áreas académicas de la UV. Conforme fue avanzando el proyecto generó demandas de diverso orden tecnológico, social y ambiental, por lo que se fueron incorporando otros integrantes, expertos en estas áreas.

Ahora bien, en términos de la aproximación metodológica del proyecto, la complejidad demandó un abordaje con carácter interdisciplinario, considerándose los planteamientos de Rolando García (2011), de esta manera se concibió a la microcuenca un sistema complejo. Al respecto, el enfoque de interdisciplinariedad frecuentemente ha sido equiparado con experiencias multidisciplinarias, donde cada uno de los especialistas centra su atención en el objeto de estudio propio de su disciplina, ignorando las relaciones que este puede tener con otros elementos de la realidad. En otros casos, se entiende por interdisciplina estudiar asuntos situados en la frontera de dos disciplinas. Ninguna de estas dos acepciones corresponde con los planteamientos de Rolando García, para quien la interdisciplinariedad solo se requiere cuando el objeto de investigación en cuestión se puede considerar como un sistema complejo.

Rolando García plantea un sistema complejo a aquella porción de la realidad donde “la estructura” se conforma por las relaciones entre sus componentes. Además, los elementos en este tipo de sistemas mantienen relaciones de interdependencia e interdefinibilidad. En otras palabras, la existencia de un componente depende y define a los otros. Desde esta perspectiva, los problemas socioambientales reúnen estas características y se abordan desde una perspectiva interdisciplinaria. Este mismo autor considera que trabajar desde esta óptica requiere que el conjunto de especialistas convocados para el estudio establezca un diálogo basado en un

mínimo de premisas compartidas, mismas que corresponden con los principios conceptuales referidos con anterioridad. Además de esto, en términos metodológicos deben contemplarse momentos de trabajo estrictamente disciplinarios (fase de diferenciación) y otros destinados a integrar sus informaciones fragmentarias (fase de integración); indagando y estableciendo posibles relaciones por cada uno de los especialistas. Ambas fases pueden repetirse un sinnúmero de veces, de manera intercalada, hasta que la descripción del sistema haya sido completada y se tengan algunas pistas para poder intervenir en él; con el fin de mejorar tanto las condiciones ambientales como la calidad de vida de las personas y comunidades que abarca el sistema. Sobre estas bases, es que intentamos trabajar en el proyecto, aunque no siempre fue posible cumplir con las distintas fases de la mejor manera.

Sin embargo, es necesario reconocer que el proyecto inició como una propuesta técnica, dirigida a hacer un diagnóstico de la situación ambiental local y a probar estrategias de restauración de la cuenca a nivel piloto. De este modo, se pensaba vincular con la comunidad, a través de la formación de comités ciudadanos, de manera que los habitantes fueran apropiándose del proyecto, garantizando que las acciones se continuaran, más allá del periodo de intervención y del cambio de autoridades municipales. Se esperaba que, al coincidir los objetivos del proyecto con las preocupaciones e inquietudes de los habitantes, cada actividad sería apoyada y atendida por diferentes actores y grupos sociales asentados en la zona. Sin embargo, como se observa en los distintos capítulos que integran el documento, el enfoque de investigación-acción participativa fue tomando cada vez mayor relevancia para el proyecto.

En este proceso, la coincidencia en los tiempos de los distintos involucrados en el proyecto fue uno de los mayores retos que enfrentamos. Para la ciudadanía, autoridades y funcionarios existen calendarios y agendas que dificultan planificar el trabajo en conjunto. De igual modo, aunque con menos restricciones, las labores de investigación por parte de las instancias académicas siguen sus propios tiempos. No fue fácil entonces, hacer coincidir agendas, ya que cada grupo estableció sus prioridades y fechas disponibles para cada actividad. Esto dio como resultado una reducción en la eficiencia en algunos subprogramas; tuvimos algunos retrasos y fracasos parciales en la puesta en marcha de ciertas actividades. Como consecuencia se llevaron a cabo simultáneamente actividades: recorridos, capacitación, encuestas, entre otras, que a veces resultaban contradictorias.

La labor más demandante, pero imprescindible, fue la presencia continua del equipo académico en la comunidad, 10 días por mes durante la segunda fase del proyecto de al menos alguno de los integrantes del grupo UV. El segundo aspecto de incompatibilidad entre los habitantes de la zona y la UV fue la constante demanda de proyectos productivos a corto plazo y un cierto desinterés en aquellas acciones que implicaban conservación o restauración ecológica a largo plazo. Nuestra insistente formulación de actividades productivas sustentables pensadas para un horizonte temporal más lejano no parecía corresponder con las expectativas de los habitantes durante los dos primeros años; lo que se logró dirimir con el inicio de un vivero comunitario. Otra dificultad se presentó entre las demandas de las instituciones académicas y las labores de investigación de nuestro equipo. Las formas de evaluación del trabajo de académico no consideran acciones de intervención social como parte de las actividades científicas. Al enfatizar la orientación del proyecto en las medidas de solución de problemas, se fue dejando de lado cubrir necesidades de investigación académica.

A pesar de que la contaminación es un problema que ha venido afectando la calidad del agua del río por largo tiempo, la revisión documental y las primeras conversaciones con habitantes de la zona nos indicaron que hasta ese momento no se habían desarrollado acciones estratégicas y efectivas para atender el problema (Barrera *et al.*, 2008). A partir de esta base, en el inicio del proyecto se plantearon seis líneas de investigación-intervención: monitoreo de la calidad del agua y saneamiento, alternativas tecnológicas, reforestación, acuacultura, participación comunitaria y educación ambiental. Cuando se obtuvo una respuesta favorable para el financiamiento del proyecto, los trabajos se iniciaron en abril de 2009, concluyéndose en 2013 con la entrega del reporte técnico final a la institución que financió este.

La microcuenca del río Naolinco comprende cinco municipios: Acatlán, Landerero y Coss, Tonayán, Miahuatlán y Naolinco, sin embargo, el mayor porcentaje de su superficie se encuentra en territorios de estos dos últimos. En cuanto a las condiciones del río Naolinco, este y sus afluentes abastecen de agua para las actividades domésticas, agrícolas y ganaderas tanto de Miahuatlán como de Naolinco (GEV, 1998). En el municipio de Miahuatlán, el área de actividad agrícola es casi el doble de la que se utiliza para la ganadería y la avicultura (332 ha), el cultivo de maíz y el ganado vacuno son las principales actividades (INEGI, 2005). Tiene

microindustrias que se dedican a elaborar productos lácteos que incluyen diversos tipos de quesos y cremas; y procesan más de 40 mil litros diarios de leche procedentes tanto del propio municipio como de municipios cercanos, es el caso de Naolinco y Acatlán (Barrera *et al.*, 2008). En la cabecera municipal de Naolinco, ubicada en la parte baja de la microcuenca, se desarrollan actividades vinculadas al turismo, la fabricación y venta de calzado.

En la microcuenca es posible observar áreas intercaladas de tierra de cultivo, destinadas a la ganadería y parches con remanentes de bosque mesófilo de montaña, ecosistema en el que la eliminación de árboles y plantas epífitas evitan que se intercepte la niebla, se condense el agua y se infiltre en el suelo formando arroyos superficiales o manantiales (Williams-Linera, 2007). En la parte alta de la microcuenca, las actividades económicas predominantes son la agricultura milpera y la ganadería lechera. En la década de los años setenta, en la zona predominaba la siembra de maíz, pero el incremento en los costos de producción provocó que muchos campesinos rentaran o vendieran sus tierras a ganaderos, quienes fueron ocupando cada vez mayor superficie, incluso hasta sitios cubiertos por vegetación original (Barrera-Bassols *et al.*, 1993).

Cuando se piensa en resolver de manera integral el problema del agua en la microcuenca, el manejo de los recursos naturales resulta central (Valencia-Vargas *et al.*, 2004; Sánchez-Brito *et al.*, 2007; Cotler y Caire, 2009). La protección de cuencas hidrológicas, la conservación de la biodiversidad y la captura de carbono son algunos de los principales servicios ambientales provistos por los bosques, mismos que se ven disminuidos con la deforestación. Los servicios ambientales que los bosques proveen dentro de las cuencas hidrológicas, incluyen: normar el ciclo hidrológico, conservar la calidad del agua, controlar la erosión del suelo, regular los niveles freáticos y mantener los hábitats acuáticos. Ordenar el ciclo hidrológico reduce el riesgo de inundaciones durante la temporada de lluvias y la probabilidad de escasez de agua durante la temporada de secas. La cobertura del bosque tiende a aumentar la infiltración y la retención del suelo, propiciando la recarga de la capa freática y la reducción del escurrimiento (Bishop y Landell-Mills, 2007). Así mismo, los bosques pueden mitigar el riesgo de inundaciones al reducir la cantidad de agua que escurre sobre la superficie durante las tormentas de alta intensidad.

En este marco, es posible entender por qué el asunto del agua se sitúa en el centro de pugnas y controversias entre los municipios de Miahuatlán y Naolinco

(ACP, 2008; Escamiroza, 2018). La gravedad de la situación obedece a la severa contaminación del río y otras fuentes de agua, así como a la creciente necesidad de abasto de agua para consumo humano y la aparente competencia que esto genera con los requerimientos del sector ganadero (CEMA, 2004). A lo anterior se suman viejas rencillas entre pobladores de uno y otro poblado, así como discrepancias entre los partidos gobernantes en cada municipio.

Por otro lado, en lo que respecta al abasto y cobertura del servicio de agua, si bien las redes de distribución parecen tener un origen antiguo y una cobertura actual casi total en ambas cabeceras municipales, las descargas de aguas residuales han sido canalizadas al río, como en la mayoría de los centros de población. Aunado a esto, el acelerado desarrollo que ha tenido la industria lechera en Miahuatlán durante las últimas décadas ha transformado de forma severa la composición de las aguas residuales de esta población, ya que los desechos lácteos no reciben tratamiento alguno.

En cuanto a los agentes que intervienen en la contaminación del río existen al menos tres grupos de actores que están involucrados en el problema, ya sea por generarlo, por obtener beneficios o por sufrir las consecuencias. Estos grupos son: las familias ubicadas cuenca arriba (que se dedican principalmente a la ganadería, la agricultura y a la elaboración de productos lácteos), los ganaderos y usuarios del recurso hídrico asentados en la parte media, así como los usuarios del agua para uso doméstico en la parte baja de la microcuenca. Entre los actores locales y regionales se encuentran minifundistas, agricultores, propietarios de pequeñas y medianas industrias lecheras, mataderos de cerdos o “tocinerías”, así como empresarios del ramo zapatero y restaurantero.

En buena medida, la cantidad de leche producida en la microcuenca se utiliza para la elaboración de queso, producto que algunas empresas han podido colocar más allá de los mercados regionales. De modo que esta actividad económica tiene impactos locales, cuyo circuito de producción y procesamiento hace interdependientes a ambos municipios, los ganaderos de Naolinco producen la leche que los procesadores de Miahuatlán transforman. Entonces, tenemos una actividad productiva que significa beneficios para agentes económicos en ambos poblados. La paradoja que encierra esta actividad es revisar qué municipio se ve perjudicado por la contaminación del río y afectado en su paisaje, situación agravada en gran medida por la ampliación de las tierras destinadas a la ganadería extensiva.

Por lo tanto, desde nuestra visión, la problemática de la microcuenca del río Naolinco puede comprenderse desde dos perspectivas. Por un lado, como consecuencia de los cambios de uso del suelo que ha generado un intenso proceso de deforestación de forma que, en 2004, el bosque mesófilo de montaña cubría 35.4%, los cultivos 32.1% y los potreros 28.6%. Por otro lado, como resultado del cambio en las actividades productivas y la descarga de aguas residuales urbanas sin tratamiento ha generado un deterioro de la calidad del agua para los diversos usos.

Ahora bien, a lo largo del desarrollo del proyecto se pudo observar que los conflictos políticos influyen de manera determinante en el reconocimiento y atención que los alcaldes dan a los problemas del agua. A partir de esto, el problema de las concurrencias entre los gobiernos municipales y el gobierno estatal, está en la gestión del agua (Pacheco-Vega y Vega, 2008). Por otra parte, es evidente la incongruencia que se presenta cuando los ganaderos y usuarios residenciales compiten por el líquido, mientras aparecen como aliados frente a la contaminación que producen las queserías, siendo que la producción y procesamiento de leche hace converger todas estas economías dentro de la microcuenca. Un asunto que resulta interesante en este sentido es el hecho de que algunos de los actores sociales involucrados en la problemática del agua, manejan un discurso contradictorio entre su preocupación por incrementar la recarga de la cuenca y por atender el problema de la contaminación por parte de estos comercios y su participación en una economía local articulada fuertemente en torno a la producción y al procesamiento de leche. Es posible estimar la magnitud del problema si se considera que hace más de tres años se estableció en la zona, cerca de la entrada al poblado de Miahuatlán, un centro de compra de una empresa adonde los procesadores de leche podían acudir para vender suero por un precio de 10 centavos por litro.

El enlace entre el equipo de la Universidad Veracruzana, las autoridades locales y las personas que habitan en la zona se realizó a través de diferentes espacios de interacción: talleres, reuniones de trabajo, intercambio de experiencias, cursos de actualización y capacitación, aplicación de encuesta y entrevistas. El primer acercamiento fue con las poblaciones afectadas por el problema de contaminación y desabasto de agua, para lo que se realizaron talleres de autodiagnóstico en las cabeceras municipales de Miahuatlán y Naolinco. La convocatoria a estos talleres fue hecha tanto por las autoridades locales como por el equipo de trabajo. Estos fueron un proyecto, se realizaron dinámicas dirigidas al autodiagnóstico ambien-

tal, se organizaron comités para líneas específicas de trabajo y se plantearon normas de colaboración (reglamentos). Se obtuvo información muy valiosa que daba cuenta de de la forma en que los pobladores de cada localidad visualizaban los cambios ocurridos a lo largo del tiempo en la microcuenca. Así, uno los objetivos iniciales de estos talleres fue la reconstrucción histórica de la relación entre los asentamientos humanos y el río.

En este ejercicio, los pobladores de Naolinco contaron que entre 1940 y 1950 el agua era abundante en la zona y suficiente para cubrir las necesidades de la población, quienes la obtenían de nacimientos como La Fuente, El Chorro y Agua Santa. También narraron que en ese periodo el agua de los arroyos era cristalina, mientras que el clima de la zona se caracterizaba por la clásica neblina y las abundantes lluvias a lo largo del año. Para la década de 1960 a 1970, las personas dijeron que el abasto de agua seguía dependiendo de los nacimientos, pero el agua debía hervirse antes de consumirse porque el vertedero de drenajes ensuciaba las fuentes, además de registrar periodos de sequía entre abril y mayo.

De acuerdo con sus testimonios, en la década de 1970 a 1980 se dieron los primeros indicios de deforestación de amplias áreas de bosque para convertirlas en potreros. Para ese momento, el agua ya llegaba entubada a algunas viviendas. Fue entonces que empezó a sentirse la falta de agua en algunas épocas del año. En la década de 1980 a 1990, el cauce del río disminuyó considerablemente, mientras la contaminación y la deforestación aumentaban y los cambios en el clima eran cada vez más evidentes. Fue por esos años que inició la producción de queso en Miahuatlán, lo que acentuó la contaminación del río. En los talleres también se preguntó a los participantes cuáles eran los problemas ambientales que observaban en su localidad, respondieron mediante una lista en orden de prioridad. Esta información permitió observar que cinco de las seis líneas de trabajo que se habían planteado en un principio para el proyecto, coincidían con las necesidades sentidas por los pobladores; lo que fortaleció la estrategia general.

Por otro lado, las reuniones de trabajo subsecuentes sirvieron para dar seguimiento a las actividades planeadas, buscar acuerdos de colaboración con autoridades municipales y estatales, dar asesoría técnica y apoyar la gestión, así como para formalizar los comités de participación. En los cursos teórico-prácticos que se ofrecieron, los asistentes pudieron obtener información y capacitación sobre monitoreo de calidad del agua, desarrollo de viveros, manejo de residuos sólidos, nutri-

ción, técnicas para recarga de mantos acuíferos y sistemas de captación de agua de lluvia. Todos estos espacios propiciaron canales para obtener datos y propiciar aprendizajes tanto en el equipo de trabajo como entre personas de las localidades, intercambiar opiniones, buscar acuerdos, limar diferencias, generar nuevas ideas, planear actividades y presentar resultados. De este modo, se generó información valiosa que se retroalimentó con nuestra intervención en la zona. Este trabajo de campo se realizó en coordinación y con el apoyo de autoridades y vecinos de la región.

Otra de las actividades iniciales del proyecto fue la aplicación de una encuesta con la finalidad de conocer la forma, en que los habitantes de las cabeceras municipales de Naolinco y Miahuatlán, percibían la problemática hídrica, así como para indagar sus representaciones sociales del agua. Este ejercicio se logró gracias al entusiasmo y compromiso de algunos profesores y estudiantes de enseñanza media. La buena voluntad y el esfuerzo de estos jóvenes deben ser reconocidos, sin embargo, es necesario aceptar que su inexperiencia en el manejo de este tipo de técnica de investigación dificultó su instrumentación. Adicionalmente, el financiamiento con el que se contaba no permitía pagar la captura de los datos por expertos, de modo que todo ese trabajo fue hecho por una becaria del proyecto. Estas dificultades prolongaron el tiempo destinado a la encuesta y su análisis.

Tanto los resultados de la encuesta como las conversaciones que se suscitaron a partir de los talleres de autodiagnóstico, hicieron pensar en la pertinencia de impulsar actividades de educación ambiental que propiciaran la reflexión y acciones encaminadas a la restauración de los procesos ecológicos en la microcuenca (Covas, 2004). Se diseñó una estrategia educativa dirigida a docentes de educación básica primaria, considerando un proceso de formación y capacitación que les permitiera fundamentar su participación en acciones encaminadas a solucionar y prevenir los problemas ambientales en la zona, utilizando como plataforma de acción el espacio escolar y el currículo establecido por la Secretaría de Educación Pública (SEP). Con este propósito, se convocó a maestros de escuelas de la zona para analizar juntos la problemática del río y explorar formas de trabajar de manera vinculada con los contenidos curriculares marcados en los programas oficiales (De Alba *et al.*, 1993).

Para acompañar este proceso se elaboró un manual de educación ambiental para los profesores, fundamentado en la idea de desarrollar programas integrales

de educación que fomenten en las personas su participación directa y responsable en la problemática ambiental, en este caso particular en revertir la contaminación del río y garantizar un abasto de agua suficiente y de calidad para los habitantes de la zona. La estrategia de educación ambiental impulsada en la zona fue orientada por el reto que significa re-educarnos para un uso sustentable de los recursos naturales. Por lo tanto, el proceso de formación de las y los instructores en educación ambiental partió del reconocimiento y la identificación de los problemas ambientales que prevalecen en la localidad donde laboran.

De forma paralela, mediante un arduo proceso de convocatoria y el trabajo en reuniones abiertas a la población en general, se logró la conformación de los “comités ciudadanos” que se integraron por personas de cada municipio interesadas en participar en las distintas tareas que se proponían. A partir de entonces, las labores abocadas a trabajos de monitoreo ciudadano del agua del río, educación y comunicación ambiental, reforestación y acuacultura

Además de desempeñar tareas particulares, estos constituyeron espacios desde donde se difundieron los resultados del proyecto. El proceso de participación comunitaria en el proyecto fue largo, sinuoso y susceptible de las propias dinámicas locales (desconfianza y dudas entre los habitantes, rencillas entre grupos locales, campañas electorales, etcétera). En este sentido, la demora en la consolidación de los comités se explica por la propia lógica de los procesos apuntalados “desde la base”.

La conformación de los comités que apoyarían el desarrollo de cada una de las líneas de trabajo, enfrentó limitaciones en términos de capacidad de convocatoria y de mantener el interés de los habitantes por participar. Esta situación resultaba desalentadora, dado que se esperaba que las personas que integraban los comités darían continuidad a las tareas iniciadas, una vez que el proyecto concluyera. Es necesario que los habitantes que se involucran en proyectos de esta naturaleza, se apropien de los objetivos y decidan iniciar un camino de autogestión, lo que implica un proceso colectivo a largo plazo. En este mismo sentido, vale la pena reconocer que el proyecto concentró la mayor parte de su atención en las cabeceras municipales, por lo que involucrar a pobladores de otras localidades está pendiente.

En la dimensión técnica, el proyecto realizó la evaluación de la calidad del agua durante un ciclo anual (2009-2010), utilizando parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos comparando sus valores con los niveles máximos que establecen los criterios ecológicos, definidos por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología

(SEDUE) en 1989 (León, 1998; Maya *et al.*, 2004). Los parámetros que sobrepasaron los niveles máximos fueron la demanda bioquímica de oxígeno, la demanda química de oxígeno y la concentración de coliformes fecales. Para estimar la calidad de agua, se usó el Índice de Calidad del Agua (ICA) desarrollado por la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos (NSF, 2004). En general, en la zona norte de la microcuenca o parte alta se observaron valores del ICA mayores a 50%, esto significa que el agua ahí es de buena o de excelente calidad para abastecimiento público. Sin embargo, el agua en la zona sur o parte baja se caracteriza por tener valores del ICA menores a 50%, su calidad es de mala a muy mala; es decir, se encuentra muy contaminada o en exceso. Los sitios de atención prioritaria de acuerdo con esta evaluación son: La Toma, San Marcos abajo, Entronque San Marcos, Entronque La Mina-Naolinco y Puente Colgante, presentaron los valores del ICA más bajos. Estos ICA están determinados por las actividades ganaderas desarrolladas en esas áreas y por las descargas de aguas residuales sin tratamiento.

Una actividad importante dentro del proyecto fue la participación de los pobladores de ambos municipios en el monitoreo ciudadano de la calidad del agua, utilizando las técnicas manejadas por Global Water Watch (GWW). Habitantes voluntarios fueron certificados por GWW-Veracruz y se les entregaron paquetes de materiales y reactivos necesarios para el monitoreo fisicoquímico y bacteriológico. Los trabajos de monitoreo de calidad del agua del río iniciaron en septiembre de 2010 y con base en los resultados obtenidos, se logró que los ayuntamientos dieran mantenimiento a los sitios de captación de agua para consumo doméstico. Con este mismo fundamento, se identificaron los sitios prioritarios a lo largo del río y se propusieron acciones de rehabilitación. En respuesta, algunos ganaderos han iniciado la construcción de surcos para recarga de acuíferos en sus terrenos.

Por su parte, la autoridad municipal construyó colectores de aguas residuales y rehabilitó una planta de tratamiento. Otra opción que en ese momento se ofreció para aumentar el abasto de agua de calidad fue el establecimiento de sistemas de captación de agua de lluvia. Cabe mencionar que el grupo ciudadano que monitorea el agua, en determinado momento, fue visto como una amenaza por las autoridades locales, quienes los veían como “vigilantes” de sus tareas y, por lo tanto, tendieron a descalificar su labor. Por otro lado, conforme avanzaba al proyecto fue posible observar la necesidad de hacer accesible a los pobladores la información que iba generando el equipo académico, ya que, si este conocimiento sigue estando

al margen del entendimiento y dominio común, no habrá posibilidades reales de enfrentar los problemas ambientales de manera conjunta.

Durante el desarrollo de las actividades se presentaron varios eventos meteorológicos extraordinarios en la zona, lo que hizo pensar en la necesidad de sensibilizar, informar y sensibilizar a la población en relación con acciones concretas que pueden favorecer el ambiente y repercutir en medidas de prevención y mitigación de “desastres naturales” que pudieran afectarlos. En este sentido, para observar los efectos que el cambio climático ha tenido en contextos locales es necesario partir de la idea de que la magnitud y calidad de un “riesgo” son producto de la interacción entre una amenaza, sea esta de origen natural o con intervención humana y la vulnerabilidad social. Además, es posible considerar que las amenazas en muchos casos pueden ser “técnicamente descifrables”, sin embargo, discernir cuáles son los elementos que definen la vulnerabilidad en una zona determinada no resulta siempre un asunto sencillo. En esta tarea, cabe decir que la vulnerabilidad, en tanto a sufrir un daño, dependerá en mucho de las condiciones materiales que priven, pero también de la capacidad de los habitantes para reaccionar a favor. De este modo, la participación de las comunidades en el manejo de los riesgos a los que pudieran enfrentarse se erige como un eje fundamental en el diseño de políticas públicas o de cualquier estrategia de intervención.

Una vez avanzado el trabajo en algunas líneas, se consideró la posibilidad de rehabilitar las plantas de tratamiento de aguas residuales ya existentes e instalar nuevos acordes con las necesidades locales. Una acción que se pensó mejoraría las condiciones bacteriológicas del sistema de suministro es el aislamiento de la zona federal de la ribera para impedir el acceso al ganado; establecimientos de viveros que mitiguen la pérdida de masa forestal, relacionados con el manejo y conservación de suelos, así como con la restauración y conservación de la vegetación riparia en la zona, lo que mejoraría la calidad del agua, en términos de la cantidad de sólidos en suspensión.

Como en todo sistema complejo, la estructura es definida por las relaciones entre los distintos elementos que le componen. En esta lógica, la conservación de suelos está asociada con la necesidad de restaurar y reforestar áreas claves. Los esfuerzos del proyecto se centraron en la relación agua-bosque. Con base en entrevistas con los pobladores, se decidió impulsar un ejercicio de reforestación por parte de la comunidad, considerando una de las estrategias de mitigación del

deterioro de la microcuenca. La primera limitante en esta tarea fue la carencia de ejemplares de especies nativas disponibles en los viveros cercanos. Esto motivó el establecimiento de un pequeño vivero y la organización comunitaria para efectuar la reforestación. En talleres con pobladores se eligieron especies con potencial para ser establecidas en campo, así como los lugares susceptibles de ser reforestados. Los sitios prioritarios se ubicaron en la parte alta de la microcuenca y mediante un sistema de información geográfica se localizaron aquellas áreas con mayor fragilidad ambiental (con base en la pendiente del terreno). También se eligieron nacimientos de agua y sitios propuestos por los propietarios de potreros que decidieron reforestar una parte de su terreno o plantar árboles como cercas vivas. La selección de las especies a utilizar se basó en la importancia económica, social y de conservación de cada especie. El uso de especies nativas se consideró crucial, ya que a largo plazo facilitan la recuperación de la fertilidad del suelo, el microclima y ayudan a reponer parte de la flora y fauna nativa (Vázquez-Yañez *et al.*, 1999). A su vez, favorece el restablecimiento de los servicios ambientales en la microcuenca, tales como la regulación del clima, el secuestro de carbono, la conservación del suelo y regulación del ciclo hidrológico a escala local.

Para la selección de especies nativas fue también importante el resultado de una pequeña encuesta que buscaba conocer su valorización y uso. Por otra parte, se tomaron en consideración muestreos de vegetación que permitieron identificar las especies nativas dominantes en la región. De acuerdo con los muestreos y los datos que arrojó la encuesta, se seleccionaron quince especies con potencial de uso. La organización del vivero y la colecta de semillas estuvieron a cargo del comité de reforestación integrada por voluntarios. Los ejercicios de reforestación iniciaron con la entrega de plántulas de especies arbóreas nativas de la zona para que los mismos propietarios de los terrenos se hicieran cargo de su siembra, el segundo ejercicio involucró a alumnos de escuelas de secundaria y bachillerato. La planta entregada se consiguió por donación en viveros de Xalapa que tenían propagación de especies de bosque mesófilo. La importancia de este ejercicio, aparte de la plantación en sí, fue la integración de diversos actores locales en esta iniciativa (autoridades municipales, ciudadanos y académicos de la UV).

Otra línea de trabajo fue identificar las aguas residuales provenientes de que- serías, mediante un balance de contaminación de 24 horas en dos y muestreos puntuales en otras cinco. También se caracterizó la mezcla de estas aguas con las

que provienen de uso doméstico, así como la calidad de los cuerpos receptores de estas descargas. Los resultados permitieron conocer la composición y evaluar su alta carga orgánica. Con este diagnóstico se elaboraron propuestas para el aprovechamiento del lactosuero y para el tratamiento adecuado de las aguas residuales.

Ante la ausencia de procesos de recuperación y/o valorización del lactosuero se estudió la factibilidad de producción de alcohol, a partir de la lactosa del mismo, se encontró que varias cepas de levaduras permitieron alcanzar una producción significativa de alcohol. En cuanto al tratamiento de las descargas de queserías se estudió la pertinencia y la capacidad del proceso SBR (Reactor Biológico Secuencial por sus siglas en inglés) en condición aeróbica y anaeróbica, así como sus capacidades de tratamiento. A fin de hacer una demostración *in situ*, se diseñó y se construyó una planta piloto anaeróbica de 500 L. Los resultados permitieron concluir que el proceso SBR es el adecuado; de forma aeróbica se alcanzó hasta 99% de remoción de la DQO (Demanda Química de Oxígeno) y anaeróbica se alcanzó más de 90%. Sin embargo, dada la concentración en materia orgánica de las descargas, el proceso SBR aún debe ser optimizado. También se construyó y se probó un sistema lagunar aerobio a pequeña escala para tratar las aguas residuales municipales con desechos lácteos de la localidad de Miahuatlán. El propósito fue probar en campo y bajo condiciones ambientales reales la eficiencia del sistema. Se encontró una reducción de la carga orgánica y se añadieron al sistema lagunar dos módulos de pulimento por humedales. El sistema resultó eficaz, sin embargo, es necesario añadir cloración para eliminar las coliformes fecales y cumplir con la normatividad ambiental mexicana.

Dada la cantidad de lactosuero generado por los establecimientos en la región que es vertido directamente al drenaje municipal, un grupo de estudiantes de la licenciatura en Ciencias Químicas (dirigidos por una de las integrantes del equipo académico de la UV), se propuso examinar opciones para utilizarlo. Este subproducto en el proceso de elaboración de quesos, contiene un poco más de 25% de las proteínas de la leche, cerca de 85% de la grasa y cerca de 95% de la lactosa, por lo que representa una excelente materia prima para nuevos productos (Spreer, 1991). Los artículos que se ensayaron fueron: queso para untar, una bebida refrescante y un queso tipo ricotta; además se probó la elaboración de un abono orgánico fermentado tipo magro. Se evaluaron las características que

permitirían colocar cada producto en el mercado y se concluyó que para todos los productos sugeridos existen consumidores potenciales. De este modo, se considera que las condiciones actuales de contaminación pueden revertirse mediante alternativas productivas que además pueden representar una fuente de ingresos adicionales.

Como se ha visto hasta aquí, las principales actividades económicas desarrolladas en Miahuatlán (ganadería en expansión e industria quesera) han provocado, de forma directa o indirecta, el deterioro en la calidad del agua del río, lo que plantea la necesidad de buscar alternativas de diversificación que permitan reducir esta degradación. Esto fue lo que motivó la propuesta de experimentar el cultivo de la trucha arco iris en los arroyos locales. Para la selección del lugar idóneo, que cumpliera con las características físicas y ambientales que requiere la trucha para su desarrollo (Camacho *et al.*, 2000), se llevaron a cabo recorridos en la parte alta, media y baja del municipio de Miahuatlán. Se seleccionaron cinco sitios propicios para la construcción de la estanquería. Los requerimientos para una granja piscícola se requiere un sitio que ofrezca características topográficas, de pendiente y de accesibilidad óptimas.

En este caso, se eligió un sitio llamado El Roble y se solicitó la asesoría de la Dirección de Vinculación de la UV; en respuesta, los estudiantes de la Facultad de Arquitectura diseñaron la estanquería y valoraron los costos de la construcción. En 2012, se construyeron dos estanques para la cría de trucha. Para lograr que este proyecto estuviera a cargo por los habitantes, se llevaron a cabo talleres de información para que pudieran operar el cultivo de manera autogestiva. De esta manera, se conformó un comité propio para la línea de piscicultura, que se encargaría de coordinar las actividades relacionadas con el cultivo de trucha. Una vez terminada la obra, el sitio se llamó “granja-escuela” considerando que pudiera usarse como modelo para la capacitación a otros campesinos y como un sitio donde los estudiantes pudieran asistir a realizar prácticas de campo. En junio de 2012, se sembraron 500 alevines de trucha cuyo cultivo continuó a cargo del comité, al cual se le brindó capacitación y ayuda en caso de problemas. Sin embargo, una vez que los peces alcanzaron un buen tamaño (aunque no el tamaño comercial) vecinos del lugar saquearon algunos peces, vaciando los estanques a la mitad de su nivel, con el riesgo de que los peces restantes pudieran morir. Por este hecho, el proyecto no pudo continuar, pero los participantes com-

partieron una experiencia que implicó trabajar de forma colectiva en el cuidado de un recurso común.

En cuanto a los resultados académicos, los diversos análisis dieron lugar a 22 tesis de licenciatura, una de especialidad, dos de maestría y una más de doctorado; contamos con la participación de seis servicios sociales; 15 ponencias en eventos académicos, seis cursos-talleres de capacitación, dos manuales y tres artículos científicos. Un logro significativo para quienes participamos en el proyecto fue el generar un intercambio de saberes a través de distintas interacciones entre nosotros y con diferentes grupos sociales. Al final, el proyecto ofrece una experiencia de investigación-intervención, cuyas reflexiones pueden servir para retroalimentar iniciativas similares en otras latitudes.

REFERENCIAS

- ACP (21 de noviembre de 2008). Interviene Conagua para poner fin al conflicto entre Miahuatlán y Naolinco. *Al Calor Político*. <https://www.alcalorpolitico.com/informacion/interviene-conagua-para-poner-fin-al-conflicto-entre-miahuatlan-y-naolinco-28914.html>
- Barrera, C., Álvarez-Aquino, C., Fontecilla, A.I., Hernández, B.M.R., Mesa, S.L., Páez, M. y Houbron, E. (2008). *Programa para la restauración integral de la microcuenca del río Naolinco, Veracruz*. Conacyt Covecyt fomix 94211. Universidad Veracruzana. México, 36 pp.
- Barrera-Bassols N., López-Binnquist C. y Palma-Grayeb R. (1993). Vacas, pastos y bosques en Veracruz: 1950-1990. En Barrera-Bassols, N. y Rodríguez, H. (Eds.), *Desarrollo y medio ambiente en Veracruz: Impactos económicos, ecológicos y culturales de la ganadería en Veracruz* (pp. 35-71). Fundación Friedrich Ebert-CIESAS-Instituto de Ecología. Xalapa, Veracruz, México.
- Bishop, J. y Landell-Mills, N. (2007). Los servicios ambientales de los bosques. En Pagiola S., Bishop J. y Landell-Mills N. (Eds.), *La venta de servicios ambientales* (pp. 47-74). Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales Instituto Nacional de Ecología. México.
- Camacho, E., Moreno, M., Rodríguez, M., Luna, C. y Vázquez, M. (2000). *Guía para el cultivo de la trucha*. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México.

- CEMA. Coordinación Estatal de Medio Ambiente (2004). *Minutas de las reuniones sobre la problemática del río Naolinco*. Veracruz, México. Secretaría de Desarrollo Social y Medio Ambiente del Estado de Veracruz.
- Cotler, H. y Caire, G. (2009). *Lecciones aprendidas del manejo de cuencas en México*. Instituto Nacional de Ecología (INE). México.
- Covas, A.O. (2004). Educación ambiental a partir de tres enfoques: Comunitario, Sistémico e Interdisciplinario. *Revista Iberoamericana de Educación*, 34(2) 1-7. DOI: <https://doi.org/10.35362/rie3512941>
- De Alba, A., Viesca, M., Alcántara, A., Esteban N.E. y Gutiérrez, M. (1993). *El libro de texto y la cuestión ambiental: Los contenidos ecológicos en el Curriculum de primaria*. CESU, UNAM, México.
- Escamiroza, J. (21 de julio de 2018). Escasez y mala calidad del agua reviven pelea por venta. *Diario de Xalapa*. <https://www.diariodexalapa.com.mx/local/escasez-y-mala-calidad-del-agua-reviven-pelea-por-venta-1857609.html>
- García, R. (2011). Interdisciplinarietà y sistemas complejos. *Revista Latinoamericana de Metodología de las Ciencias Sociales*, 1(1), 65-101. https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.4828/pr.4828.pdf
- GEV. Gobierno del Estado de Veracruz. (1998). *Enciclopedia municipal veracruzana. Naolinco*. Secretaría Técnica. Veracruz. México. 328 pp.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (2005). II Censo de Población y Vivienda 2005. En: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2005/Default.aspx>
- León, L. (1988). *Índices de calidad del agua, forma de estimarlos y aplicación en la cuenca Lerma-Chapala*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México.
- Maya, D., Castillo, D., Ramos, P. y Roldán, A. (2004). *Análisis de la acción colectiva para el manejo de cuencas estudio piloto cuenca de la laguna de Fuquene*. Universidad Javeriana, Colombia.
- NSF. National Sanitation Foundation (2004). National Sanitation Foundation Water Quality Index. (junio 2020). <http://www.water-research.net/watqualindex/index.htm>.
- Pacheco-Vega, R. y Vega, O. (2008). Los Debates sobre la Gobernanza del Agua: Hacia una Agenda de Investigación en México. En Soares, D., Vargas-Velázquez, S. y Nuño, R. (Eds.) *La Gestión de Recursos Hidráulicos: Realidades y Perspectivas*. Tomo I. (pp. 57-87). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y Universidad de Guadalajara. Jiutepec, Morelos y Guadalajara, Jalisco.

- Sánchez-Brito, C., Bravo-Espinosa M. y Fregoso-Tirado L.E. (2007). *Avances de investigación en agricultura sostenible IV. Bases metodológicas para el manejo integral de cuencas hidrológicas*. Libro técnico no. 7 INIFAP-CIRPAC. Campo experimental Uruapan, Michoacán. México.
- Spreer, E. (1991). *Lactología industrial*. Segunda edición. Acribia. España.
- Valencia-Vargas, J. C., Díaz-Nigenda, J. J., Ibarrola-Reyes, H. J. y Cotler, H. (2004). Gestión integrada de los recursos hídricos en México: nuevo paradigma en el manejo del agua. En Cotler, H. (Ed.), *El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental* (pp. 201-209). INE - SEMARNAT. México.
- Vázquez-Yañez, C., Batis-Muñoz, A.I., Alcocer Silva, M.M., Gual-Díaz, M, y Sánchez Dirzo, C. (1999). *Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica*. Reporte Técnico del Proyecto J084. Consejo Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Instituto de Ecología, UNAM, México D.F. En: <http://www.conabio.gob.mx/arboles/Introd-J084.html>.
- Williams-Linera, G. (2007). *El bosque de niebla del centro de Veracruz: Ecología, historia y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático* (pp. 165-173). CONABIO - Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Veracruz, México.

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO: NATURALEZA Y SOCIEDAD EN LA MICROCUENCA

CLEMENTINA BARRERA BERNAL

La microcuenca del río Naolinco se ubica en el centro del estado de Veracruz y se localiza a poco más de 30 kilómetros por carretera de la capital del estado, con dirección al norte. Las cuencas, subcuencas y microcuencas, pueden incluir o no límites administrativos como los de un ejido o un municipio. En términos de administración pública y gestión, casi tres cuartas partes del municipio de Miahuatlán (18.91 km²) y pequeñas porciones de los municipios de Naolinco (12.25 km²), Landero y Coss (2.03 km²), Tonayán (1.82 km²) y Acatlán (1.54 km²) se localizan dentro de la microcuenca, en consecuencia, el municipio que ocupa más de la mitad de sus 36.66 km² es Miahuatlán. El origen geográfico de esta zona se halla en las estribaciones de la Sierra de Chiconquiaco, lo que explica su accidentada topografía (figura 1) que incluye el volcán de Acatlán, sitio que tiene presencia de especies vegetales endémicas.

En términos geológicos, es común encontrar en la zona rocas de origen volcánico, de acuerdo a INEGI (2002) son rocas ígneas extrusivas del tipo toba básica y brecha volcánica básica, del periodo cuaternario cuyos bancos incrustados en las montañas han sido explotados por empresas que comercializan materiales de construcción. Por otra parte, el suelo que predomina en la región es andosol húmico, luvisol órtico, de textura media, que se caracterizan por fértiles, fáciles de cultivar, con propiedades de enraizamiento y almacenamiento de agua, ricos en carbono orgánico y arcilla, pero frágiles y de gran susceptibilidad a la erosión (INEGI, 2000; INEGI, 2014).

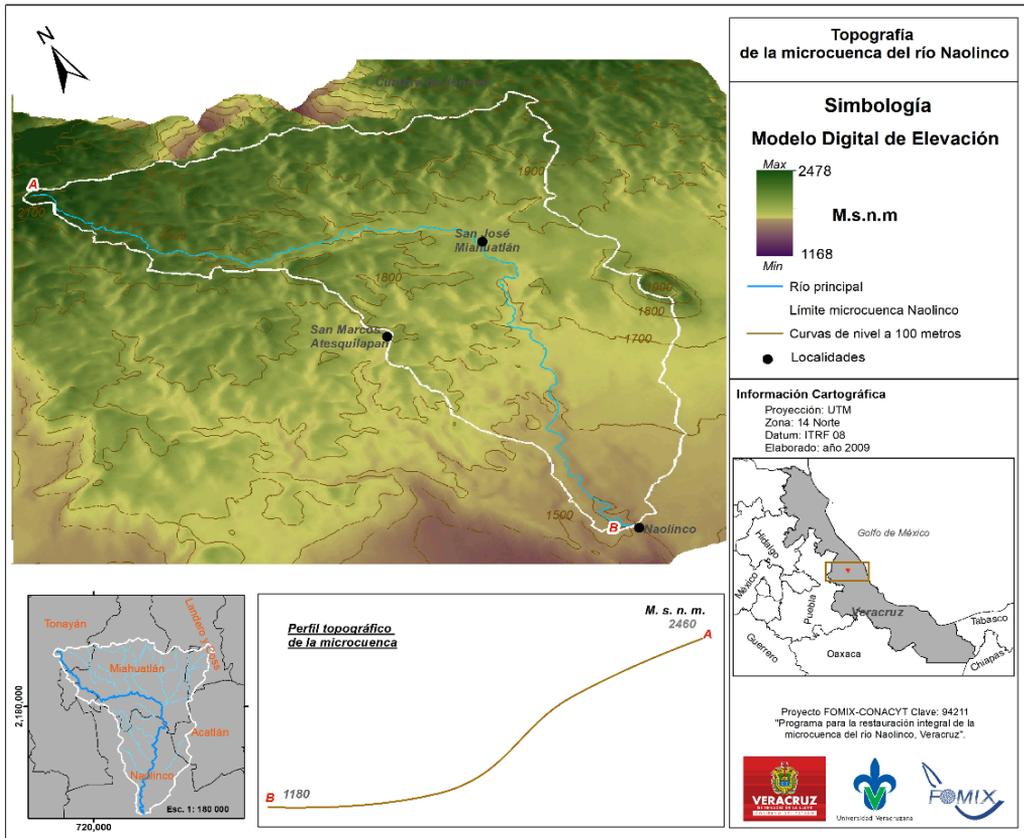


Figura 1. Localización de la microcuenca del río Naolinco en el Estado de Veracruz.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

El origen del río Naolinco se encuentra a 2 460 m.s.n.m., donde recibe el nombre de río Buena Vista; su denominación va cambiando según el tramo del que se trate (figura 2). En relación con la hidrografía es una microcuenca de alta montaña ubicada en la cuenca "B" del río Jamapa, perteneciente a la Región Hidrológica 28, correspondiente al Papaloapan (INEGI, 2002a). El patrón de drenaje dendrítico de la microcuenca se compone de 22 corrientes de orden uno; seis de orden dos, dos de orden tres y una de orden cuatro; siendo esta última la corriente principal, por

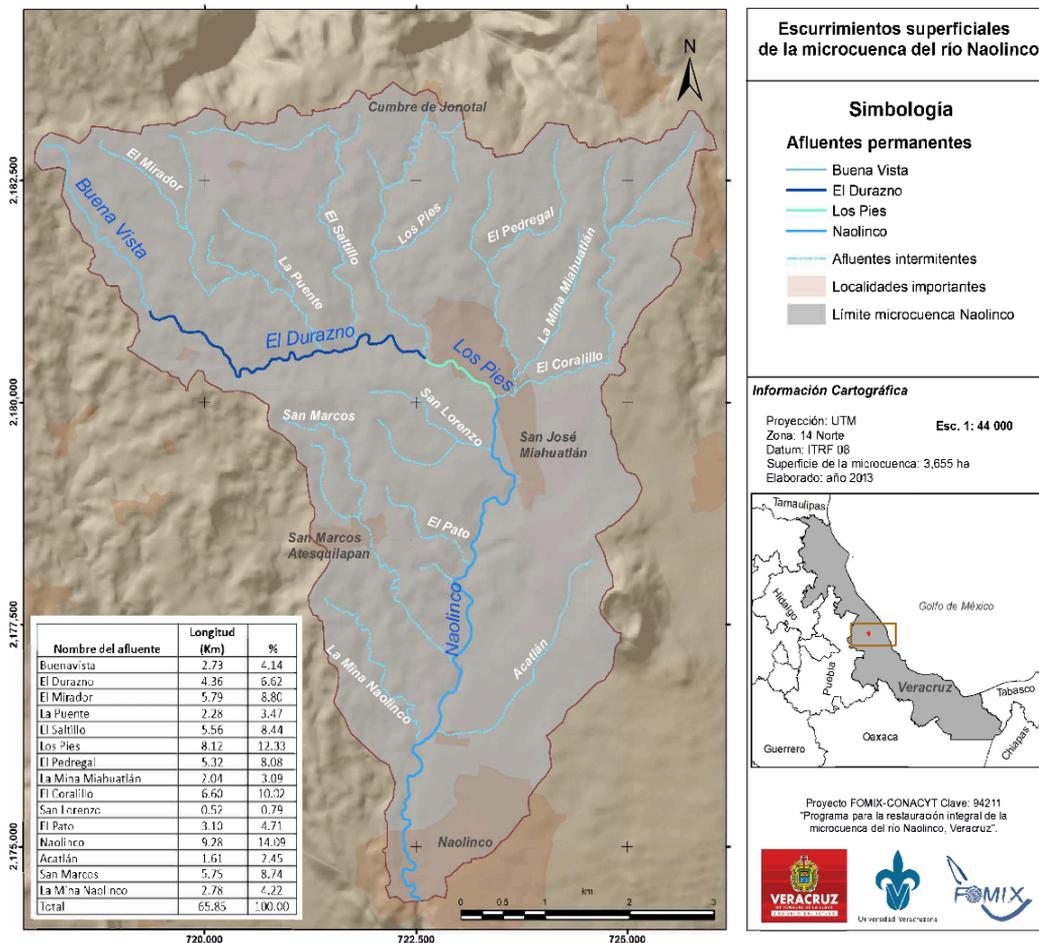


Figura 2.- Escurremientos superficiales de la microcuenca del río Naolinco.

Fuente: Modificada de Martínez, 2010.

lo que el orden de la microcuenca es cuatro (Martínez, 2010). Desde la parte más elevada tiene cauces fluviales permanentes que junto con las corrientes temporales y efímeras recorren 65.85 km dentro de un área de 36.66 km², por lo que la densidad de drenaje es igual a 1.8 km/km², está red de drenaje le da a la microcuenca una adecuada capacidad para recolectar agua de lluvia. La mayor parte del área de

la microcuenca (99.62%) tiene un coeficiente de escurrimiento de 10 a 20% y una pequeña parte corresponde a un coeficiente de escurrimiento de 5 a 10% (INEGI, 2002a).

En particular, la corriente principal del río Naolinco desde su origen hasta la cascada del mismo nombre cubre una longitud total de 17.44 km, y está integrada por los afluentes Buena Vista (15.7%), El Durazno (25.0 %), Los Pies (6.1%) y Naolinco (53.2%) (figura 2).

La hidrología regional subterránea se complementa con dos unidades geohidrológicas subterráneas. La mayor de ellas, que ocupa más del 98% del área cubierta por la microcuenca, está formada por material no consolidado con posibilidades bajas. Por su parte, la segunda unidad cubre una superficie muy pequeña (1.9%) y está formada por material consolidado con posibilidades bajas (INEGI, 2002b). Lo cual significa que la mayor parte de la microcuenca tiene uno o varios tipos de roca sólida que por su origen y formación presentan baja permeabilidad, tanto primaria como secundaria, las condiciones geohidrológicas para contener agua económicamente explotable resultan desfavorables (INEGI, 2012). Los flujos hídricos están en función del patrón de lluvias y el clima que predomina en la microcuenca, el cual se clasifica dentro de la categoría de los semicálidos con lluvia todo el año (A)C(fm) (INEGI, 2002c, UV, 2013).

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2011), reúne registros de 1941 a 2006 de las estaciones meteorológicas ubicadas en la zona (30114 en Naolinco de Victoria, 30267 en La Concepción, Jilotepec y 30364 en Villa Tejada), con más de 30 años de información, con base en los datos generados por el SMN se estimó que la precipitación media anual alcanza los 1 382.34 mm, la media mensual de la evaporación para la zona es de 105.96 mm y la temperatura media mensual es de 17.98 °C (UV, 2013) (figura 3).

La precipitación es el agua que cae en forma de lluvia, niebla, neblina, rocío, etc., si ocurre en una superficie delimitada por un parteaguas, en conjunto, forman una sub-cuenca o microcuenca. Una primera valoración de la misma se hizo a través del climograma (figura 3). En el climograma, que incluye la evaporación, puede observarse la estrecha relación entre precipitación, temperatura y evaporación, la estacionalidad indudable de las lluvias (junio a octubre), la canícula poco apreciable y el balance positivo entre precipitación y evaporación durante los meses de mayor precipitación.

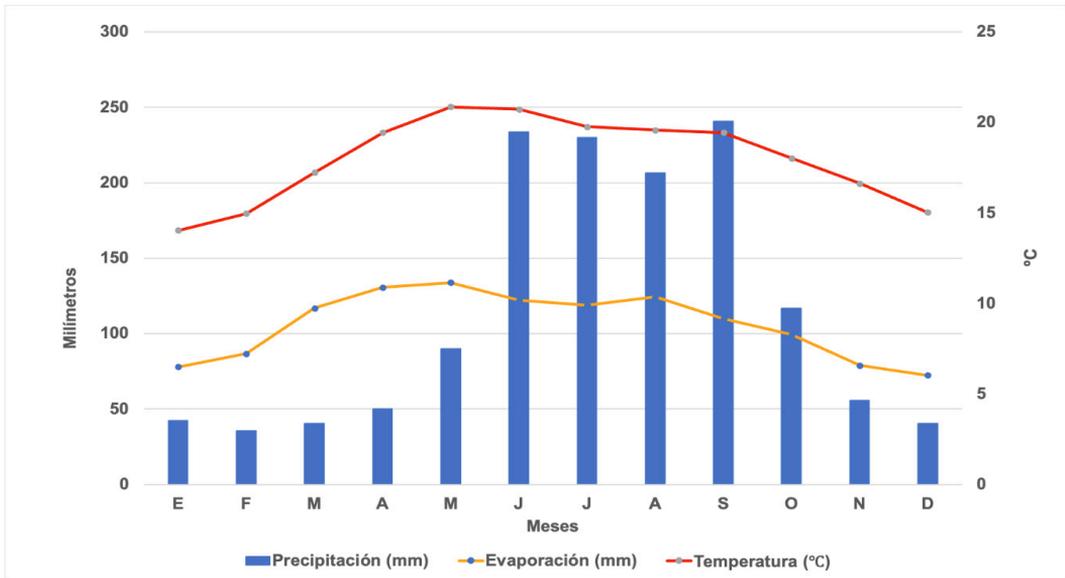


Figura 3.- Variación de precipitación, evaporación y temperatura en la microcuenca del río Naolinco.

Fuente: Modificada de UV, 2013.

El programa SURFER generó el GRID de máxima probabilidad (Golden Software, 2002; UV, 2013) de las isólinas de distribución de la precipitación promedio anual en el estado de Veracruz, posteriormente este mapa fue recortado para determinar los intervalos de precipitación promedio anuales en la zona, así como las superficies que cubren en la microcuenca en estudio. En torno a la distribución de precipitación media anual en la cuenca podemos mencionar que no es homogénea, sus valores entre 1 200 y 1 500 mm se incrementan en dirección E-W. Las precipitaciones parecen estar más relacionadas con la presencia de vegetación y con la orientación de los vientos dominantes que con un perfil altitudinal, las de valor

más alto (1 500 mm) acontecen en la parte oeste que, como se verá más adelante, posee porciones mayores de bosque mesófilo de montaña, sólo se distribuyen en un 9.52% de la superficie de la microcuenca, en 1 208.29 ha (33.01%) se recojen 1 400 mm, en 1 358.89 ha (37.12%) se precipitan 1 300 mm y en 744.85 ha (20.35%) se recibe el valor de precipitación más bajo 1 200 mm (UV, 2013).

Las crónicas que registran el origen del poblamiento humano en la zona refieren a Naolinco como un pueblo totonaco que permaneció sometido al dominio mexica entre 1 480 y 1519. Se reporta también que la zona formó parte de la ruta que siguieron los conquistadores españoles, quienes a su paso encontraron un asentamiento con alrededor de 4 500 habitantes. Los habitantes originarios de Naolinco comenzaron a ser desplazados por los españoles hacia las afueras del poblado a partir de 1535. Conservando tales circunstancias, el 17 de mayo de 1881 el pueblo adquiere la categoría de villa y más tarde, el 1º de septiembre de 1910, la de ciudad (COMUDERS, 2003).

La reseña histórica oficial describe que en 1653 se fundó Miahuatlán lugar que fue cambiando de nombre (San José Miahuatlán) fusionándose y estableciendo convenios de límites jurisdiccionales con otros municipios (San Juan Miahuatlán y Tonayán) hasta recibir, el 5 de noviembre de 1932, la denominación de Miahuatlán (INAFED, s/f). De entonces a la fecha, la región ha experimentado un pausado crecimiento poblacional; tendencia que se mantuvo en los municipios de Naolinco y Miahuatlán hasta décadas recientes (tabla 1).

Tabla 1. Crecimiento poblacional de los municipios de Naolinco y Miahuatlán (1995- 2010), número de habitantes y tasa media de crecimiento.

Año	Naolinco		Miahuatlán	
	Habitantes	Tasa crecimiento	Habitantes	Tasa crecimiento
1995	16,976	---	3, 598	---
2000	18,097	1.5%	3, 807	1.33%
2005	18,885	0.75%	4, 083	1.24%
2010	20, 255	1.5%	4, 429	1.76%

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, s/f. Censos y Conteos de Población y Vivienda, 1995 a 2010.

De este modo, en 2010 el municipio de Naolinco contaba con 20 255 habitantes, distribuidos en 79 localidades, una urbana (cabecera municipal Naolinco de Victoria) y 78 rurales, todas ellas con menos de 2 500 habitantes excepto la cabecera, dispersas en 108.8 km² (GEV, 2019). Mientras tanto, el municipio de Miahuatlán es más pequeño y menos habitado; los datos oficiales reportan que en 2010 vivían en ese municipio 4 429 personas, reunidas en 14 localidades, sólo una de ellas, la cabecera municipal, es considerada como urbana y el resto (13) se encuentran esparcidas en un territorio rural de 29.4 km² (GEV, 2019). A esta relativa baja concentración de población habría que agregar el hecho de que un gran número de residentes de las cabeceras se trasladan para trabajar entre semana en la ciudad de Xalapa y regresan a su pueblo los fines de semana.

En la actualidad, las desigualdades entre estos municipios se manifiestan en los datos relativos a pobreza y rezago social. De acuerdo con CONEVAL (2015), el grado de rezago social para Naolinco era bajo, mientras Miahuatlán presentaba un rezago social medio. En términos de pobreza, las condiciones son también más severas en este segundo municipio, tal como se observa en la tabla 2.

Tabla 2. Pobreza en los municipios de Naolinco (población total de 20 255 habitantes) y Miahuatlán (población total de 4 429 habitantes).

	Naolinco		Miahuatlán	
	Núm. personas	%	Núm. personas	%
Pobreza	12,920	62.4	4,241	91.0
Moderada	11,265	54.4	3,022	64.9
Extrema	1,655	8.0	1,218	26.1

Fuente: Elaboración propia con datos de CONEVAL, 2015

En este mismo sentido, mientras Miahuatlán ha sido catalogado como un municipio con grado de marginación alto, en el caso de Naolinco el grado de marginación es considerado como medio (CONAPO, 2015), lo que se explica por la gran cantidad de localidades menores a 2 500 habitantes en ambos municipios, así como por carencias en servicios públicos, los niveles educativos alcanzados por la mayoría de la población y los bajos salarios. Asimismo, si bien el acceso por vivienda a los

principales servicios públicos está por encima del noventa por ciento en ambos municipios, en relación con la posesión de equipos de comunicación, las diferencias comienzan a ser significativas entre uno y otro caso, tal como se observa en la tabla 3.

Tabla 3. Acceso a servicios públicos y equipamiento por vivienda en los municipios de Naolinco y Miahuatlán.

Servicios públicos y equipamiento	% Viviendas con acceso	
	Naolinco	Miahuatlán
Agua entubada	96.8	98.5
Drenaje	98.4	97.1
Luz eléctrica	98.9	99.1
Internet	13.2	5.1
Teléfono celular	72.0	57.0

Fuente: Elaborada con datos de la encuesta intercensal 2015 descrita en GEV, 2019.

Las desigualdades entre las localidades de cada municipio pueden observarse en los datos presentados por CONAPO (2015), de acuerdo estos 3.7% de las localidades de Naolinco fueron catalogadas con grado de marginación bajo, 30% corresponden con grado medio, 59% con alto y 7.3% con muy alto. En el caso del municipio de Miahuatlán, 77% de ellas corresponden con un grado de marginación alto y 23%, muy alto.

Estos datos hacen evidente que las cabeceras municipales concentran condiciones de mayor bienestar. En términos económicos, el municipio de Naolinco registraba en 2010 un total de 1 189 unidades económicas; siendo el comercio la actividad predominante (45.73%), seguida de actividades del sector secundario (44.06%) y finalmente del sector primario (10.22%) (tabla 4) (INEGI, 2012a).

Por su parte, Miahuatlán contaba en 2010 con una economía local basada en la existencia de 209 unidades (tabla 4). El 58% de estas unidades se dedican a actividades primarias, 21.8% corresponden al sector secundario y 19% al terciario (tabla 4) (INEGI, 2012a). Con el paso del tiempo, la elaboración de productos lácteos ha ganado importancia económica en la zona, acopiando leche de municipios colindantes.

Tabla 4. Desglose de actividades de las unidades económicas registradas en los municipios de Naolinco y Miahuatlán.

Servicio	Número de unidades económicas	
	Naolinco	Miahuatlán
Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final	1	1
Construcción	1	0
Industrias manufactureras (industria zapatera, bodegas, herrerías, carpinterías, sastrería y elaboración de: pan, chicharrón, pasteles, productos lácteos y artículos de piel.	320	28
Comercio al por mayor (alimentos, forrajeras, papelerías, peleterías, veterinarias)	30	5
Comercio al por menor (venta de calzado, chamarras de piel, sombreros, tiendas de abarrotes, misceláneas, vinos y licores, etc.).	572	124
Transportes, correos y almacenamiento	2	0
Información en medios masivos	3	1
Servicios financieros y de seguros	2	0
Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	9	3
Servicios profesionales, científicos y técnicos	3	0
Servicios de apoyo a los negocios, manejo de desechos y servicios de remediación	10	2
Servicios educativos	16	8
Servicios de salud y de asistencia social	30	5
Servicios de esparcimiento culturales, deportivos y otros servicios recreativos	16	3
Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	78	4
Otros servicios excepto actividades gubernamentales	96	21
Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales	6	4

Fuente: Elaborada con datos de INEGI, 2012^a.

Estos mismos patrones pueden observarse en la distribución de la población económicamente activa (PEA) en ambos municipios, lo que permite reconocer que mientras en Naolinco se ha consolidado el sector terciario, Miahuatlán depende en gran medida de las actividades primarias y el procesamiento *in situ* de la leche (tabla 5).

Tabla 5. Distribución de la PEA en los municipios de Naolinco y Miahuatlán.

	PEA (número de personas)	Sector primario	Sector secundario	Sector terciario	Núm. especificado
Naolinco	8 373 Ocupada 8 065 (96%) Desocupada 638 (4%)	27%	22%	49%	2%
Miahuatlán	1 476 Ocupada 1 459 (98.8%) Desocupada 40 (1.2%)	55%	21%	23%	1%

Fuente: Elaborada con datos de la encuesta intercensal 2015 descrita en GEV, 2019.

En correspondencia con tal distribución de la PEA, para el año 2011, los potreros se extendían en un 42.28% de la superficie comprendida por la microcuenca del río Naolinco (1 561.03 ha), las áreas agrícolas destinadas al cultivo de maíz, frijol, café y caña abarcaban un área de 1 037.02 ha (28.09%), mientras el bosque mesófilo de montaña y la vegetación secundaria se reducían a tan solo 951.56 ha (25.77% de la superficie). Finalmente, los asentamientos humanos se concentran en 142.8 ha (3.87%) (figura 4).

Tabla 6. Hectáreas y porcentaje de deforestación en la microcuenca (1994- 2011).

Año	Superficie arbolada (ha)	Cambio (ha)	% cambio
1994	1'654.92	BASE	100%
2005	1'337.31	-317.61	-23.75%
2011	931.65	-405.66	-30.33%
Totales		-723.27	-54.08%

Fuente: Tomada de Hernández, 2011.

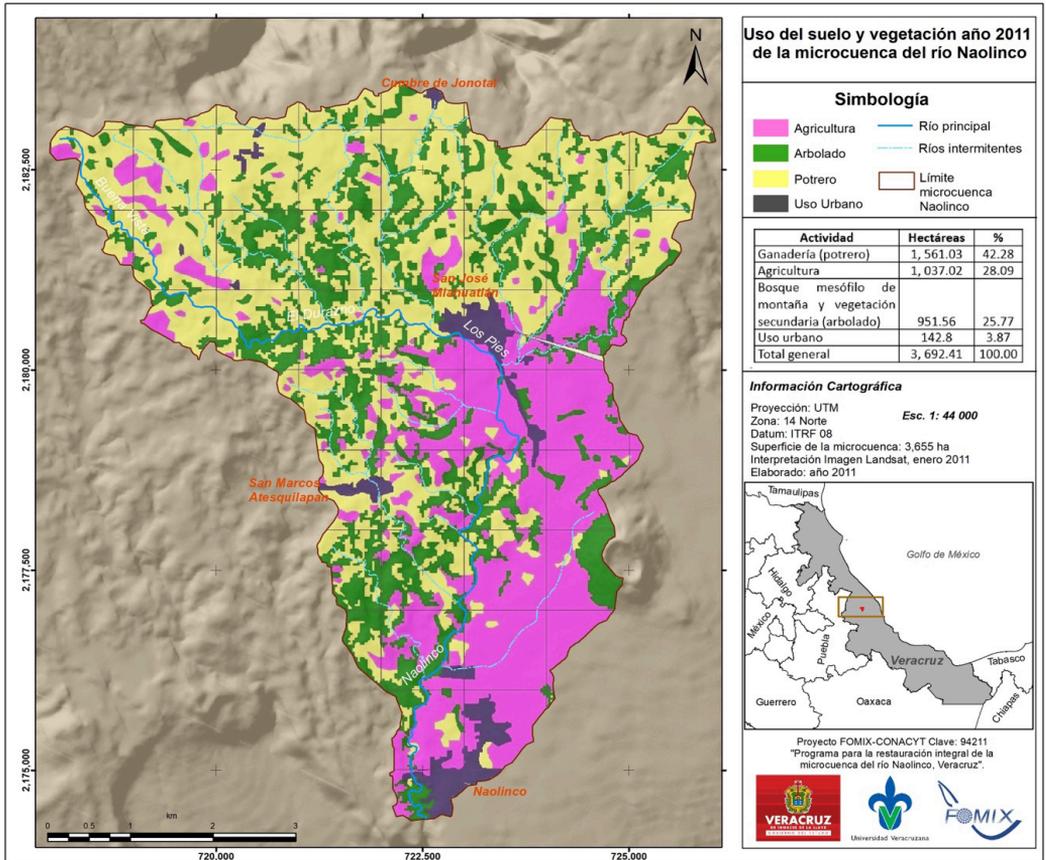


Figura 4. Usos de suelo y vegetación en la microcuenca del río Naolinco

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Este mosaico muestra cómo la ganadería ha ido tomando terreno a las áreas arboladas. Hernández (2011) calculó la tasa de deforestación para la microcuenca, durante el período 1994 a 2011, la que es igual a 42.54 ha/año y representa cerca del 0.14% de la tasa de deforestación de Veracruz registrada en el periodo 1993-2002 (31 356 ha/año). También reportó que, en el período 1994-2011, el 54.08% de la superficie arbolada en esta zona fue sustituida por otro tipo de uso de suelo; es decir, hubo pérdida de masa forestal en 723.27 ha (tabla 6).

Con esa información, estimó que se han dejado de capturar 2 297.29 ton/ha/año de carbono, cantidad que, al no almacenarse como biomasa, contribuye al efecto invernadero; valoró una pérdida de 1 084 905.00 m³ de agua, es decir 63 810.00 m³ de pérdida anual de agua para la microcuenca.

Finalmente, para entender las condiciones del manejo del agua en la zona, es necesario reconocer que, si bien la agricultura y la fabricación de calzado constituyeron la base de la economía regional durante todo el siglo XIX. Por mucho tiempo, esta actividad mantuvo activo el comercio de leche cruda entre particulares y el acopio para su venta a la empresa Nestlé, ubicada a una hora por carretera desde la cabecera; sin embargo, hacia el 2015 la agroindustria quesera establecida en Miahuatlán procesaba diariamente sesenta mil litros de leche (Sosa, 2015) con un mercado de productos lácteos expandido a nivel nacional. En contraparte de las crecientes ganancias económicas que esta actividad ha generado, también ha traído consigo marcadas desigualdades sociales y severas afectaciones ambientales, como se verá en los siguientes capítulos, en la creciente deforestación y la contaminación de los cuerpos de agua.

REFERENCIAS

- Barrera B. C. y Espinoza Guzmán M. A. Proyecto: Programa para la restauración integral de la microcuenca del río Naolinco, Veracruz Clave 94211. En: Informe Técnico 3 FOMIX 2008-94211.
- COMUDERS. Consejo Municipal de Desarrollo Rural Sustentable. (2003). *Diagnóstico Regional 2001-2004*. H. Ayuntamiento Constitucional de Naolinco de Victoria Veracruz. 25 de abril del 2003.
- CONAPO / Consejo Nacional de Población. (2015). *Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2015*. <https://www.gob.mx/conapo/documentos/indice-de-marginacion-2015-284579>
- CONEVAL. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (2015). Medición de la pobreza. <https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/PobrezaInicio.aspx>
- GEV / Gobierno del Estado de Veracruz (2019). Cuadernillos municipales, 2019. Sistema de Información Municipal, Subsecretaría de Planeación. <http://ceieg.veracruz.gob.mx/2019/05/09/cuadernillos-municipales-2019/>
- Golden Software. (2002). SURFER. Golden Software. Inc.

- Hernández S. M. (2011). *Determinación de la tasa de cambio de uso del suelo de la microcuenca del Río Naolingo, Veracruz, México, mediante modelos geo-espaciales (Periodo 1994-2011)*. [Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniería Química. Universidad Veracruzana].
- INAFED. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. (s/f). Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. [en línea]. <http://www.snim.rami.gob.mx/>
- INEGI .Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (2000). Carta Edafológica. Escala 1:250'000, E14-3. Segunda Impresión.
- . (2002). Carta Geológica. Escala 1:250'000, E14-3. Segunda Impresión.
- . (2002a). Carta de Hidrología de Aguas Superficiales. Escala 1:250'000, E14-3. Segunda Impresión.
- . (2002b). Carta de Hidrología de Aguas Subterráneas. Escala 1:250'000, E14-3. Segunda Impresión.
- . (2002c). Carta de Climas. Escala 1:250'000, E14-3. Segunda Impresión.
- . (2002d). Carta de Vegetación y Uso del suelo. Escala 1:250'000, E14-3. Segunda Impresión.
- . (2012). Guía para la interpretación de cartografía hidrológica: Serie II. México.
- . (2012a). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>
- . (2014). Guía para la interpretación de cartografía: edafología: escala 1:250 000: serie III. México.
- . (s/f). Censos y Conteos de Población y Vivienda. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/>
- Martínez, C. A. K. (2010). *Evaluación de la calidad del agua en la microcuenca del río Naolingo, Veracruz (periodo 2009-2010)*. [Tesis de Licenciatura, Facultad de Biología. Universidad Veracruzana].
- SMN. Servicio Meteorológico Nacional. (2011). Temperatura y Precipitación. http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=12:temperatura-y-precipitacion&catid=6:slider&Itemid=65
- Sosa M. A. (2015). *Implementación de una estrategia para la utilización del lactosuero como medida para la mitigación de la contaminación del río Naolingo en Miahuatlán, Veracruz*. [Tesis Especialidad de Diagnóstico y Gestión Ambiental. Universidad Veracruzana]. <https://cdigital.uv.mx/handle/123456789/46730>

LAS REPRESENTACIONES SOCIALES DEL AGUA Y LAS POSIBILIDADES DE UNA CIUDADANÍA HÍDRICA

ANA ISABEL FONTECILLA CARBONELL

EL PAPEL DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS EN LA CONFIGURACIÓN DE HORIZONTES SIMBÓLICOS: UNA MIRADA DESDE LA PERSPECTIVA DE LAS REPRESENTACIONES SOCIALES

En el contexto de las ciencias políticas, Edelman (1976) ha señalado que toda relación social implica un proceso de aprendizaje y construcción de conocimiento. La elaboración e implementación de las políticas públicas no escapa de esta condición. En principio, en la manufactura de las propuestas al interior del aparato estatal, tienen lugar negociaciones que ponen en juego las expectativas de diversos sujetos y grupos. Las políticas públicas expresan el resultado de las pugnas al difundir el proyecto social hegemónico. Sin embargo, estructuran y son estructuradas en relación con lo que se considera legítimo en un contexto social y en un momento histórico determinado; de esta forma, se llenan de contenido de acuerdo con lo que se supone “verdadero”, “bueno” y “justo”. El diseño de las políticas públicas parte de reconocer su capacidad para encontrar eco en las legitimidades o en la moral de la sociedad, lo que implica que su discurso recupere la estructura social y, de algún modo, encuentre una nueva dirección.

Así, la construcción discursiva de la moral social, desde la visión del Estado, se fundamenta y busca incidir tanto en el universo cognitivo (lo que se asume como verdadero), como en el normativo (lo que se considera bueno, justo o correcto). En este sentido, toda política pública posee un carácter propositivo, lo cual supone

la necesidad de un cambio social. Para que esto sea posible, las políticas públicas deben detentar una expresión simbólica pero también un sentido práctico.

Surel (2008) resume todas las implicaciones de las políticas públicas al conceptualizarlas como *paradigmas* que participan “en el proceso de categorización cognitiva y de construcción social de la realidad, en el seno de un espacio marcado por una asignación de recursos y/o el ejercicio de la coerción legítima”.

Respecto a la forma en que estas políticas “coercen” la acción de los sujetos, es conveniente revisar los planteamientos de Michael Foucault quien, a través del concepto de gubernamentalidad, considera que gobernar implica “conducir las conductas”. Es decir, mediante este mecanismo de gobierno no se ejerce poder sobre los otros, sino sobre sus acciones (Watts, 2003). En este sentido, una política pública contiene una idea-fuerza capaz de hacer que los individuos se persuadan a sí mismos de regular sus comportamientos en correspondencia con un determinado “régimen de verdad” (Watts, 2003) y una imagen colectiva que se considera legítima.

En este contexto, la perspectiva de las representaciones sociales, entendidas como “Imágenes que condensan un conjunto de significados; sistemas de referencia que nos permiten interpretar lo que nos sucede, e incluso, dar un sentido a lo inesperado” (Jodelet, 1986), adquiere relevancia al asumirlas como aquel conocimiento que se integra al “sentido común” y que permite a los individuos desenvolverse y comunicarse de manera social. Las representaciones sociales funcionan entonces como visiones normativas que influyen en los procesos de interpretación de la realidad (Lefebvre, 1974). Como se verá en el siguiente apartado, el contenido simbólico de las políticas públicas en materia hídrica ha cambiado a lo largo del tiempo; anida visiones específicas en las mentalidades de distintas generaciones, sin que, necesariamente, una visión predominante desaparezca por completo en el siguiente periodo.

LOS MODELOS HÍDRICOS EN EL MÉXICO CONTEMPORÁNEO Y LAS POSIBILIDADES DE CONSTRUCCIÓN DE UNA CIUDADANÍA HÍDRICA

Luis Aboites (2009), el más reconocido estudioso de la historia de la gestión del agua en México ha planteado que el manejo de este recurso en el país, a finales

del siglo XIX y principios del XX, se caracterizó por el desarrollo de grandes obras hidráulicas, así como por una intervención declarada y creciente del Estado en esta materia. El investigador se refiere a este conjunto de condiciones como el modelo Agua de la Nación. Señala que, si bien esta forma de usar el agua no cambió durante las primeras cinco décadas del siglo XX, lo que sí ocurrió fue una expansión sin precedentes de este modelo. En una obra reciente, expone que a partir de los años cincuenta se observa un cambio del modelo de gestión Agua de la Nación al que él denomina modelo Agua Mercantil-Ambiental.

Antes de examinar en qué consisten ambos esquemas, es necesario recordar que cada uno indica relaciones específicas entre la sociedad y el territorio, así como entre distintos grupos y actores sociales. El modelo Agua de la Nación se expresó normativamente a través de la imposición constitucional, en la que se reconoce al país como propietario original y único del agua; por tanto, la concesión se configuró como la forma de acceso particular. En consecuencia, se impulsó el andamiaje institucional y administrativo que permitiera darle viabilidad. Además, este modelo tuvo su expresión material en la creación de grandes obras de ingeniería hidráulica que estuvieron a cargo del Estado, las cuales iniciaron a finales del siglo pasado y se encaminaron a aumentar capacidades de almacenaje, canalización, distribución y oferta de servicios.

Un dato paradójico importante que señala Aboites (2009) es que, a pesar de la fuerza simbólica que tuvo este modelo, subrepticamente continuaron operando hasta nuestros días esquemas de gestión local del agua de manera extraoficial, debido a discrepancias entre los actores políticos que impulsaban el modelo hegemónico, así como a disidencias sociales y limitaciones de capital a las que Aboites denomina modelo de “aguas pueblerinas”. Tal permanencia, entre otros factores, daba cuenta de la debilidad real del Estado para hacerse cargo y regular el acceso y distribución del agua en todo el territorio.

Estas condiciones, así como presiones a nivel internacional, fueron la cuna de un nuevo modelo de gestión hídrica cuyo origen puede ubicarse a mediados de la década de los ochenta. A este modelo el autor lo denomina “mercantil-ambiental” y se caracteriza por una disminución drástica en la inversión pública en materia de agua. Al mismo tiempo, el Estado adquiere mayores facultades para la recaudación sobre la base de “derechos adquiridos” y hace una apuesta por una mayor eficiencia en su manejo, gracias al funcionamiento del “mercado hídrico”. En este con-

texto, las demandas ambientalistas son utilizadas para soportar la valorización del agua como un recurso natural escaso y cuyo carácter “renovable” está mediado por la capacidad tecnológica. Este llamado de atención justifica el asignarle un valor “mercantil” al agua, que varía de acuerdo con niveles de disponibilidad y calidad, y hace ver a la inversión privada como ineludible.

La incapacidad mostrada hasta ahora por el Estado mexicano para atender las necesidades de agua en el país ha coadyuvado en muchos casos al desencanto de los sujetos respecto a una idea de ciudadanía basada en la cesión de su autonomía a un Estado deficitario y clientelar. Esto ha propiciado que, al ver amenazado el suministro por la intervención estatal, se desplieguen acciones directas por parte de los afectados, quienes cuestionan la ciudadanía alcanzada en el marco de un acuerdo nacional (Kloster, 2014: 65).

Sin embargo, mientras no se presentan tales condiciones extremas, lo que se observa en el actual escenario neoliberal es que la construcción de una “ciudadanía hídrica” en diversas zonas suburbanas del país, entendida esta como el auto-reconocimiento de las personas como sujetos de derecho, en este caso, al agua, enfrenta “obstáculos simbólicos”. Estos se asocian con la yuxtaposición de distintos sistemas de valoración sobre el recurso, promovidos por cada uno de los diferentes modelos hídricos, mismos que coexisten en el imaginario de muchas personas.

LA PROBLEMÁTICA HÍDRICA Y LAS REPRESENTACIONES SOCIALES DEL AGUA EN LA MICROCUENCA LECHERA NAOLINCO-MIAHUATLÁN

En este apartado se discuten los resultados de una investigación dirigida a analizar las percepciones en torno a la gestión hídrica y las representaciones sociales del agua que, en este contexto, elaboran los habitantes de las cabeceras municipales de Naolinco y Miahuatlán, ambas ubicadas en la zona montañosa del centro del estado de Veracruz. El estudio se llevó a cabo como parte del proyecto “Programa para la restauración de la microcuenca del río Naolinco”, el cual estuvo a cargo de un grupo interdisciplinario de académicos de la Universidad Veracruzana (UV); se llevó a cabo entre 2009 y 2012 gracias al apoyo de Fondos

Mixtos Conacyt-Gobierno del Estado de Veracruz. Los datos aquí presentados se basan en información obtenida mediante una encuesta realizada en abril de 2012 a usuarios residenciales del agua (jefes y jefas de hogar) en ambas ciudades.

Como se ha referido en capítulos anteriores, dentro de la cuenca del río Naolinco, los municipios de Miahuatlán y Naolinco ocupan la mayor superficie y en términos poblacionales, Naolinco es poco más de cuatro veces mayor, con 20 202 habitantes, que Miahuatlán, donde en 2010 habitaban 4 274 personas (INEGI, 2010). Más allá de esta diferencia en la magnitud demográfica, entre ambos municipios existen severas desigualdades en cuanto al acceso a servicios públicos, lo que condujo a que Miahuatlán haya sido catalogado como un municipio con alto grado de marginación, mientras Naolinco se ubica en nivel medio.

A nivel de localidades, de acuerdo con datos del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval), en 2010 la localidad de Miahuatlán tenía 3 240 habitantes y 1 009 viviendas, de las cuales un 2% no disponía de agua entubada de la red pública y 3% no estaba conectado a la red de drenaje. Mientras tanto, Naolinco tenía ese mismo año 9 233 habitantes distribuidos en 5 185 viviendas, 1.79% no disponía de agua entubada y 0.25% no contaba con drenaje. Estos datos hacen pensar en que existe una cobertura casi total de los servicios de agua y saneamiento en ambas localidades, situación que contrasta con las opiniones de las personas con las que se aplicó la encuesta.

Por otro lado, si se observa el crecimiento poblacional reciente de las cabeceras municipales, es posible notar que la población total de Miahuatlán creció 18% entre 2000 y 2010 (de 2 729 habitantes en 2000 a 3 240 en 2010), mientras que Naolinco, 14% (de 8 071 habitantes en 2000 a 9 233 en 2010). Lo anterior se explica debido a que un gran número de personas que viven en Naolinco, trabajan en Xalapa y viajan todos los días o regresan a su lugar de origen cada fin de semana.

Con esta información en mente y con el fin de conocer las percepciones de los habitantes de ambas cabeceras en relación con la gestión del agua y las representaciones sociales que sobre ella elaboran en este contexto, en abril de 2012 se aplicó una encuesta dirigida a jefes y jefas de 126 hogares en Naolinco y 54 en Miahuatlán, lo que constituyó una muestra proporcional del número total de hogares en ambas localidades. El cuestionario se dividió en seis apartados que cubrían los siguientes tópicos: *a)* representaciones sociales del agua, *b)* abasto,

distribución y calidad del agua, *c*) gestión del agua, *d*) prácticas de uso en el hogar, *e*) relación bosque-fuentes de agua y reforestación y *f*) reconocimiento del proyecto UV.

De inicio, es importante decir que un alto porcentaje de los participantes en la encuesta consideró que *el principal problema con el agua en su localidad* es un asunto de escasez del recurso o insuficiencia en el servicio (48%), seguido por quienes identificaron la contaminación por las queserías (21%), o bien, la mala calidad del agua (16%). Llama la atención que un pequeño porcentaje percibe la deficiente infraestructura o la administración del servicio como un problema importante (4%). Destaca también el alto número de personas (21%) que utilizan términos genéricos (sin sujeto de la acción) para expresar cuál es el problema que consideran más importante, ejemplo de ello fueron respuestas como “contaminación” o “cambio climático”.

Al respecto, Biagi (2010), en un estudio comparativo entre varios países, encontró que es común que las personas en la actualidad identifiquen problemas de contaminación, pero sin reconocer actores concretos como responsables. Consecuentemente, la mayoría de los encuestados acepta el alto riesgo de contaminación como algo que está más allá de sus capacidades de resolución y, por tanto, no declara experimentar responsabilidad por sus propias conductas. Cuando en este estudio se preguntó por *las causas* de los problemas que ellos mismos refirieron, la variedad de respuestas fue amplia.

Como se puede observar en la tabla 7, en contraste con las respuestas a la pregunta anterior, las deficiencias administrativas y de infraestructura fueron reconocidas como la principal causa de los problemas del agua en ambas localidades (29%), seguida por las malas prácticas de los ciudadanos (19%). Factores ambientales en general, así como la tala y el uso de términos técnicos sin sujeto aparecieron como razones no incluidas entre las opciones de respuestas que se les proporcionaron a los encuestados.

En relación con la tala de árboles, prácticamente todas las personas que respondieron consideraron que los árboles permiten contar con más agua en la microcuenca, mientras que 60% recordó alguna iniciativa de reforestación desarrollada en la zona, 35% de los encuestados consideró que los resultados de este tipo de proyectos fueron buenos, 12% los calificó de insuficientes y 8% opinó que tales iniciativas fracasaron en sus objetivos.

Tabla 7. Causas atribuidas por los encuestados a los problemas de agua en su localidad.

Causas de los problemas de agua en su localidad	%
Deficiencias en administración/ Infraestructura	29%
Malas prácticas de los ciudadanos	19%
Causas ambientales (cambio climático, calor, etc.)	13%
Términos técnicos sin sujeto	12%
Tala	8%
Crecimiento de la población	6%
Falta de conciencia de la gente	3%
Competencia por el agua entre comunidades vecinas	2%
Otros	1%
Presencia de queserías en la zona	0
Falta de fondos públicos	0
No sabe o no respondió	7%

Fuente: Elaboración propia, 2023.

En un acercamiento a la realidad cotidiana del servicio de agua en las viviendas, 30% del total de encuestados dijo recibir agua todos los días en su casa; mientras que 37% declaró que “cae el agua” entre uno y tres días de la semana. De forma adicional, hubo quejas de personas que dijeron que el agua llegaba a su vivienda en horarios poco adecuados (de madrugada). Frente a estas deficiencias, el pago que hacen los hogares de Naolinco por este servicio fluctúa entre 30 y 190 pesos mensuales, y entre 40 y 200 pesos en la compra de agua para beber. En las afueras de Naolinco existen manantiales de los que algunas personas toman agua y la almacenan en recipientes que venden de casa en casa como “agua para beber”. La demanda de esta, preferida por los pobladores sobre aquella que se vende en garrafones y es purificada por procesos industriales, se basa en la creencia de que está limpia y tiene mejor sabor; sin embargo, estudios técnicos han reportado presencia de contaminación y agentes patógenos en el agua al salir de los manantiales. En

este caso, la creencia popular contradice a los datos técnicos, lo que representa un riesgo importante para la salud de los consumidores.

En el caso de Miahuatlán, el pago por el servicio de agua se limita a una cuota voluntaria de 40 pesos al mes, ya que no existe un sistema de medidores. Todos los encuestados reportaron sufrir escasez de agua en época de sequías y un alto porcentaje (55%) dijo que durante ese periodo ha llegado a quedarse sin acceso al agua hasta por más de cuatro días. Frente a esta situación, pocas viviendas se encuentran equipadas con recipientes de gran volumen para almacenar agua; solo un 40% de las viviendas en las que se aplicó la encuesta cuenta con tinaco o pila, en algunas almacenan el agua en tambos (13%) y en muy pocas han construido cisternas (3%). Mientras tanto, un porcentaje considerable de viviendas (14%) reportó tener fugas de agua con cierta periodicidad.

Durante el estiaje, los hogares asumen los costos del suministro ya sea acarreando agua de la llave pública, comprándola en pipa o, en el caso de Naolinco, a los “burreros”. Es interesante notar que, a este respecto, la mayoría de los encuestados atribuyó la escasez de agua al crecimiento poblacional (25%) y con menor frecuencia a deficiencias en el servicio o infraestructura (13%). Un número considerable (29%), lo asocia con el cambio climático o bien con problemas técnicos sin atribuirle responsabilidad concreta a nadie.

En lo que se refiere a las opiniones de los encuestados sobre el servicio que ofrece el organismo operador del agua en su localidad, 35% consideró que este provee un mal servicio, mientras que 21% piensa que el pago actual que realiza por el servicio del agua es poco, 20% piensa que es adecuado y 29% lo considera excesivo. El resto de los encuestados prefirió dar respuestas evasivas. Sin embargo, las opiniones se dividen a la mitad cuando se les pregunta si consideran justas las tarifas del servicio de agua, lo que implica una comparación con lo que otros pagan. En esta misma línea, las valoraciones de los usuarios sobre la calidad del agua que llega a sus viviendas por la red pública son en general negativas (67% consideró que el agua que recibe es de mala calidad), mientras que un alto porcentaje (70%) dijo utilizar técnicas domésticas para mejorar esta condición.

En relación con el conocimiento que tienen sobre el financiamiento del organismo operador y su relación con el pago de los ciudadanos por el servicio, 30% de los usuarios consideró que las cuotas se destinan principalmente al mantenimiento de la red, 14% que se usan para gastos administrativos del organismo operador, y

el resto (56%) divide sus opiniones entre aquellos que consideraron que se emplean para aportaciones al gobierno estatal y los que afirmaron desconocer el destino de estos fondos. A la pregunta sobre el conocimiento de la normatividad que regula las prácticas de los usuarios del agua, 55% de los encuestados declaró no saber si existe una reglamentación al respecto, mientras que 47% dijo no conocer las sanciones que existen para quienes hacen un mal uso del agua.

Otros estudios similares al que aquí se presenta (Aledo Tur y Domínguez Gómez, 2001) han reportado que el desconocimiento o subestimación del valor de las normas en materia de gestión del agua se asocia con la creencia de que todos operamos de manera individualista, visión que se ve reforzada por un comportamiento institucional impredecible. En contraste con las opiniones negativas de los encuestados sobre el desempeño del organismo operador o de la calidad del servicio, cuando se les pidió que declararan a quién consideraban el principal responsable de que todos los habitantes pudieran contar con agua en cantidad y calidad suficiente, la mayor parte de ellos (50%) respondió que eran los ciudadanos en su conjunto, un número menor (40%) dijo que el gobierno y muy pocos consideraron (10%) que algunos ciudadanos en particular son los principales responsables de que esto ocurra.

El hecho de que estas respuestas se dividan por mitad entre la responsabilidad ciudadana y estatal no concuerda con otras opiniones relacionadas con la evaluación del desempeño del organismo operador ni con un sentido de participación real de los ciudadanos en las soluciones (fugas en sus viviendas o falta de lugares para almacenar agua, por ejemplo). Esta vaguedad entre responsabilidad ciudadana y estatal aparece de nuevo cuando se analizan las representaciones del agua que expresan los habitantes de estas dos localidades.

La mayor parte de las personas que respondieron la encuesta (60%) considera al agua como un *recurso natural* cada vez más escaso y como una *sustancia indispensable para la vida humana*. Un menor porcentaje la concibe como un *bien económico* que debe tener un precio justo (18%) o bien como un *servicio público* al que todos debemos tener acceso (18%).

Por otro lado, en respuesta al reactivo en el que se ofrecía una oración para ser completada por ellos, “El agua es...”, una gran parte de los encuestados se refirió al agua en su carácter vital (60%), mientras que 6% hace un juicio negativo de su calidad y 4% se refiere a ella en relación con su utilidad en tareas domésticas. En con-

traste, al solicitarles la primera idea que le viniera a la cabeza cuando piensan en el agua, 60% mencionó su mala calidad o el hecho de estar contaminada, mientras que casi 20% se refirió a su escasez. Es decir, al utilizar este segundo reactivo, la mayoría de las respuestas (80%) tuvo una connotación negativa. Esto puede explicarse como producto del contraste entre imágenes descontextualizadas en el caso del primer reactivo, e imágenes *normativas* en el segundo. En consecuencia, con lo observado en las respuestas al segundo reactivo, al pedirles que manifestaran “qué les gustaría que ocurriera” en relación con el agua, a 75% le gustaría que “estuviera más limpia” o bien que su calidad fuera “potable”, mientras que 15% desearía que no hubiera escasez y 6% refiere la idea de que “los ciudadanos la cuidaran”.

Si se leen estos resultados en relación con las opiniones de los encuestados sobre la calidad del servicio de agua en su localidad y el desempeño del organismo operador, es posible encontrar que las representaciones sociales sobre el agua están asociadas al tipo de valores que se le asignan y al nivel de efectividad percibida de acuerdo con las formas de control individual y colectivo sobre la gestión y manejo del agua (Biagi y Ferro, 2011).

Para explicar esto, algunos autores han descrito dos posibles representaciones normativas sobre el ambiente. La primera considera que las condiciones ambientales pueden mejorar a partir del autocontrol de las propias acciones, mientras que una segunda representación considera que es necesaria la coerción externa (Corral-Verdugo y Frias-Armenta, 2005). La paradoja es que mientras se manifiestan posiciones que consideran a las acciones individuales como la principal solución al problema, al mismo tiempo expresan una preferencia por el “locus externo de control” sobre los problemas, es decir, la formulación de reglas y su aplicación por parte de las autoridades. Esta misma condición explica por qué la mayoría de los encuestados (83%) declaró saber de dónde proviene el agua que surte a su localidad, aunque en muchos de estos casos sus respuestas fueron poco precisas; se hace evidente la delegación que los individuos hacen a las autoridades locales con respecto del abasto de agua, al volverlas prácticamente las responsables absolutas.

Las contradicciones e inconsistencias entre “lo deseado” y “lo que debería ser”, así como en la identificación de responsables en el manejo del agua, deja ver una mezcla de representaciones que se asocian con los distintos modelos hídricos planteados por Aboites (2009), como si estos coexistieran en el imaginario

colectivo. Esto pudo observarse también en conversaciones y entrevistas que se realizaron para profundizar las respuestas obtenidas en la encuesta. Se pudo notar una cierta nostalgia y orgullo por las obras de ingeniería que se hicieron en las localidades durante las primeras décadas del siglo XX para “proveer de agua al pueblo”, imagen que se asocia al poder del Estado para cumplir con esta encomienda. Mientras que en otros momentos y casos aparece en los discursos una “conciencia ecológica” que las personas dicen haber adquirido más por campañas de los medios de comunicación que mediante una evaluación directa de los problemas, mismos que se asocian más a las deficiencias actuales de operación del organismo operador.

Esta yuxtaposición de imágenes y contradicción en algunas opiniones indica que no existe una posición clara respecto a la eficacia/eficiencia estatal y a las estrategias de participación ciudadana en el manejo del agua en la zona. El testimonio de una mujer de setenta años revela la posibilidad de que diferentes generaciones elaboren distintas representaciones sociales del agua asociadas con cada uno de los modelos hídricos referidos al principio de este documento y que al final pueden coexistir en el imaginario colectivo: “Yo no sé por qué mis sobrinos andan preocupados por que se acabe el agua porque se están acabando los bosques y manantiales, yo digo que lo importante es que el gobierno garantice que nos llega agua a la llave” (Anónimo, 2020).

CONCLUSIÓN

El 8 de febrero de 2012 se publicó en el *Diario Oficial de la Federación* la reforma al artículo 4º constitucional, según la cual se reconoce el derecho humano al agua y saneamiento. Considerar este derecho implica que el Estado mexicano está obligado a garantizar el acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. Hacer esto implica atacar el problema del agua enfrentando obstáculos económicos, políticos y sociales de largo aliento en México. Esto explica el retraso en la definición de los lineamientos normativos y operativos específicos que posibiliten tales condiciones mediante la participación de la Federación, las entidades federativas, los municipios y la ciudadanía.

Mientras tanto, han surgido algunas propuestas de la sociedad civil encaminadas a garantizar el acceso universal y sustentable al agua en nuestro país. A lo que apuntan tales propuestas es a lograr un estilo de gobierno en el cual se convoque la colaboración de agentes públicos, de mercado y del sector social para el logro de objetivos de desarrollo. Es decir, alcanzar una gobernanza efectiva implica “un nuevo estilo de gobierno, distinto del modelo de control jerárquico, caracterizado por un mayor grado de cooperación y por la interacción entre el Estado y los actores no estatales al interior de redes decisionales mixtas entre lo público y lo privado” (Mayntz, 1998; p. 1).

De esta forma, se busca que la convergencia y suma de fuerzas entre Estado y sociedad civil no tenga como fin último favorecer la legitimación de quienes detentan la autoridad mediante mecanismos de democracia representativa, sino que proporcione los medios para conciliar intereses y emprender acciones que mejoren el bienestar social.

Si se aplica esta idea de gobernanza al terreno de la gestión del agua, es posible reconocer, tal como expresa Terán (2007), “que la promoción de iniciativas y políticas públicas debería darse en un contexto donde los consumidores domésticos, productores campesinos o comunidades indígenas sean capaces de cuestionar, por ejemplo, los imaginarios sobre la crisis global del agua, las obsesiones sobre la maximización de su productividad o la concepción reduccionista del agua en tanto bien económico.” (p. 28).

Para que esto pueda ocurrir es necesario que se concreten procesos de construcción de ciudadanía en materia de gestión del agua. Los resultados de este estudio sugieren que en la actualidad coexisten en el imaginario colectivo diferentes representaciones sociales del agua, las cuales están asociadas con los distintos modelos hídricos que han operado en el país durante las últimas cinco décadas. Es decir, al parecer, la memoria colectiva sobrepone imágenes referentes a la gestión del agua, lo que implica distintas formas de relación entre el Estado, los ciudadanos y el mercado.

Esta yuxtaposición no permite unificar criterios y llegar a acuerdos que sostengan la construcción de una ciudadanía tal que favorezca que las personas se unan para participar de modo efectivo en el diseño de estrategias de gestión socialmente justas y sustentables. Al parecer, solo en casos donde se ve amenazado el suministro, las personas optan por saltarse este paso y tomar acciones directas

para lograrlo. La pregunta es si esta será la forma común en que las poblaciones responderán a la normativa más reciente en materia de agua, misma que apunta a favorecer la inversión y la gestión privada.

REFERENCIAS

- Aboites, A. L. (2009). *La decadencia del agua de la nación; Estudio sobre desigualdad social y cambio político en México, Segunda mitad del siglo XX*. Ciudad de México: El Colegio de México.
- Aledo Tur, A., y Domínguez Gómez, J. A. (2001). *Sociología ambiental*. Alicante: Grupo Editorial Universitario. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/2725>
- Biagi, M. (2010). El agua en el medio urbano de Argentina: la brecha entre pensar y hacer. II Taller Internacional sobre Sinergias Ambientales entre Aguas Continentales y las Marinas [Environmental synergies. Governance and water sustainable management. Water in urban environments of Argentina. The gap between thinking and doing]. Buenos Aires, Argentina: Mnemosyne.
- Biagi, M. y Ferro, M. (2011). Ecological Citizenship and Social Representation of Water. Case Study in Two Argentine Cities. *SAGE Open*, 1 (2). Julio-Septiembre. <https://doi.org/10.1177/2158244011417897>
- Coneval. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (2010). Medición de la pobreza a nivel municipio. <https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Medicion-de-la-pobreza-municipal-2010.aspx>
- Corral-Verdugo, V. y Frías-Armenta, M. (2005). Personal normative beliefs, antisocial behavior, and residential water conservation. *Environment and Behavior*, 38, 406-421. <https://doi.org/10.1177/0013916505282272>
- Edelman, M. (1976). *The Symbolic Uses of Politics*. Urbana: University of Illinois Press.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática., 2010. Censo Nacional de Población y Vivienda.
- Jodelet, D. (1986 [1984]). La representación social: fenómenos, concepto y teoría. En S. Moscovici (Ed). *Psicología social*. Vol. II (p. 472). Editorial Paidós, Buenos Aires.
- Kloster, K. (2014). La construcción de ciudadanía y los conflictos por el agua. En De Alba-Murrieta, F. y Amaya-Ventura L. (Eds). *Estado y ciudadanías del agua: cómo significar las nuevas relaciones* (p. 65). DCSH-UAMC. Ciudad de México.
- Lefebvre, H. (1974). *The production of space*. Oxford: Blackwell.

- Mayntz, R. (1998). New challenges to the Governance theory. Jean Monnet Chair Paper RSC (98/50). European University Institute Badia Fiesolana. San Domenico, Italia. <https://cadmus.eui.eu/handle/1814/23653>
- Surel, Y. (2008). Las políticas públicas como paradigmas. *Estudios Políticos*, (33), 41-65. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=16429061007>
- Terán, J.F. (2007). *Las quimeras y sus caminos: la gobernanza del agua y sus dispositivos para la producción de la pobreza rural en los Andes ecuatorianos*. CLACSO. Buenos Aires. <https://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/clacso/crop/teran/>
- Watts, M. (2003). Development and Governmentality. *Singapore Journal of Tropical Geography*, 24 (1), 6-34. DOI: [10.1111/1467-9493.00140](https://doi.org/10.1111/1467-9493.00140)

MONITOREO Y EVALUACIÓN: LA CALIDAD DEL AGUA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO NAOLINCO

CLEMENTINA BARRERA BERNAL

EL AGUA EN LA MICROCUENCA

La microcuenca del río Naolinco tiene una red de importantes recursos hídricos superficiales y subterráneos. Este río nace en las estribaciones de la Sierra de Chiconquiaco y desemboca en el cauce del río Sedeño, los beneficios de sus aguas se extienden a lo largo de este recorrido y proporciona diversos servicios ambientales a casi quince mil veracruzanos que habitan en los municipios de Miahuatlán, Naolinco y Tonayán. Las corrientes superficiales del río, descritas en el capítulo inicial, recorren a lo largo de 65.85 km áreas de bosque mesófilo de montaña, potreros, cultivos y poblados. Sus aguas son extraídas para el ganado, la industria lechera, uso doméstico o riego; ya sea en tomas comunitarias, en desviaciones de los cursos de agua, en pequeños embalses, en pozos; en cajas o tanques que complementan el abastecimiento de agua para los diversos usos. Esta presión ambiental por la extracción de agua, principalmente en la parte alta de la microcuenca, se ve incrementada por la descarga de aguas residuales sin tratamiento previo en toda la zona.

El área de estudio se encuentra dominada por la ganadería y en menor parte por la agricultura, ambas afectan de una manera significativa la disponibilidad de agua para el municipio de Naolinco, así como su calidad (CMAPS, 2007). La práctica de la ganadería provoca competencia en el consumo del agua entre las personas y el ganado, pues el ganado consume grandes cantidades de agua y la población de Naolinco depende casi en su totalidad del agua de sus manantiales y corrientes

superficiales para destinarla a uso doméstico. En la parte alta de la microcuenca las corrientes superficiales se contaminan por disposición inadecuada de residuos sólidos, por excremento de ganado o por descargas de aguas residuales de las comunidades que no cuentan con drenaje sanitario ni sistemas para tratarlas. En el poblado de Miahuatlán se localizan alrededor de 15 procesadoras de leche que la transforman, diariamente, en quesos y otros productos. Las aguas residuales y de proceso de esas microempresas se descargan sin tratamiento al drenaje y se juntan con las aguas residuales domésticas para formar aguas mixtas que, se incorporan al río Naolinco. En consecuencia, el río recibe altas concentraciones de carga orgánica y se convierte en un recurso hídrico muy contaminado (UV, 2010).

Un alto porcentaje de la población vive en las zonas urbanas ubicadas en los márgenes de la corriente principal del río, por lo que la parte baja de la microcuenca recibe impactos por actividades urbanas de pequeñas industrias, emprendimientos productivos (criaderos de cerdos), asentamientos irregulares con fosas sépticas y disposición inadecuada de residuos sólidos; adicionalmente las aguas residuales domésticas de San Marcos Atexquilapan y Naolinco también son descargadas al cauce del río sin ningún tratamiento. A partir de que el drenaje de las localidades se vierte a las corrientes tributarias se ha agravado la contaminación y también la escasez, esta última se hace presente con mayor intensidad en el poblado de Naolinco, pues la población se surtía de agua del río en época de estiaje y además algunos manantiales y sitios de captación para agua de uso doméstico se localizan en los márgenes de este río contaminado. Como los sitios de captación de agua para uso doméstico se localizan cerca de las márgenes existe la sospecha de una posible contaminación por filtración de aguas negras provenientes de la corriente principal. Los pobladores de Naolinco tienen graves problemas de abastecimiento de agua potable y falta de agua para uso agrícola y pecuario, debido a que su principal fuente de abastecimiento se encuentra en malas condiciones.

El agua de las corrientes superficiales de la microcuenca se destina al uso público urbano, el volumen anual de escurrimiento es de aproximadamente 10.14 millones de m³ (cálculo con base en NOM-011-CNA-2000) que representa cerca del 4.3% del volumen total que escurre en la cuenca del Sedeño (CSVA, 2007). Se aprecia también extracción del agua subterránea, en algunas zonas, para uso doméstico, uso agropecuario y para uso de las microindustrias procesadoras de lácteos. El gobierno municipal de Naolinco toma agua de forma directa del punto

conocido como “La Ermita” y abastece de agua para uso doméstico a la mayoría de su población, lo que ha suscitado la inconformidad de los pobladores de las partes altas de la microcuenca, ya que consideran que hay sobreexplotación del agua superficial, que genera disminución de agua y que Naolinco no ha cumplido con algunos convenios firmados a cambio del líquido. Como la cantidad y la calidad del agua no es adecuada y no se tienen soluciones a corto plazo se generan fricciones sociales entre los habitantes de esos municipios vecinos. Los habitantes de Naolinco reclaman la contaminación del río a los pobladores de Miahuatlán, mientras que estos protestan por la extracción del agua. El exalcalde de Miahuatlán (período 2008-2010), señaló que la administración del exalcalde de Naolinco, en ese mismo período, no dio cumplimiento a un convenio firmado hace años a cambio de agua. Un director de la Comisión Municipal del Agua Potable y Saneamiento de Naolinco dijo que este municipio recibe agua de varios afluentes pero que de los arroyos “El Coralillo” y “La Ermita”, ubicados en Miahuatlán, se satisface el 75% del agua en esa población. También indicó que las aguas negras de este municipio se descargan hacia el río que lleva agua a Naolinco y la contaminan por lo que no puede ser distribuida entre la población naolinqueña (ACP, 2008). Durante los talleres de audiagnóstico efectuados al inicio del proyecto FOMIX-94211 la contaminación del agua fue señalada como problema ambiental prioritario en Naolinco y la escasez en Miahuatlán, situaciones que han sido señaladas repetidamente en diversos documentos y planes desde hace varios años (COMUDERS, 2003).

El problema y la disputa no son nuevos, pero tampoco lo es la búsqueda de soluciones. En dos administraciones gubernamentales estatales (alrededor de 1990 y 2000) se instalaron, cerca de “La Ermita”, sistemas para el tratamiento de las aguas residuales municipales de Miahuatlán los cuáles nunca funcionaron por problemas económicos y de diseño. A finales del 2010 e inicios de 2011 la administración municipal inició la rehabilitación de los módulos de tratamiento construidos, el proyecto presentado era adecuado para depurar las aguas residuales domésticas pero no las aguas residuales mixtas resultantes de la mezcla con las descargas de la microindustria quesera, incluso un exalcalde de Miahuatlán (período 2011-2013) promovió una reunión con la Universidad Veracruzana y una Comisión de la Cámara de Diputados local (24 mayo 2011) para analizar la posibilidad de reactivarla. Sin embargo, para que esa iniciativa fuera exitosa debió ir acompañada de la clausura de las descargas de aguas residuales de la industria láctea al drenaje

municipal y de dos acciones fundamentales: a) la recuperación del lactosuero y/o b) el tratamiento de las aguas residuales lácteas. En la corriente principal del río Naolinco confluyen varias corrientes tributarias, todas reciben localmente diferentes nombres en cada tramo (ver mapa capítulo 3) desde su nacimiento a los 2 460 m de altitud hasta su salida en la cascada a 1 180 m de altitud. Autoridades, ciudadanos, académicos y estudiantes pudieron recorrerlas a lo largo del tiempo que duró el proyecto, las descripciones que se presentan a continuación fueron realizadas tomando en cuenta los datos colectados durante los recorridos y la información de los trabajos recepcionales de licenciatura y posgrado realizados antes y durante este proyecto.

En este capítulo se describen solo aquellas corrientes superficiales tributarias o afluentes que funcionan como fuentes de abastecimiento para diferentes usos. Comenzaremos con la parte alta y noroeste de la microcuenca, ahí se localiza el afluente “Buenavista”, perteneciente al municipio de Naolinco, que posee una pequeña caja captadora de la cual se descarga agua por gravedad a la ciudad de Naolinco. Otro afluente “El Durazno”, ubicado en Miahuatlán recibe aportaciones de tres pequeños tributarios nombrados “El Mirador”, “La Puente” y “El Saltillo”; entre ellos resalta “La Puente” sitio de captación para dotar de agua al barrio de San Miguel. “El Durazno” se transforma en “Los Pies” que recibe los escurrimientos de “Colorado”, corriente en donde se ubica el sitio de captación denominado “El Charco”, del agua de este lugar se surten los pobladores del barrio de Santa Inés. En la parte noreste se localizan los afluentes “El Pedregal”, “La Mina-Miahuatlán” y “El Coralillo” los cuáles proporcionan agua para uso doméstico a los barrios de San Antonio y Santiago y a la colonia Carolino Anaya; las tres corrientes también confluyen con “Los Pies” e inician el tramo denominado río Naolinco, a los 1 760 msnm. En toda esta zona los habitantes de Miahuatlán en conjunto con las autoridades municipales han implementado sus propios sistemas de distribución del agua, ya sea por medio de mangueras o por tubería de PVC, el agua se distribuye a llaves comunitarias o directamente a las viviendas.

Aunque la demanda de agua en Miahuatlán es grande en este municipio no existe el Organismo Operador de Agua Potable y Alcantarillado, sobre la base de usos y costumbres han desarrollado sus propios sistemas de conducción de agua, la cual toman de las distintas corrientes superficiales. Tampoco tiene reglamento solo hay acuerdos para el consumo de uso doméstico, pero no para los usos agro-

pecuario e industrial. En cuanto a infraestructura para agua y saneamiento (INEGI, 2015), el poblado de Miahuatlán es quien menos infraestructura hidráulica posee, 67% de las viviendas cuentan con agua entubada comparado con el 95.23% de El Mirador, lo que se compensa con la distribución de agua a través de mangueras. En la parte baja de la microcuenca continua el “río Naolinco” el cual recibe aportaciones de la zona de manantiales conocida como “El Pato” y de las corrientes “San Lorenzo”, “La Mina-Naolinco” y “San Marcos” se descarga el caudal en la zona de la cascada.

Hernández (2011) realizó una descripción del sistema de abastecimiento de agua de Naolinco a continuación se retoman elementos importantes. Menciona que desde hace un poco más de 125 años un cacique de la zona gestionó el agua para Naolinco, desde las zonas altas el agua se transportaba al poblado por medio de un canal de piedra que iniciaba en La Toma Vieja, cerca de la comunidad de San Marcos Atexquilapan. Tiempo después el canal de piedra fue sustituido por atarjeas, las cuáles atravesaban algunas calles de la comunidad y llegaban al Barrio de las Tenerías, este sistema funcionó por casi 40 años y distribuía agua a las casas cercanas al mismo. Hay una red central que funciona desde hace cerca de 60 años y cuenta con tres extensiones. La primera parte de la red es de metal, provocando la corrosión en ciertas partes de la tubería además por el poco mantenimiento se tapaba ocasionalmente. Sin embargo, la segunda parte se hizo de asbesto-cemento que, además de ser dañino para la salud, es poco resistente, siendo este factor el causante de las fugas de agua. La tercera extensión de la red se hizo para las casas ubicadas a los alrededores de la mancha urbana, utilizando PVC hidráulico, un material más apropiado.

A lo largo de los afluentes del río y sobre su caudal se localizan los diferentes puntos de extracción, denominados “tomas”, del sistema de suministro de la población de Naolinco. El abastecimiento principal obtenido de “La Ermita” no recibía tratamiento potabilizador, a pesar de que en el año 1998 se construyó una planta para tal fin, durante la administración municipal 2018-2021 se ha rehabilitado el sistema de potabilización. En los depósitos de colecta o cajas receptoras ubicados dentro de la localidad se lleva a cabo un proceso de saneamiento básico del agua por cloración. El agua circula por una línea de conducción general que termina en la localidad de Naolinco, en su trayecto posee derivaciones cuyo propósito es dotar de agua a otras localidades. De acuerdo con comentarios de los habitantes

de la cabecera municipal, el servicio es deficiente porque la red de conducción se encuentra en mal estado y constantemente se rompe provocando que el agua no llegue a su destino; esta situación provoca que el abastecimiento se suspenda hasta por cinco días consecutivos. La línea de conducción instalada es una tubería de PVC de 8" de diámetro (PDURCN, 2002).

El sistema de suministro de agua de la cabecera municipal de Naolinco se completa por ocho sitios localizados en las corrientes de "Jacales", "Pocitos", "Culebras", "Jonote", "Buenavista", "Aposantillo", "La Mina-Naolinco" y "La Ermita"; además de dos manantiales "Agua Santa" y "El Chorro"; cuya importancia es que ellos aportan el agua que utiliza la comunidad al ser captados por su sistema de suministro (CMAPS, 2007). El sitio "Buenavista" ubicado en la parte alta se surte de un manantial, tiene una caja colectora, sin protección y se ubica en el municipio de Naolinco. El agua se canaliza a través de una tubería de 8" de diámetro, a 200 m abajo la tubería disminuye a un diámetro de 6" y se mantiene así, dos km hasta llegar a la comunidad de San Marcos Atexquilapan. En este último punto la tubería disminuye para hacerse de 2 ½", por aproximadamente 4 km, este sitio se encuentra en buenas condiciones y el gasto aproximado es de 7 a 8 L/s, siendo así la segunda fuente más productiva de agua. "La Ermita" se ubica sobre la corriente principal del río Naolinco, en la colonia La Reforma del municipio de Miahuatlán. Es la confluencia de todas las corrientes tributarias de la zona alta de la microcuenca del río. El agua se canaliza por medio de una tubería de 8" de diámetro y un km de largo, después se reduce a 6" durante tres kilómetros. Se considera que es la principal fuente de abastecimiento pues contribuye con las tres cuartas partes del volumen consumido por la cabecera municipal de Naolinco, tiene un gasto o caudal aproximado de 20 a 22 L/s. El Arroyo de La Mina, en Naolinco, posee dos represas "La Mina-Naolinco 1 y La Mina-Naolinco 2", ambas acumulan escurrimientos superficiales, su caudal es de 6 L/s por lo que se le considera como la tercera fuente de abastecimiento más importante en el municipio.

Los sitios de "La Ermita", "La Mina-Naolinco 1 y 2" funcionan como fuente de agua para uso doméstico, el agua de los mismos llega a los hogares por medio de tuberías de metal o PVC, el líquido se utiliza para el lavado de utensilios, limpieza del hogar e higiene personal. Los manantiales sirven de abastecimiento para consumo humano, utilizando el agua para cocinar y beber, las personas toman el agua de las llaves colocadas en las cajas receptoras. El manantial "El Chorro"

está ubicado en la zona urbana de Naolinco, el agua se almacena en un depósito donde la gente tiene libre acceso y puede tomar agua mediante llaves de paso. El manantial nace en la calle Vicente Guerrero dentro de la localidad a unos 300 metros de la caja de agua. El manantial “Agua Santa” es un nacimiento en rocas de acceso difícil, está protegido por una caja cerrada. Es la principal fuente de abastecimiento de agua de calidad para consumo doméstico en época de sequía y la caja receptora ubicada sobre la carretera también es utilizada por la comunidad debido a su acceso libre, el caudal que presenta este cuerpo de agua es de 1 1/2 litro por segundo, es un sitio emblemático dado que es común ver personas que trasladan agua en bidones de 20 litros que son cargados por burros hasta los domicilios. El manantial “La Fuente” es un nacimiento que se localiza camino a las cascadas, cuenta con una caja receptora y su acceso es difícil y peligroso. En la tabla 8 se presentan los tramos o afluentes que fueron valorados, el municipio donde se localizan y si son utilizados para distribuir el agua en la zona. En la figura 5 se presentan la ubicación de los sitios.

Tabla 8.- Afluentes y sitios de suministro de la microcuenca del río Naolinco.

Nombre del tramo / afluente	Tipo de suministro	Municipio
Barrio Santa Cruz	Manantial entubado*	Tonayán
Buenavista	Captación entubada ** , ***	Naolinco
El Durazno	Sin captación***	Miahuatlán
El Mirador	Sin captación***	Miahuatlán
La Puente	Captación entubada***	Miahuatlán
El Saltillo	Sin captación***	Miahuatlán
	Captación entubada (El Charco)*	Miahuatlán
Los Pies	Sin captación***	Miahuatlán
La Cumbre	Sin captación***	Miahuatlán
El Pedregal	Captación entubada***	Miahuatlán
La Mina Miahuatlán	Captación entubada***	Miahuatlán
El Coralillo	Captación entubada***	Miahuatlán
	Captación entubada (La Ermita) ***	Miahuatlán

Nombre del tramo / afluente	Tipo de suministro	Municipio
Acatlán	Sin captación*	Naolinco
El Pato	Sin captación*	Naolinco
San Lorenzo	Sin captación ***	Naolinco
San Marcos	San Marcos, sin captación *** La Toma, sin captación *** Entronque San Marcos N, sin captación ***	Naolinco
La Mina Naolinco	Dos captaciones entubadas **, *** Entronque La mina N ***	Naolinco
Naolinco	Puente Colgante sin captación **, ***	Naolinco
	Manantial “El Chorro” ** Manantial “Agua Santa” ** Manantial “La Fuente” **	Naolinco

Fuente: Elaborada con datos de Martínez, 2010 y Hernández, 2011

*Sin monitoreo, ** Monitoreo Ciudadano Comité de Agua Naolinco, *** Evaluación Universidad Veracruzana

El concepto calidad del agua es usado para describir las características, químicas, físicas y biológicas del agua, para lo cual existen una serie de parámetros cuyo valor de calidad depende del uso final que se le vaya a destinar al agua, sea para uso agrícola, para consumo humano, para actividades recreativas, etc. La calidad del agua potable es importante para la población, es fundamental para asegurar un medio ambiente sano y para la salud humana; si la calidad del agua para consumo humano no se encuentra en óptimas condiciones puede ocasionar enfermedades tales como diarrea, cólera, etcétera.

Para determinar la calidad del agua es necesario realizar una serie de análisis en donde se deben determinar la concentración de algunos parámetros agua como son: pH, cloro residual, turbiedad, nitrógeno de nitratos, sólidos disueltos totales, y coliformes totales y fecales, y que estos parámetros se encuentren en las concentraciones permitidas en los distintos ordenamientos legales. En la microcuenca la calidad del agua se valoró por las instituciones y por los

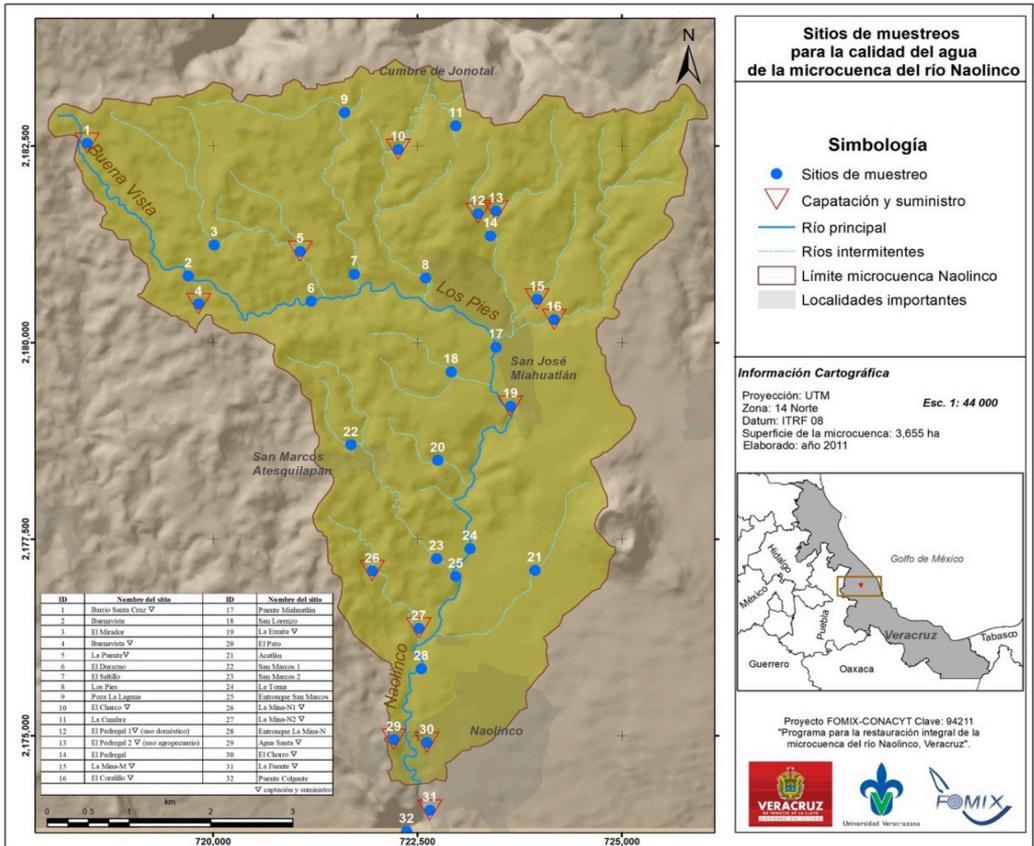


Figura 5. Corrientes superficiales y sitios de suministro de agua evaluados en la microcuenca del río Naolinco Fuente: Elaborada con datos de Martínez, 2010 y Hernández, 2011.

ciudadanos de forma casi paralela, pero con diferente metodología. El agua de abastecimiento público fue valorada a través de un comité ciudadano usando la metodología recomendada por Global Water Watch (GWW, Deutsch *et al.*, 2005). La calidad del agua de las corrientes superficiales que tiene diversos usos fue valorada por la Universidad Veracruzana y se utilizó para ello el índice de calidad del agua (ICA) de la National Sanitation Foundation (NSF) de Estados Unidos (NSF, 2005).

EL MONITOREO CIUDADANO DEL AGUA EN LOS SITIOS DE CAPTACIÓN

Era necesario generar un espacio donde se analizarán de manera integrada los problemas de la microcuenca, en términos hidrográficos y sociales, por lo que el equipo universitario y los ciudadanos formaron comités, en dos de los municipios más representativos. La idea original fue crear un comité ciudadano para toda la microcuenca, pero no fue posible debido las discrepancias entre los pobladores de Miahuatlán y Naolinco. Estos comités ciudadanos intentaron involucrar a la sociedad con las dificultades que afrontan los ríos, resaltar la importancia de su conservación y generar algunas propuestas. Cada comité fue formalizado y para su funcionamiento se organizaron diversas comisiones que atendían temas específicos, por ejemplo: reforestación, educación y calidad del agua. Al finalizar el 2010 se lograron consolidar los comités junto con sus comisiones, logrando la incorporación de los ciudadanos.

Una tarea asignada a la comisión de calidad del agua fue el monitoreo ciudadano de los sitios de captación. Este monitoreo, en el marco nuestro proyecto, tuvo como premisa impulsar el seguimiento ambiental participativo para revalorizar el lugar de la ciudadanía integrándola en un diálogo con las autoridades ambientales locales, los técnicos municipales y las organizaciones ambientalistas. La población de Miahuatlán y Naolinco podría contar, a través de una comisión de calidad del agua, con resultados tangibles de las características fisicoquímicas y microbiológicas de los puntos de abastecimiento de la comunidad. Los datos también sirvieron para dar seguimiento del proyecto y fueron útiles a la comunidad como información técnica para realizar propuestas de mejora y protección de estos sitios, por ejemplo, la Comisión Municipal de Agua Potable y Saneamiento (CMAPS) de Naolinco pudo utilizar los resultados del diagnóstico de la calidad del agua para establecer algunas señales de alerta. La comisión de calidad del agua integrada por ciudadanos interesados fue capacitada siguiendo los protocolos de Global Water Watch (GWW), después se diseñó un sistema de monitoreo mensual en los principales sitios de captación de agua para uso doméstico localizados en la microcuenca del río Naolinco y se acordó que las personas que quisieran integrarse a la comisión podrían hacerlo de manera voluntaria, sin fines de lucro, con el único requisito de acreditar el curso de capacitación impartido por GWW. La comisión de calidad de agua realizó los monitoreos, organizó la información y fue el enlace con

los encargados de la Comisión Municipal de Agua y Saneamiento. Este vínculo es el que posibilitó la aplicación inmediata de medidas correctivas.

La capacitación y reflexión acerca de las técnicas de monitoreo y el significado ambiental de los datos constituyeron un ejercicio educativo en sí mismo. El monitoreo se diseñó con base en las preocupaciones de los ciudadanos guiados por la experiencia de GWW e incorporó sugerencias sobre aspectos que GWW consideró relevantes y pone a consideración de los interesados. De este modo, se monitorearon los sitios y parámetros de interés para la comunidad y conforme se incrementaron sus capacidades de análisis de la cuenca, se redujo la forma y frecuencia de intervención de GWW. Cuando un grupo de ciudadanos analiza los datos obtenidos puede orientar sus acciones hacia la educación ambiental, la protección y restauración o la gestión y política. Los nuevos datos se van incorporando a un conjunto mayor de saberes, habilidades e intereses de la comunidad. Se conoce y se comparte la información haciendo posibles vínculos con otros ciudadanos y con las autoridades de la materia, así se fueron construyendo capacidades que detonaron o fortalecieron la autogestión en la comunidad.

Para el 2010 las comisiones de agua fueron certificadas en el monitoreo ciudadano de la calidad del agua utilizando las técnicas de GWW y se les dotó con el kit de materiales y reactivos necesarios para el monitoreo fisicoquímico y bacteriológico. El comité ciudadano de Naolinco fue el más participativo y consolidado con integrantes, hombres y mujeres, de diferentes perfiles. Durante ocho meses se monitorearon mes con mes siete fuentes de abastecimiento para la comunidad y la salida de la corriente principal del río Naolinco. Desafortunadamente la comisión de agua del municipio de Miahuatlán no logró integrarse y no se efectuó el monitoreo en este municipio. La comisión de monitoreo de calidad de agua de Naolinco trabajó desde septiembre del 2010 hasta abril del 2011. La elección de los puntos de monitoreo se realizó mediante la evaluación visual, se consideró el fácil acceso, lugares en zonas de bajo peligro, así como sitios estratégicos, que dotan a la comunidad de agua para consumo doméstico y que fueran representativos de la microcuenca. Cuatro de los sitios de monitoreo elegidos (“Buena Vista”, “La Ermita”, “La Mina Naolinco 1 y 2”) dotan de agua a los hogares naolinqueños a través de tuberías de metal o de PVC, el líquido se utiliza para el lavado de utensilios, limpieza del hogar e higiene personal. Los manantiales “El Chorro”, “Agua Santa” y “La Fuente”, sirven de abastecimiento para consumo humano, utilizando

el agua para cocinar y beber. El sitio “El Puente” es el punto donde descarga el río Naolinco, este lugar es el reflejo de una contaminación agresiva o del cuidado de la microcuenca aguas arriba, razón por la cual fue añadida al monitoreo. El monitoreo comunitario utilizó como medio inicial para la capacitación y determinación en campo el equipo portátil desarrollado por laboratorio La Motte y promovida por la Red Global Water Watch, impulsada desde la Universidad de Alabama (EUA). Cabe destacar que las técnicas aplicadas por este movimiento son aceptadas y reconocidas por la Agencia de Protección Ambiental de EEUU (Deutsch *et al.*, 2005).

Los parámetros fisicoquímicos dan una información extensa de la naturaleza de las propiedades físicas y químicas del agua (Samboni *et al.*, 2007) su análisis es rápido y fácil de realizar en comparación con otros métodos. Los análisis bacteriológicos ponen en manifiesto la presencia de bacterias que alteran y/o modifican la aptitud de agua para un uso determinado. Los ciudadanos de la comisión efectuaron el monitoreo durante el primer domingo de cada mes y midieron los parámetros fisicoquímicos siguientes: temperatura, pH, oxígeno disuelto, alcalinidad total, dureza total y turbidez. También incorporaron el monitoreo bacteriológico que consistió en la detección de *Escherichia coli* y otras bacterias coliformes en el agua, las cuales sirven de indicadores de contaminación fecal, para ello se utilizó el medio de cultivo Coliscan EasyGel, el cual es específico para la detección de coliformes fecales, en un rango variado de concentraciones. La información obtenida durante el monitoreo se capturó en una base de datos en Excel, donde se elaboraron gráficas y tablas para analizar los patrones generales de los parámetros analizados entre los sitios y a lo largo del monitoreo. Estos datos se compararon con los límites permisibles de calidad de la norma mexicana NOM-127-SSA1-1994 sobre salud ambiental, agua para uso y consumo humano. Una alumna de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la UV y ciudadana naolinqueña incorporada a la comisión organizó la información y la presentó como trabajo recepcional, el trabajo en extenso citado como Hernández, 2011, está disponible en línea. Después de analizar los resultados de cada uno de los parámetros en los diferentes sitios por separado a lo largo de los meses de muestreo se observó que el único parámetro ubicado fuera de los límites permisibles fue el oxígeno disuelto (figura 6). En algunos sitios el pH se encontró ligeramente ácido (pH 6), sin representar riesgo para la salud humana o la vida acuática. La turbidez se encuentra cerca de los límites máximos de la NOM-127-SSA1-1994.

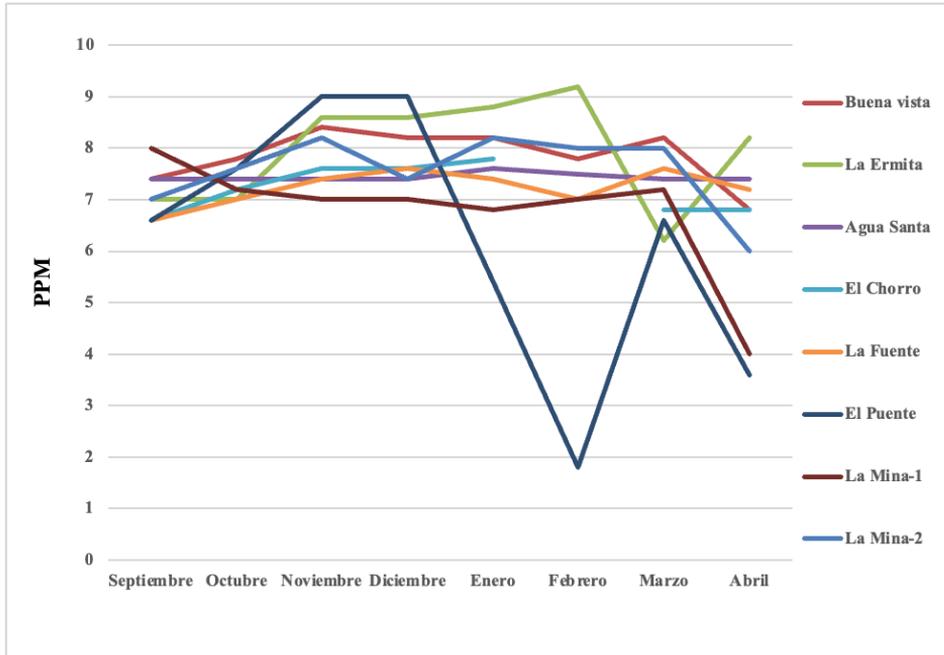


Figura 6. Oxígeno disuelto en los sitios de captación monitoreados durante el período septiembre 2010-abril 2011. Fuente: Modificada de Hernández, 2011)

También se graficaron los resultados del análisis bacteriológico en cada punto muestreado. El único sitio donde el comité del agua no realizó el análisis bacteriológico fue en “El Puente” dado el conocimiento de que recibe descargas de aguas residuales municipales. A lo largo de los diferentes monitoreos se pudo observar que el único punto libre de *E. coli* fue el manantial “Agua Santa”, principal tanque de abastecimiento en la comunidad. En el manantial “La Fuente” se encontraron grandes cantidades de *E. coli* (figura 7) pues los drenajes de casas arriba descargaban cerca del manantial contaminándolo de forma directa. En las márgenes de “La Ermita” se encuentran drenajes que van directo al río, además de criaderos de cerdos y ganado provocando la presencia de *E. coli*. De acuerdo con los resultados fisicoquímicos en Naolingo el sistema de suministro utiliza agua adecuada para uso y consumo humano pero el diagnóstico bacteriológico indica que algunos de

los sitios presentan contaminación fecal proveniente del ganado, de los residuos sólidos urbanos, de la falta de mantenimiento de la infraestructura de distribución del agua o de filtraciones del drenaje lo cual representa un riesgo para la salud de los consumidores. En la mayoría de los puntos muestreados, rebasó los límites permisibles de la NOM-127-SSA1.

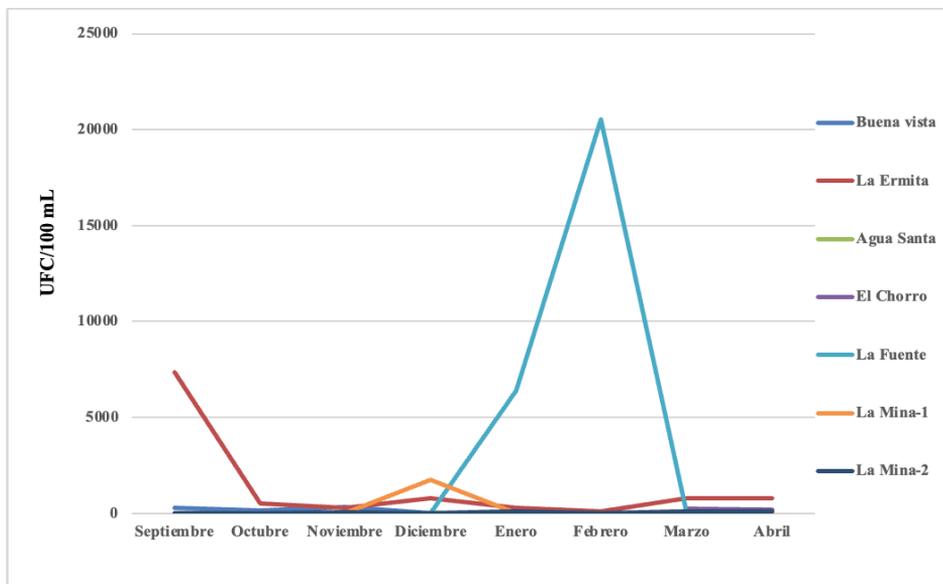


Figura 7. Coliformes fecales en los sitios en los sitios de captación monitoreados durante el período septiembre 2010-abril 2011. Fuente: Modificada de Hernández, 2011)

Un trabajo muy relacionado es el que realizaron Córdoba *et al.* (2007) para el suministro de agua de la localidad de Naolinco, usaron la misma propuesta metodológica y nada más se efectuó en la época de sequía. Los resultados son muy coincidentes sobre todo aquellos derivados del análisis bacteriológico.

Como los valores de los parámetros fisicoquímicos no rebasan la reglamentación arriba mencionada las medidas preventivas deben enfocarse hacia la parte bacteriológica. Las zonas que necesitan mayor atención respecto a la calidad microbiológica del agua en base a su prioridad son las siguientes: La Ermita >

La Fuente >Buena Vista >El Chorro >La Mina 1 > La Mina 2. La participación dio resultados científicos y educativos para el proyecto de la Universidad Veracruzana y para la población. La información obtenida sobre el estado de sus recursos hídricos y la identificación de la problemática en cuanto al agua les permitió proponer, a las autoridades administradoras del recurso, algunas acciones para mejorar el sistema de suministro de Naolinco. Los ciudadanos de este comité pasaron de la preocupación y la exigencia de agua de calidad a la presentación de propuestas y la colaboración con el organismo municipal operador del agua. Sin embargo, la participación también enfrentó resistencias e intereses, por ejemplo, los encargados del sistema de agua municipal los visualizaron como una competencia. Los vecinos suelen identificar situaciones ambientales irregulares que son canalizadas en la estructura administrativa tradicional pero frecuentemente quedan a mitad de camino sin resolverse. El entrenamiento en sistemas de monitoreo comunitario y la misma actividad de monitoreo ayuda a que los diferentes grupos de la comunidad y las autoridades se comuniquen con un lenguaje común, estableciendo un diálogo y abriendo oportunidades de gestión para un manejo adecuado del recurso.

LA CALIDAD DEL AGUA EN LAS CORRIENTES SUPERFICIALES

La estimación de la calidad del agua de los ríos urbanos es una actividad que ha tomado relevancia a nivel mundial. En las últimas décadas, se han incrementado los esfuerzos para realizar y poner en marcha programas de monitoreo, con el fin de evaluar la calidad del agua de las fuentes de abastecimiento de las ciudades (Torres *et al.*, 2009). La calidad del agua se puede determinar a partir de un índice de calidad (ICA) el cual es un instrumento matemático utilizado para integrar y transformar una gran cantidad de valores en un solo número y se ha empleado para evaluar la calidad de diversos cuerpos de agua (ríos, lagos, aguas subterráneas, etc.) basado en el uso de algunos de los parámetros físicos (temperatura, pH, conductividad, sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos totales, turbidez), químicos (nitrógeno amoniacal, demanda bioquímica de oxígeno, calcio, cloruros, demanda química de oxígeno, oxígeno disuelto, magnesio, nitratos, nitritos, aceites y grasas, fosfatos, sulfatos) y biológicos (coliformes totales y fecales). Al determinar el índice, se obtiene un valor final entre 0% (agua muy contaminada) y 100%

(agua de muy buena calidad), criterio fácil y comprensible, para administradores y tomadores de decisiones, sobre la calidad y los posibles usos de un determinado cuerpo de agua (Torres *et al.*, 2009).

En términos técnicos, el ICA es un indicador que puede ser de gran utilidad para evaluar las tendencias espaciales y temporales de un determinado cuerpo de agua (Sedeño-Díaz y López-López, 2007; Torres *et al.*, 2009), y que, a su vez, permite compararlo con otras fuentes con propósitos de gestión y toma de decisiones. De acuerdo a Samboni *et al.* (2007) a partir del primer reporte del Índice de Calidad del Agua (ICA) por Horton, en 1965, se han desarrollado en el mundo al menos 30 índices de calidad de uso común, que difieren entre sí en la forma en que se integran e interpretan estadísticamente los valores de los parámetros que lo componen. Los mismos autores mencionan que Brown y colaboradores (1970) desarrollaron un índice general de calidad del agua, que tiempo después la National Sanitation Foundation (NSF) de los Estados Unidos mejoró utilizando la metodología Delphi creando un ICA, con base en nueve parámetros: oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, fosfatos, sólidos disueltos totales, diferencia de temperatura y turbidez. El índice de la National Sanitation Foundation (NSF, 2005) se ha utilizado en trabajos de importancia a nivel mundial y resulta ser el más empleado y modificado en muchos países del mundo, tales como España, Brasil y Colombia, entre otros (Samboni *et al.*, 2007).

En México se han efectuado estudios en los que se aplica un ICA, uno de los más relevantes es el realizado por León (1988) quien presentó un sistema indicador de la calidad del agua, agrupando 18 parámetros dentro de un marco unificado, adaptó y modificó el modelo propuesto por Dinius, en 1987, y lo aplicó a determinaciones de calidad del agua de la Red Nacional de Monitoreo en el sistema de la cuenca Lerma-Chapala. CONAGUA comenzó a desarrollar un nuevo índice en sustitución del ICA que permita considerar la mayoría de las condiciones de las estaciones de medición de la Red Nacional de Monitoreo. Mientras tanto, para evaluar la calidad del agua decidió utilizar tres parámetros indicadores de la misma, que muestran la influencia antropogénica desde el punto de vista de la afectación por la presencia de centros urbanos e industriales que por sus características producen desechos líquidos de calidad diferenciable: la demanda bioquímica de oxígeno, la demanda química de oxígeno y los sólidos suspendidos totales (SEMARNAT, 2010), lo cual limita una visión integral de la calidad de los ríos porque se excluyen pará-

metros críticos de protección para la vida acuática y la salud humana. Nuestro país tiene el problema de que las autoridades federales, estatales y municipales no cuentan con datos actualizados de la calidad del agua de los ríos. Para evaluar la calidad del agua y clasificarla para un uso determinado, nuestro país cuenta con los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CE-CCA-001/89), que establecen los niveles de los parámetros y de las sustancias que se encuentran en el agua (SEMAR-NAP, 1989) para diversos usos.

En el monitoreo de la calidad del agua del río Naolinco realizado por la Universidad Veracruzana se eligieron sitios de acuerdo a las condiciones del lugar, su accesibilidad y las actividades productivas que se desarrollan en las proximidades. Una alumna de la Facultad de Biología de la UV participó en los recorridos, muestreos y realizó los análisis, presentó los resultados como trabajo recepcional, el trabajo en extenso está citado como Martínez, 2010. A partir de abril de 2009 y hasta marzo de 2010 en 18 sitios durante seis muestreos se colectaron muestras de agua en el cauce del río (figura 5), estos muestreos se agruparon para su análisis por periodos estacionales: primavera, verano, otoño e invierno. Los parámetros elegidos para el análisis de la calidad del agua fueron seleccionados de acuerdo a su uso en las técnicas de valoración del ICA propuesto por la NSF y su presencia en los criterios ecológicos. Los parámetros valorados *in situ* fueron oxígeno disuelto (OD) a través del método Winkler (APHA; 1998) y con un oxímetro marca HANNA HI 98168, el pH se midió utilizando un potenciómetro (CORNING-10) y la temperatura del agua con un termómetro (Brannan 76 mm de 0° a 50° C). Las muestras de agua se colectaron y preservaron de acuerdo al parámetro. Para el análisis de coliformes totales y fecales (CT y CF), fueron colectados 100 mL de agua en bolsas plásticas (THIO BAG), mismas que fueron almacenadas en hieleras pequeñas para su posterior análisis tal y como lo establece la NOM-AA-42-1987. Para la determinación de nitratos (N-NO_3^-), fosfatos (P-PO_4^{3-}), sólidos disueltos (SDT), demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), demanda química de oxígeno (DQO) y turbidez, se tomaron muestras de agua en garrafas de plástico de 2 L, que fueron etiquetadas con cinta de aislar donde se registró el nombre del sitio muestreado y la fecha correspondiente y colocadas en hieleras marca COLEMAN para su traslado y subsecuente análisis en los laboratorios de Calidad Ambiental de la Facultad de Biología-Xalapa de la Universidad Veracruzana. La determinación de los parámetros fue como sigue: demanda bioquímica de oxígeno a cinco días

(NMX-AA-028-SCFI-2001), demanda química de oxígeno (Hach Water Analysis Handbook método 800), turbidez (tubidímetro portátil, marca HANNA HI93703), nitratos (NMX-AA-079-SCFI-2001), fósforo total (NMX-AA-029-SCFI-2001) y sólidos disueltos totales Método 8200 (APHA,1998).

Con los resultados de los parámetros tomados en campo y los procesados en el laboratorio se elaboró una base de datos que incluyen: el nombre de cada uno de los sitios muestreados y el resultado de los análisis. Para calcular el ICA de la NSF se utilizó el procedimiento disponible en: <http://www.water-research.net/watrqua-lindex/index.htm>. Los resultados del ICA fueron clasificados utilizando la escala de calidad ahí sugerida: 10-25% muy mala, 26-50% mala, 51-70% media, 71-90% buena 91-100% excelente. Posteriormente, para cada uso del agua se estimó el nivel de contaminación y las medidas de remediación tomando como base las propuestas de León (1988).

En la tabla 9 se presentan los valores porcentuales agrupados por período estacional con los promedios por estación del año y por sitios muestreados. En primavera y verano los valores más bajos se calcularon en “La Toma” (24.50%, 29.71%) y los más altos en “El Coralillo” (73.04%, 76.80%), en otoño el dato más bajo (37.63%) se registró en el entronque del arroyo La Mina y el río Naolinco y el más alto en “El Pedregal” (77.30%) para el invierno en “La Toma” se registró el valor menor (17.91%) y en “La Ermita” el valor más alto (68.94 %). Con estos rangos la calidad del agua fue de muy mala a buena. Con base en el promedio del ICA por sitio podemos decir que el agua de mejor calidad se encuentra en “El Coralillo” (70.79%) y la de peor calidad en “La Toma” (28.09%). El promedio de los valores por estación del año sugiere que la calidad del agua mejora en otoño y empeora durante el invierno. La zona norte de la microcuenca o parte alta tiene valores del ICA mayores a 50%, esto es el agua va de media a buena calidad, pero la zona sur o parte baja se caracteriza por tener valores del ICA menores a 50% por lo que su calidad es de mala a muy mala, es decir se encuentra muy contaminada o en exceso para abastecimiento público.

Se determinó que los sitios de atención prioritaria son: La Toma, San Marcos abajo, Entronque San Marcos, Entronque La Mina Naolinco y Puente Colgante, porque presentaron los valores del ICA más bajos. Estos ICA están definidos por las actividades ganaderas desarrolladas por la población y por las descargas de aguas residuales sin tratamiento.

Tabla 9. Valores (%) del índice de calidad del agua en las corrientes superficiales de la microcuenca del río Naolinco, Veracruz

Núm.	Sitios muestreados	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Promedio por sitio
1	Buenavista	63.30	64.20	62.40	54.39	61.07
2	El Mirador	58.60	63.30	69.10	44.06	58.76
3	La Puente	70.40	68.55	76.27	59.79	68.75
4	El Durazno	60.20	62.52	72.90	57.23	63.21
5	El Saltillo	63.30	69.20	67.35	54.28	63.53
6	Los Pies	65.40	67.72	71.61	57.50	65.56
7	La Cumbre	62.80	64.80	65.24	53.34	61.54
8	El Pedregal	66.60	76.30	77.30	59.87	70.02
9	La Mina Miahuatlán	64.80	72.90	70.18	61.28	67.29
10	El Coralillo	73.40	76.80	72.95	60.00	70.79
11	San Lorenzo	64.60	72.60	77.31	58.50	68.25
12	La Ermita	69.10	50.87	69.99	68.94	64.72
13	San Marcos 2	42.30	44.94	46.35	39.22	43.20
14	La Toma	24.50	29.71	40.25	17.91	28.09
15	Entronque San Marcos	25.50	47.90	47.03	23.37	35.95
16	La Mina Naolinco	61.40	41.04	66.31	56.84	56.40
17	Entronque La Mina	37.10	39.20	37.63	26.90	35.21
18	Puente Colgante	28.90	36.72	51.05	31.20	36.97
	Promedio por estación	55.68	58.29	63.40	49.14	56.63

Fuente: Elaborada con datos de Martínez, 2010.

El valor de la calidad promedio del agua para toda la microcuenca del río Naolinco fue de 56.63% la cual; usando la clasificación del ICA en función del uso del agua propuesta por León (1988), se clasifica como contaminada para uso doméstico, necesitando un tratamiento potabilizador, estando levemente contaminada para la agricultura, para la pesca, vida acuática y la industria, y aceptable para actividades de recreación, aunque se restringen los deportes de inmersión, dada la posibilidad de bacterias que puedan afectar el organismo

LAS CONDICIONES DE LAS CORRIENTES TRIBUTARIAS Y LOS SITIOS DE CAPTACIÓN O SUMINISTRO

Con los datos obtenidos por el monitoreo ciudadano y la Universidad Veracruzana se elaboraron fichas de los afluentes y de los sitios de suministro valorados en el río Naolinco. En ellas se incorpora una breve descripción del lugar, quien realizó el monitoreo, el valor promedio anual del ICA, el parámetro que afecta la calidad del agua, así como las recomendaciones de tratamiento en función de su uso con base en lo descrito por León (1988). Primero se describen las corrientes superficiales dentro del municipio de Miahuatlán (tabla 10), después las localizadas en el municipio de Naolinco (tabla 11) y al final las captaciones de uso doméstico (tabla 12).

Tabla 10. Corrientes tributarias que se encuentran dentro del municipio de Miahuatlán.

El Mirador	<p>Arroyo permanente con señales de contaminación por residuos sólidos, de corriente estrecha, utilizado como tiradero de animales muertos. Se ubica a 1 959 msnm, con una pendiente moderada. La cobertura vegetal es mediana y de poca altura, la vegetación de mayor presencia comprende a pastizales que son usados como forraje para la ganadería, en el terreno se encuentran algunos árboles como ilite y huichín. Predios colindantes de Ofelia García Dorantes, Jorge García Dorantes y Jesús García.</p> <p>Monitoreo UV</p> <p>ICA anual promedio: 58.60</p> <p>Parámetro que afecta la calidad del agua: DQO (demanda química de oxígeno) y DBO (demanda bioquímica de oxígeno)</p>
------------	---

El Mirador	<p>Monitoreo UV ICA anual promedio: 58.60 Parámetro que afecta la calidad del agua: DQO (demanda química de oxígeno) y DBO (demanda bioquímica de oxígeno) Usos y tratamiento: Agua potable: Tratamiento potabilizador necesario para su consumo. Agricultura: Utilizable en mayoría de cultivos. Uso en pesca y vida acuática: Dudosa la pesca sin riesgos de salud. Uso industrial: No requiere tratamiento para mayoría de industrias de operación normal. Uso recreativo: Restringir los deportes de inmersión, precaución si se ingiere dada la posibilidad de presencia de bacterias.</p>
La Puente	<p>Arroyo permanente ubicado a 1 788 msnm, tiene un ancho de 2 m y el flujo de agua es constante. Tiene una caja de captación la cual proporciona agua potable al municipio de Miahuatlán, no presenta señales de contaminación por residuos sólidos sin pendiente. La cobertura vegetal es mediana y de gran altura como árboles de ilite, la vegetación de mayor presencia comprende a pastizales que son usados como forraje para la ganadería: Los dueños de los predios colindantes con el arroyo son: Antolín Salamanca, Bonifacio Salamanca, Miguel García, René Salamanca y Carlos Ramírez. Monitoreo UV. ICA anual promedio: 70.40 Parámetro que afecta la calidad del agua: DQO (demanda química de oxígeno) Usos y tratamiento: Agua potable: Necesario potabilizar para su consumo. Agricultura: Utilizable en mayoría de cultivos. Uso en pesca y vida acuática: límite para peces muy sensitivos. Uso industrial: No requiere tratamiento para mayoría de industrias de operación normal. Uso recreativo: Restringir los deportes de inmersión, precaución si se ingiere dada la posibilidad de presencia de bacterias.</p>
El Durazno	<p>Ubicado a una altitud de 1 828 msnm, se encuentra a orilla del camino al Mirador. Tirante (0.5 m) y ancho (2 m), tiene un caudal permanente, con una corriente moderada. Con ligera presencia de residuos sólidos, con pendiente moderada. La cobertura vegetal es de poca altura, la vegetación de mayor presencia comprende a pastizales que son usados como forraje para la ganadería, en el sitio se encuentran algunos árboles como el ilite. Los dueños de los predios colindantes son Josefa Bellido, Ubaldo Hernández y Lilo Cardeña. Monitoreo UV ICA anual promedio: 60.20 Parámetro que afecta la calidad del agua: DQO (demanda química de oxígeno) y DBO (demanda bioquímica de oxígeno)</p>

El Durazno	<p>Monitoreo UV ICA anual promedio: 60.20 Parámetro que afecta la calidad del agua: DQO (demanda química de oxígeno) y DBO (demanda bioquímica de oxígeno) Usos y tratamiento: Agua potable: Necesario potabilizar para su consumo. Agricultura: Utilizable en mayoría de cultivos. Uso en pesca y vida acuática: Dudosa la pesca sin riesgos de salud. Uso industrial: No requiere tratamiento para mayoría de industrias de operación normal. Uso recreativo: Restringir los deportes de inmersión, precaución si se ingiere dada la posibilidad de presencia de bacterias.</p>
El Saltillo	<p>A 1 919 msnm y a 900 m de la carretera Jacales-Miahuatlán, se formó una poza denominada La Laguna, por el paso del huracán Roxana. El sitio no presenta residuos sólidos, tiene una pendiente moderada y se observó la presencia de fauna acuática (patos). La cobertura vegetal es mediana y de gran altura, como árboles de ilite y tejocote, la vegetación de mayor presencia comprende a pastizales que son usados para la ganadería. Este arroyo se encuentra en el predio del señor Misael Cabrera con terrenos colindantes de Leonor Aguirre, Melquiades Méndez y Valdineo Medina. Este arroyo temporal se ubica a 1 782 msnm y tiene una pendiente moderada, no hay presencia de residuos sólidos. No tiene caudal en la época de secas. La cobertura vegetal es mediana y de poca altura, la vegetación de mayor presencia comprende a pastizales que son usados como forraje para la ganadería Monitoreo UV. ICA anual promedio: 63.30 Parámetro que afecta la calidad del agua: DQO (demanda química de oxígeno) Usos y tratamiento: Agua potable: Tratamiento potabilizador necesario para su consumo. Agricultura: Utilizable en mayoría de cultivos. Uso en pesca y vida acuática: límite para peces muy sensitivos. Uso industrial: No requiere tratamiento para mayoría de industrias de operación normal. Uso recreativo: Restringir los deportes de inmersión, precaución si se ingiere dada la posibilidad de presencia de bacterias</p>
Los Pies	<p>Este río es de los más importantes en la zona, nace a 1 933 msnm a un costado de la carretera Jacales-Miahuatlán, donde presenta un caudal estrecho. En su recorrido se localiza una caja de captación, denominada El Charco, que abastece de agua para uso doméstico al municipio de Miahuatlán. En la parte alta no presenta residuos sólidos y tiene una pendiente fuerte a moderada. La cobertura vegetal es mediana y de poca altura la vegetación de mayor presencia comprende a pastizales que son usados como forraje para la ganadería.</p>

<p>Los Pies</p>	<p>Tiene un tributario pequeño conocido como La Cumbre (ICA promedio 62.80) a 1 863 msnm, con escaso flujo de agua, sin contaminación por residuos sólidos, presenta una pendiente plana. La cobertura vegetal es mediana y de gran altura con árboles de alnus, haya, tejocote, encinos, la vegetación de mayor presencia son pastizales que son usados como forraje para la ganadería</p> <p>El río a una altitud de 1 762 msnm se localiza a 100 m de la cabecera municipal del municipio de Miahuatlán tiene un caudal amplio con un flujo constante, sin presencia de residuos sólidos, presenta una pendiente moderada. La cobertura vegetal es mediana y de poca altura, la vegetación de mayor presencia comprende a pastizales que son usados como forraje para la ganadería. Tiene una pequeña laguna denominada Poza Verde. Este río atraviesa la zona urbana de Miahuatlán hasta llegar a la planta de tratamiento de aguas residuales. Esto terrenos son utilizados para ganadería y vivienda o son lotes baldíos. En este punto del río se aprecian residuos sólidos. Se reporta que durante la época de lluvias el sistema de drenaje de Miahuatlán se desborda en los registros por lo que escurre y contamina el río Los Pies a su paso por la zona urbana.</p> <p>Propietarios: Gerónimo Salamanca , Idalia López, Imelda Medina y Irene Fernández, Carlos Ramírez, Juana Cabrera y Madalena Cabrera, Rodolfo Suárez, Nicolasa Suarez, Víctor Suárez, Rosa Torres Linares, Salvador Bárcena, Arturo Fernández, Baruch González, Pablo Torres y Agustín Torres , Marta Sánchez, Juana Torres, Elsa Sánchez, Tomasa Arroyos, Antonio Hernández, Marco Arroyos, Alberto Sánchez, Aurelio Jiménez, Porfirio Hernández, Adelina Ramírez Bellido, Antonio Bellido, Álvaro Bellido, Joel Medina, Procopio Bellido, Arturo Fernández, Elsa García, Alberto Torres, Ricardo Suárez, Raúl Arroyos, Luis Suárez, Eliseo Salamanca, Jesús García, Eloy Cabrera, Rodolfo Bellido, Guillermina Ramírez Romero, Juan Salas, Luz María Suarez Cabrera, Antolín González, Celia García y Camilo Suárez</p> <p>Monitoreo UV.</p> <p>ICA anual promedio: 65.40</p> <p>Parámetro que afecta la calidad del agua: DQO (demanda química de oxígeno) y coliformes fecales</p> <p>Usos y tratamiento: Agua potable: Tratamiento potabilizador necesario para su consumo. Agricultura: Utilizable en mayoría de cultivos. Uso en pesca y vida acuática: límite para peces muy sensitivos. Uso industrial: No requiere tratamiento para mayoría de industrias de operación normal. Uso recreativo: Restringir los deportes de inmersión, precaución si se ingiere dada la posibilidad de presencia de bacterias.</p>
-----------------	--

<p>El Pedregal</p>	<p>Nace a una altitud de 1 812 msnm, tiene un flujo de agua moderado, en este río se ubican dos cajas de captación, una para uso doméstico y otra para los ganaderos de Miahuatlán, no hay señales de residuos sólidos, presenta una pendiente moderada. La cobertura vegetal es mediana y de gran altura como ilite, encino, la vegetación de mayor presencia comprende a pastizales que son usados como forraje para la ganadería. A continuación, se hace mención de algunos propietarios que tienen ejidos cerca de cauce: Murcio Salas, Cándido Bravo, Hesiquio Varela y Gerónimo Aguirre.</p> <p>Monitoreo UV.</p> <p>ICA anual promedio: 66.60</p> <p>Parámetro que afecta la calidad del agua: DQO (demanda química de oxígeno) y DBO (demanda bioquímica de oxígeno)</p> <p>Usos y tratamiento Agua potable: Tratamiento potabilizador necesario para su consumo. Agricultura: Utilizable en mayoría de cultivos. Uso en pesca y vida acuática: límite para peces muy sensitivos. Uso industrial: No requiere tratamiento para mayoría de industrias de operación normal. Uso recreativo: Restringir los deportes de inmersión, precaución si se ingiere dada la posibilidad de presencia de bacterias.</p>
<p>La Mina Miahuatlán</p>	<p>La Mina se ubica a 1 768 msnm, tiene un flujo de agua escaso, no hay presencia de residuos sólidos, presenta una pendiente fuerte. La cobertura vegetal es mediana y de gran altura, la vegetación de mayor presencia comprende a pastizales que son usados como forraje para la ganadería. Los propietarios que tienen terrenos cerca de cauce son: Juan Hernández, Salvador Bárcena y Rodolfo Bellido</p> <p>Monitoreo UV.</p> <p>ICA anual promedio: 64.80</p> <p>Parámetro que afecta la calidad del agua: DQO (demanda química de oxígeno) y DBO (demanda bioquímica de oxígeno) y coliformes fecales</p> <p>Usos y tratamiento: Agua potable: Tratamiento potabilizador necesario para su consumo. Agricultura: Utilizable en mayoría de cultivos. Uso en pesca y vida acuática: Dudosa la pesca sin riesgos de salud. Uso industrial: No requiere tratamiento para mayoría de industrias de operación normal. Uso recreativo: Restringir los deportes de inmersión, precaución si se ingiere dada la posibilidad de presencia de bacterias.</p>

<p>El Coralillo</p>	<p>El Coralillo se ubica a una altitud de 1 762 msnm, tiene un caudal de agua constante, en este río se ubican una caja de captación para el municipio de Miahuatlán, sin presencia de residuos sólidos, tiene una pendiente fuerte. La cobertura vegetal es mediana y de gran altura como ilite, encino, la vegetación de mayor presencia comprende a pastizales que son usados como forraje para la ganadería. A continuación, se hace mención de algunos propietarios que tienen ejidos cerca de cauce: Rodolfo Bellido, Ricardo García y Carlos Ramírez.</p> <p>Monitoreo UV.</p> <p>ICA anual promedio: 73.40</p> <p>Parámetro que afecta la calidad del agua: DOO (demanda química de oxígeno)</p> <p>Usos y tratamiento: Agua potable: Tratamiento potabilizador necesario para su consumo. Agricultura: Utilizable en mayoría de cultivos. Uso en pesca y vida acuática: límite para peces muy sensitivos. <i>Uso industrial</i>: No requiere tratamiento para mayoría de industrias de operación normal. Uso recreativo: Restringir los deportes de inmersión, precaución si se ingiere dada la posibilidad de presencia de bacterias.</p>
<p>Puente Miahuatlán</p>	<p>El río Los Pies confluye con El Durazno cambia de dirección de noroeste a sureste para recorrer las proximidades de la zona urbana de Miahuatlán. A una altitud de 1 751 msnm tiene un caudal ancho con un gran flujo de agua, se reporta presencia frecuente de residuos sólidos, presenta una pendiente plana. En su entorno se encuentra algunos predios que son utilizados para la ganadería, paralelo a su cauce se encuentra el colector de aguas residuales de la población. Este arroyo se encuentra en el predio del señor Evencio García frente al predio de Salvador Bárcena adjunto al Sebastián Villa y Pablo Hernández.</p>
<p>Entronque Pedregal-Coralillo-La Mina</p>	<p>Entronque Pedregal-Mina-Coralillo; a 1 744 msnm, es la confluencia de las corrientes superficiales de la zona noreste, tiene un caudal amplio con un flujo de agua constante, poca presencia de residuos sólidos presenta una pendiente plana. La cobertura vegetal es mediana y de gran altura como árboles de ilite, encino, la vegetación de mayor presencia comprende a pastizales que son usados como forraje para la ganadería, este arroyo se encuentra en el predio del señor Víctor Sánchez enfrente al terreno del señor Rodolfo Bellido.</p>

La Ermita	<p>La Ermita, sitio ubicado a 1 732 msnm, tiene un ancho de 10m con un gran flujo de agua constante. En este sitio se ubica una planta de tratamiento de aguas residuales, tiene contaminación por residuos sólidos, presenta una pendiente plana. La cobertura vegetal es mediana y de gran altura como ilite, encino, la vegetación de mayor presencia comprende a pastizales que son para la ganadería. En este punto se encuentra la principal captación de agua para uso doméstico (75%) de la población de Naolinco. Algunos propietarios que tienen terrenos cerca del cauce son Jesús García y Camilo Suárez.</p> <p>Monitoreo UV.</p> <p>Monitoreo ciudadano: La comisión de calidad del agua de Naolinco lo monitoreó y reportó incremento de coliformes fecales en los meses de agosto y septiembre.</p> <p>ICA anual promedio: 69.10</p> <p>Parámetro que afecta la calidad del agua: DQO (demanda química de oxígeno) y DBO (demanda bioquímica de oxígeno) y coliformes fecales</p> <p>Usos y tratamiento: Agua potable: Tratamiento potabilizador necesario para su consumo. Agricultura: Utilizable en mayoría de cultivos. Uso en pesca y vida acuática: límite para peces muy sensitivos. <i>Uso industrial</i>: No requiere tratamiento para mayoría de industrias de operación normal. Uso recreativo: Restringir los deportes de inmersión, precaución si se ingiere dada la posibilidad de presencia de bacterias.</p>
-----------	--

Fuente: Elaborada con datos de Martínez, 2010, Hernández, 2011 y UV 2011.

Tabla 11. Corrientes tributarias que se encuentran dentro del municipio de Naolinco.

Buenavista	<p>Se encuentra a 1 904 msnm, a seis metros de la carretera, en esta zona se encuentran tres cajas de captación que proporcionan agua para uso doméstico para los municipios de Miahuatlán, Naolinco y Tonayán. Es un arroyo permanente, de tirante y ancho bajos, no presenta señales de contaminación por residuos sólidos. Tiene una pendiente moderada y la cobertura vegetal es mediana y de poca altura, la vegetación de mayor presencia comprende a pastizales que son usados como forraje para la ganadería. Un porcentaje grande del área de captación pertenece al municipio de Tonayán.</p> <p>Monitoreo UV.</p> <p>ICA anual promedio: 65.30</p> <p>Parámetro que afecta la calidad del agua: DQO (demanda química de oxígeno)</p> <p>Usos y tratamiento: Agua potable: Necesario potabilizar para su consumo. Agricultura: Utilizable en mayoría de cultivos. Uso en pesca y vida acuática: Dudosa la pesca sin riesgos de salud y límite para peces muy sensitivos. Uso industrial: No requiere tratamiento para mayoría de industrias de operación normal. Uso recreativo: Restringir los deportes de inmersión, precaución si se ingiere dada la posibilidad de presencia de bacterias.</p>
------------	--

San Lorenzo	<p>San Lorenzo está ubicado a una altitud de 1 676 msnm, tiene un caudal estrecho con un flujo de agua constante este arroyo tiene una caja de captación que años atrás surtía de agua potable al Municipio de Naolinco, en la actualidad ya no se usa. Sin embargo, el arroyo continúa fluyendo; por lo que la corriente intermitente siempre está presente, presenta una pendiente moderada, la vegetación de mayor presencia comprende a pastizales que son utilizados para la ganadería</p> <p>El terreno que colinda con este tributario pertenece a la familia Ríos, originarios del municipio de Miahuatlán. Este afluente desemboca en la corriente principal del río Naolinco, siguiendo la corriente a mano derecha se encuentra el terreno de Daniel Gómez el cual colinda con la Familia Márquez y del otro lado del río pertenece a la familia Sánchez que residen en Miahuatlán y colinda con la familia Flores originarios de Naolinco hasta llegar al sitio conocido como La Toma.</p> <p>Monitoreo UV.</p> <p>ICA anual promedio: 64.60</p> <p>Parámetro que afecta la calidad del agua: DQO (demanda química de oxígeno), DBO (demanda bioquímica de oxígeno) y fosfatos</p> <p>Usos y tratamiento: Agua potable: Tratamiento potabilizador necesario para su consumo. Agricultura: Utilizable en mayoría de cultivos. Uso en pesca y vida acuática: límite para peces muy sensitivos. Uso industrial: No requiere tratamiento para mayoría de industrias de operación normal. Uso recreativo: Restringir los deportes de inmersión, precaución si se ingiere dada la posibilidad de presencia de bacterias.</p>
San Marcos 1	<p>Inicia a 1 755 msnm, se encuentra a un costado del poblado con el mismo nombre, tiene un flujo de agua escaso, tiene contaminación por residuos sólidos, presenta una pendiente plana. Se observó la presencia cultivos de maíz en la zona. La cobertura vegetal es mediana y de poca altura, la vegetación de mayor presencia comprende a pastizales que son usados como forraje para la ganadería.</p> <p>Monitoreo UV.</p> <p>ICA anual promedio: 68</p> <p>Parámetro que afecta la calidad del agua: DQO (demanda química de oxígeno)</p> <p>Usos y tratamiento: Agua potable: Tratamiento potabilizador necesario para su consumo. Agricultura: Utilizable en mayoría de cultivos. Uso en pesca y vida acuática: límite para peces muy sensitivos. Uso industrial: No requiere tratamiento para mayoría de industrias de operación normal. Uso recreativo: Restringir los deportes de inmersión, precaución si se ingiere dada la posibilidad de presencia de bacterias.</p>
San Marcos 2	<p>La parte baja del arroyo San Marcos, se ubica a 1 651 msnm, tiene un flujo de agua constante, esta parte del arroyo se encuentra contaminada por las descargas de aguas residuales del poblado de San Marcos. Presenta contaminación por residuos sólidos y tiene una pendiente plana. La cobertura vegetal es mediana y de poca altura, la vegetación de mayor presencia comprende a pastizales que son usados como forraje para la ganadería.</p>

San Marcos 2	<p>El terreno donde se encuentra este tributario pertenece al señor Luis Cuevas el cual tiene una extensión de 20 hectáreas desde el sitio conocido como La Toma hasta principio del poblado de San Marcos el cual colinda enfrente con Don Modesto Fernández.</p> <p>Monitoreo UV: ICA anual promedio: 42.50</p> <p>Parámetro que afecta la calidad del agua: DQO (demanda química de oxígeno) y coliformes fecales</p> <p>Usos y tratamiento: Agua potable: Dudosa para consumo. Agricultura: Tratamiento requerido para la mayoría de los cultivos. Uso en pesca y vida acuática: Vida acuática limitada a especies muy resistentes. Uso industrial: Tratamiento para mayoría de usos. Uso recreativo: Dudosa para contacto con el agua.</p>
La Toma	<p>Corriente principal del río Naolinco, altitud de 1 658 msnm, tiene un ancho de 4m con un flujo de agua constante, este río se encuentra contaminado recibe las descargas de las quесerías y de las aguas residuales del municipio de Miahuatlán, presenta una pendiente plana, la vegetación de mayor presencia comprende a pastizales que son utilizados para la ganadería. Esta parte del río se encuentra entre los terrenos de la familia Flores y del señor Luis Cuevas.</p> <p>Monitoreo UV: ICA anual promedio: 24.50</p> <p>Parámetro que afecta la calidad del agua: DBO (demanda química de oxígeno), DQO (demanda bioquímica de oxígeno) y coliformes fecales</p> <p>Usos y tratamiento: Agua potable: Inaceptable para consumo. Agricultura: Uso solo en cultivos muy resistentes. Uso en pesca y vida acuática: Inaceptable para actividad. Uso industrial: Uso restringido en actividades burdas. Uso recreativo: Contaminación visible, evitar cercanía.</p>
Entronque San Marcos	<p>En una altura de 1 630 msnm, tiene flujo de agua constante, continuación de la corriente principal recibe aportaciones del arroyo San Marcos, el cual como se hizo mención en el párrafo anterior se encuentra contaminado. Con una pendiente moderada, la vegetación de mayor presencia comprende a pastizales que son utilizados para la ganadería. Se perciben malos olores provenientes del río.</p> <p>La desembocadura del arroyo San Marcos al río Naolinco es conocida como “La Cueva” cerca de este lugar se ubica una planta potabilizadora que ha estado sin funcionamiento desde hace 10 años, está construida en la propiedad del señor Fermín Rosado originario de Miahuatlán en la parte de abajo colinda con el terreno de Pedro Barradas y este con el de la familia Ortega, a unos cuantos metros se encuentra el predio de Don Abel Cuevas.</p> <p>Monitoreo UV: ICA anual promedio: 25.50</p> <p>Parámetro que afecta la calidad del agua: DBO (demanda bioquímica de oxígeno), DQO (demanda química de oxígeno) y coliformes fecales.</p> <p>Usos y tratamiento: Agua potable: Inaceptable para consumo. Agricultura: Tratamiento requerido para la mayoría de los cultivos. Uso en pesca y vida acuática: Inaceptable para actividad. Uso industrial: Tratamiento para mayoría de usos. Uso recreativo: Evitar contacto, solo con lanchas.</p>

<p>La Mina Naolinco</p>	<p>Se ubica a una altitud de 1 593 msnm, tiene un flujo de agua constante, en este arroyo se encuentra una represa la cual surte de agua potable al Municipio de Naolinco, no presenta contaminación por residuos sólidos. Su pendiente es moderada, la cobertura vegetal es de poca altura, la vegetación de mayor presencia comprende a pastizales que son utilizados para la ganadería. Se observa la presencia de algunos animales domésticos.</p> <p>Monitoreo UV</p> <p>ICA anual promedio: 61.40</p> <p>Parámetro que afecta la calidad del agua: DQO (demanda química de oxígeno) y coliformes fecales.</p> <p>Monitoreo ciudadano (Mina 1 y Mina 2)</p> <p>Usos y tratamiento: Agua potable: Tratamiento potabilizador necesario para su consumo. Agricultura: Utilizable en mayoría de cultivos. Uso en pesca y vida acuática: Dudosa la pesca sin riesgos de salud. <i>Uso industrial</i>: No requiere tratamiento para mayoría de industrias de operación normal. Uso recreativo: Restringir los deportes de inmersión, precaución si se ingiere dada la posibilidad de presencia de bacterias.</p>
<p>Entronque La Mina Naolinco</p>	<p>Se ubica a 1 593 msnm, cerca de un camino de terracería, tiene un flujo de agua constante, presenta una pendiente moderada, la vegetación de mayor presencia comprende a bosque mesófilo de montaña, se encuentra contaminado. Pocos metros después del tronque con la corriente principal se ubica una descarga de aguas residuales de la localidad de Naolinco, se observan tiraderos a cielo abierto y se perciben malos olores provenientes del agua.</p> <p>Monitoreo UV.</p> <p>ICA anual promedio: 37.10</p> <p>Parámetro que afecta la calidad del agua: DBO (demanda bioquímica de oxígeno), DQO (demanda química de oxígeno) y coliformes fecales.</p> <p>Usos y tratamiento: Agua potable: Inaceptable para consumo. Agricultura: Tratamiento requerido para la mayoría de los cultivos. <i>Uso en pesca y vida acuática</i>: Inaceptable para actividad. Uso industrial: Tratamiento para mayoría de usos. Uso recreativo: Evitar contacto, solo con lanchas.</p>
<p>Puente Colgante</p>	<p>Desembocadura de la microcuenca a 1 472 msnm, tiene un flujo de agua constante, presenta una pendiente moderada, la vegetación de mayor presencia comprende a bosque mesófilo de montaña, esta parte del río se encuentra contaminado por las descargas de aguas residuales de Naolinco y Miahuatlán, se perciben malos olores provenientes del agua.</p> <p>Monitoreo UV.</p> <p>ICA anual promedio: 28.90</p> <p>Parámetro que afecta la calidad del agua: DBO (demanda bioquímica de oxígeno), DQO (demanda química de oxígeno) y coliformes fecales.</p> <p>Monitoreo GWW</p> <p>Usos y tratamiento: Agua potable: Inaceptable para consumo. Agricultura: Tratamiento requerido para la mayoría de los cultivos. Uso en pesca y vida acuática: Inaceptable para actividad. Uso industrial: Tratamiento para mayoría de usos. Uso recreativo: Evitar contacto, solo con lanchas.</p>

Fuente: Elaborada con datos de Martínez 2010 y UV 2011.

Tabla 12. Sitios de captación para uso doméstico.

Barrio Santa Cruz	Caja de captación ubicada a una altitud de 2 050 msnm se encuentra ubicado en la parte más alta del Barrio de Santa Cruz, distribuye agua al municipio de Tonayán. No presenta residuos sólidos, la pendiente es moderada. Casas aledañas a tres metros de esta captación. No fue monitoreado
Buenavista	Altitud de 1 951 msnm, no presentó contaminación por residuos sólidos, presenta una pendiente fuerte. La cobertura vegetal es mediana y de poca altura como árboles de ilite, la vegetación de mayor presencia comprende a bosque mesófilo de montaña. Monitoreo ciudadano
El Charco	Altitud de 1 932 msnm, se encuentra a 500 metros de la carretera que comunica al poblado de Jacales con Miahuatlán. Esta caja de captación proporciona el 25% de agua potable al municipio de Miahuatlán en el Barrio de Santa Inés, no presenta señales de contaminación por residuos sólidos presenta una pendiente fuerte. La cobertura vegetal es mediana y de poca altura como árboles de ilite, la vegetación de mayor presencia comprende a pastizales que son usados como forraje para la ganadería. No fue monitoreada
El Pedregal	En este arroyo se ubican dos captaciones provenientes de dos tributarios a una altitud de 1 907 msnm, el arroyo destinado para uso doméstico proporciona el 50% de agua potable para el municipio de Miahuatlán, en su entorno no presentó contaminación por residuos sólidos, presenta una pendiente moderada. La cobertura vegetal es mediana y de poca altura como árboles de ilite y sauco, la vegetación de mayor presencia comprende a pastizales que son usados como forraje para la ganadería. No fue monitoreada
El Coralillo	Altitud de 1 766 msnm, esta corriente es para uso público en el municipio de Miahuatlán, no presentó contaminación por residuos sólidos, presenta una pendiente moderada. La cobertura vegetal es mediana y de poca altura como árboles de ilite, la vegetación de mayor presencia comprende a pastizales que son usados como forraje para la ganadería. No fue monitoreado
La Fuente	Se ubica en cerca de la desembocadura del río a una altitud de 1486 msnm se encuentra ubicado cerca de la zona urbano a escasos 50 metros, presenta poca contaminación por residuos sólidos, presenta una pendiente moderada. Poca presencia de vegetación. Monitoreo ciudadano
El Chorro	Se encuentra ubicado en la parte centro de la zona urbana del municipio de Naolinco, presenta una pendiente moderada. El agua que se encuentra en esta caja es transportada por un tubo desde el manantial. Monitoreo ciudadano
Agua Santa	A una altitud de 1520 msnm se encuentra ubicado en la ruta de acceso a la zona urbana del municipio de Naolinco, presenta una pendiente plana. El agua que se encuentra en esta caja es transportada por un tubo desde el manantial. Monitoreo ciudadano

Fuente: Elaborada con datos de Hernández 2011 y UV 2011.

Los valores registrados en este trabajo, para la mayoría de los parámetros, son similares a los reportados en otros ríos mexicanos. Podemos confirmar que la contaminación de origen residual doméstico y la de origen industrial mantienen los valores de coliformes fecales, demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno con rangos que sobrepasan lo permitido por la NOM-001-SEMAR-NAT-1996 y por los Criterios Ecológicos.

- Coliformes fecales: alcanza valores hasta de 240 000 NMP/100 mL cuando la norma es de 1 000.
- Demanda bioquímica de oxígeno: alcanza valores de 201.9 mg/L, la norma es de 75.
- Demanda química de oxígeno: alcanza valores de 483.8 mg/L, los criterios ecológicos marcan seis para uso agrícola.

EL TERRITORIO Y LA CALIDAD DEL AGUA EN LA MICROCUENCA

La superficie de la microcuenca del río Naolinco posee diferentes usos de suelos y sus pendientes son variadas, esto hace que el territorio tenga una dinámica ecológica diversa por la combinación de sus características. Para conocer esa variación y las implicaciones ambientales se combinaron, en un sistema de información geográfica, las capas de información correspondientes a pendientes y uso del suelo y vegetación en la zona de estudio. La citada información fue procesada y analizada con la matriz propuesta por Perroni-Ventura (1999), determinándose con ella la ecodinámica del área de estudio. Posteriormente, la microcuenca se organizó con base en áreas que compartieran una ecodinámica y el resultado se muestra en la figura 8, en donde puede apreciarse que un poco más del 50% (1 866.49 ha) de la microcuenca es área estable con pendientes moderadas a planas y con diversos usos del suelo y una pequeñísima zona (5.68 ha), con pendientes escarpadas a fuertes con agricultura e infraestructura, es inestable.

Los resultados del modelo ecodinámico se relacionaron con los datos de calidad del agua y con ellos se pudieron determinar en la figura 9 las zonas de atención.

En este trabajo se definieron cuatro zonas de atención (figura 9): Zona 1 o estable (color verde), es la que abarca mayor territorio, se ubica en la parte noroeste

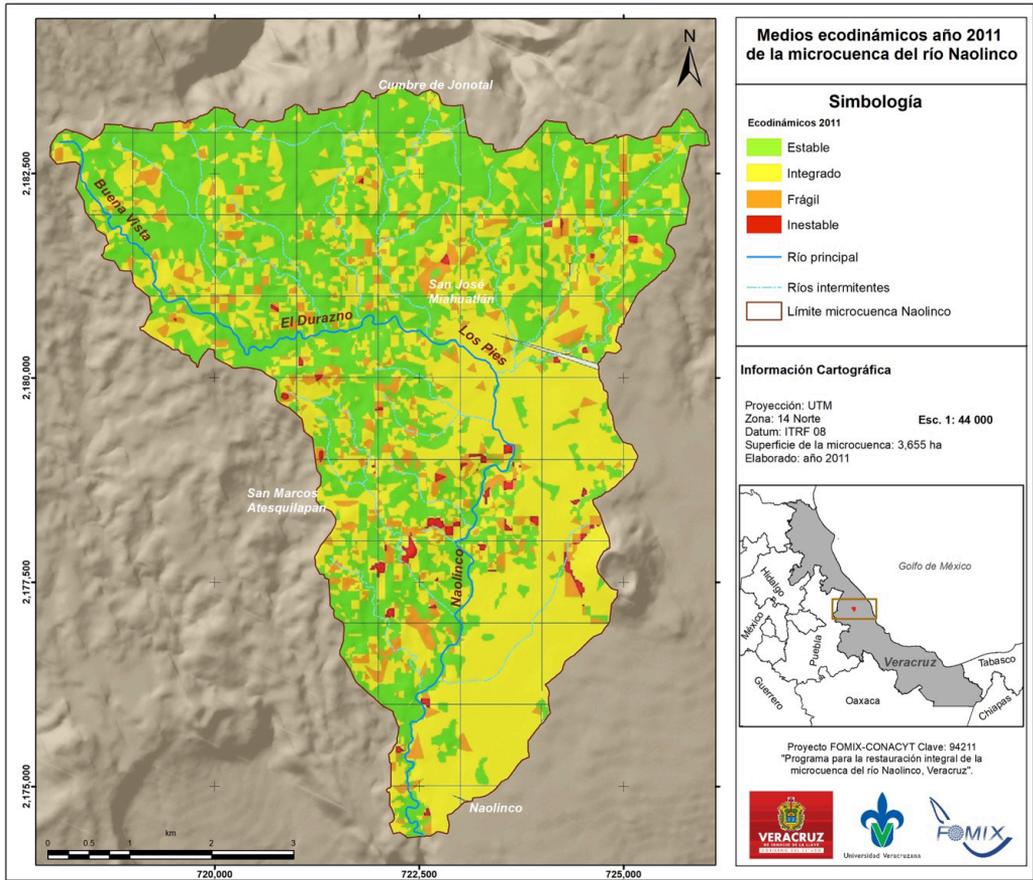


Figura 8. Áreas de la microcuenca del río Naolinco, organizadas por medios ecodinámicos.

Fuente: Elaborada con datos de UV, 2011.

de la microcuenca con alto porcentaje territorial de bosque mesófilo de montaña y las corrientes superficiales tienen aguas de buena calidad por lo que se propondría como área de protección con acciones de reforestación. Zona 2 o integrada (color lila) se localiza al noreste, tiene un alto porcentaje territorial de potreros y aguas de buena calidad, se sugiere ampliar las áreas que tengan bosque mesófilo de montaña y limitar el crecimiento de los potreros. Zona 3 o frágil (en color marrón) se

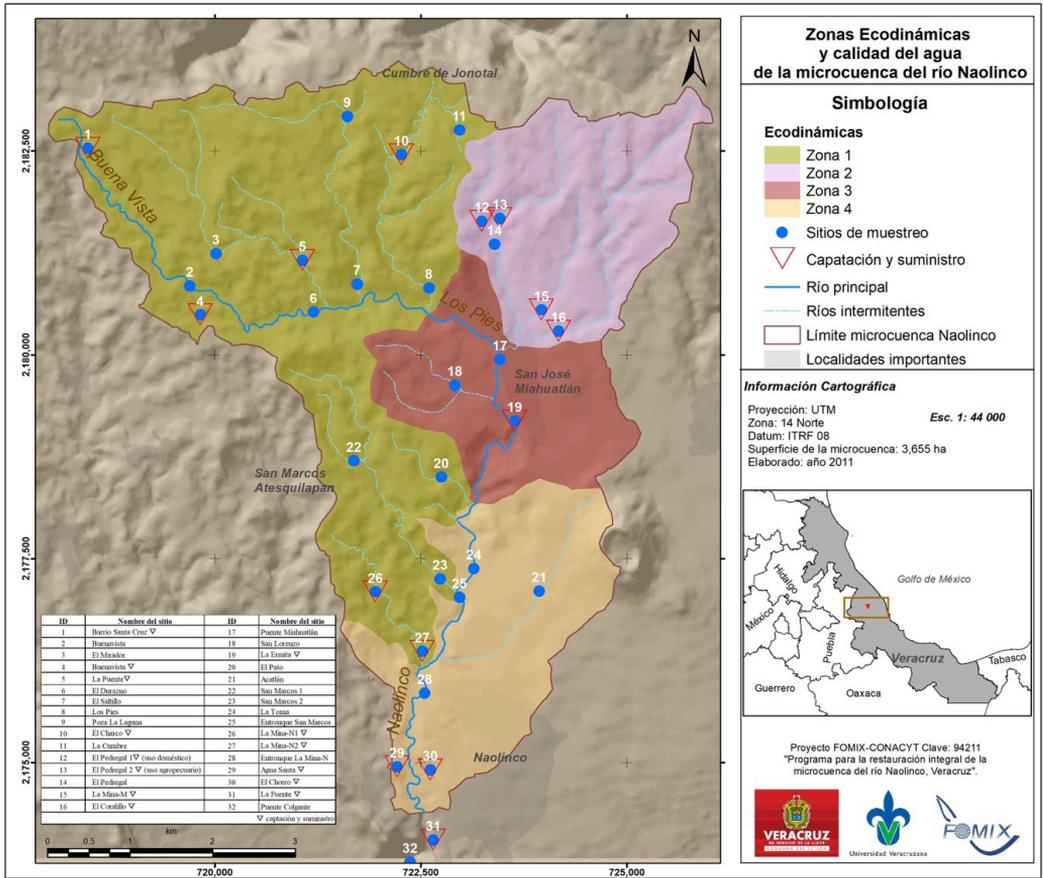


Figura 9. Zonificación de la microcuenca del río Naolinco con base en medios ecodinámicos e índice de calidad del agua. Fuente: Elaborada con datos de UV, 2011.

ubica en la parte media de la microcuenca, con alto porcentaje territorial de cultivos y corrientes superficiales con agua de calidad media por lo que se recomienda impulsar el uso racional del agua, así como implementar acciones para evitar su contaminación. Zona 4 (color amarillo) se localiza en la parte baja de la microcuenca se caracteriza por aguas de mala calidad, con alto porcentaje territorial de cultivos e infraestructura urbana por lo que se requieren medidas de saneamiento.

La calidad del agua es buena en la parte alta de la microcuenca y disminuye en la parte baja, también mejora con la época de lluvias y disminuye en la época de secas. El crecimiento de la población en la zona de estudio, el rápido proceso de urbanización, el incremento de las actividades productivas y la concentración de las actividades relacionadas con la industria láctea en algunos sitios de la microcuenca, parecen ser las causas más importantes del incremento de los volúmenes de aguas residuales urbanas, industriales y agrícolas, mismas que son responsables de la disminución de la calidad del agua. Las aguas residuales están compuestas de aguas residuales municipales, industriales y aguas agrícolas que tienen contaminantes microbiológicos y sustancias orgánicas e inorgánicas.

La situación puede revertirse si se logra la participación conjunta de la sociedad con autoridades municipales, estatales y federales, esta colaboración puede ayudar a incrementar la gobernanza del agua y disminuir los niveles de contaminación. Con la información recabada y los datos obtenidos se sugiere constituir un comité del agua, si es posible una comisión inter-municipal, que gestione el cuidado de manantiales, aplique medidas de mantenimiento de los manantiales y desinfección en los “suministros”, impulse la reforestación en la zona, establezca cuotas sobre el consumo del agua en función de los diversos usos, regule la extracción de agua superficial y subterránea, reglamente sobre las modificaciones al uso del suelo que han generado impactos no controlados en el ambiente y formule reglas para el establecimiento de nuevas industrias en la cuenca hasta no resolver los problemas de saneamiento de las aguas residuales, sobre todo considerando los daños que se han generado en el ambiente. Es evidente que los gobiernos locales deben invertir recursos financieros específicos para el cuidado y aprovechamiento del agua, pero también es incuestionable que la sociedad debe asumir un compromiso responsable. Es necesario un proceso negociador de aplicación de la norma que vaya colocando a los actores en un nivel de cumplimiento en beneficio de todos y la construcción democrática de una cultura de corresponsabilidad en su relación con el aprovechamiento racional del agua.

REFERENCIAS

ACP. *Al Calor Político* (21 de noviembre de 2008). Interviene Conagua para poner fin al conflicto entre Miahuatlán y Naolinco. *Al Calor Político*. <https://www.alcalorpoli->

tico.com/informacion/interviene-conagua-para-poner-fin-al-conflicto-entre-mia-huatl-n-y-naolinco-28914.html

- APHA. American Public Health Association (1998). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Clesceri LS, Greenberg AE, y Eaton, AD, (Eds); American Public Health Association: Washington, DC.
- Córdoba Domínguez, X. Loeza Mora; N. y Villegas Cervantes A. K. (2007). *Monitoreo, Diagnóstico y Gestión del Sistema de Suministro de Agua de Naolinco, Veracruz*. [Tesis de Especialización, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Veracruzana]
- CMAPS. Comisión Municipal de Agua Potable y Saneamiento de Naolinco, Veracruz (2007). Reporte Anual. Documento interno.
- COMUDERS. Consejo Municipal de Desarrollo Rural Sustentable (2003). *Diagnóstico Regional 2001-2004*. H. Ayuntamiento Constitucional de Naolinco de Victoria Veracruz.
- CSVA. Consejo del Sistema Veracruzano del Agua (2007). *Balace hidráulico de la cuenca del río Sedeño*. Xalapa, Veracruz.
- CONAGUA. Comisión Nacional del Agua (s/f), Normas Mexicanas. <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/normas-mexicanas-83266>
- Deutsch W. G., Duncan Bryan L., Romagnoli O. y Ruiz Córdoba S. (2005). *Monitoreo Bacteriológico y Físicoquímico del Agua, Guía para ejecutar proyectos de monitoreo de agua con participación comunitaria*. Centro Internacional de Acuicultura y Ambientes Acuáticos. Universidad de Auburn, Alabama, EEUU.
- Hernández Sosa, A. (2011). *Evaluación de la calidad de agua en abastecimientos para uso doméstico del municipio de Naolinco, Veracruz: un espacio para la gestión ambiental*. [Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería y Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana].
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2015). Encuesta Intercensal (EIC) 2015. <https://datos.gob.mx/busca/dataset/cartografia-geoestadistica-urbana-y-rural-amanzanada-planeacion-de-la-encuesta-intercensal-2015>
- León, L. (1988). *Índices de calidad del agua, forma de estimarlos y aplicación en la cuenca Lerma-Chapala*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México.
- Martínez, C. A. K. (2010). *Evaluación de la calidad del agua en la microcuenca del río Naolinco, Veracruz (periodo 2009-2010)*. [Tesis de Licenciatura, Facultad de Biología. Universidad Veracruzana].

- Norma Oficial Mexicana. NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/127ssa14.html>
- . .NOM-001-SEMARNAT-1996. (1997). Norma Oficial Mexicana que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales”. SEMARNAT. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/105139/Normas_Oficiales_Mexicanas.pdf
- . .NOM-011-CNA-2000. (2000). Norma Oficial Mexicana sobre conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. <https://agua.org.mx/biblioteca/nom-011-conagua-2000-conservacion-del-recurso-agua-establece-las-especificaciones-y-el-metodo-para-determinar-la-disponibilidad-media-anual-de-las-aguas-nacionales/>
- NSF. National Sanitation Foundation (2005). Water quality index (WQI). <http://www.nsf.org>
- PDURCPN. Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Naolinco (2002). Secretaría de Desarrollo Regional. Veracruz.
- Perroni-Ventura Y. 1999. *Ecogeografía y Ordenamiento Territorial en la zona de la Chinantla*. [Tesis de Licenciatura en Biología: Benemérita Universidad de Puebla].
- Samboni, R.N.E., Carvajal, E.Y. y Escobar, J.C. (2007). Revisión de parámetros físico-químicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación*, 27(3):172-181. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092007000300019&lng=en&nrm=iso
- Sedeño-Díaz, J.E. y López-López, E. (2007). Water quality in the Río Lerma, Mexico: an overview of the last quarter of the twentieth century. *Water Resource Management*, 21(10):1797-1812. [Doi:10.1007/s11269-006-9128-x](https://doi.org/10.1007/s11269-006-9128-x)
- SEMARNAP. Secretaría de Marina Recursos Naturales y Pesca (1989). Acuerdo por el que se establecen los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CECCA-001/89. *Gaceta ecológica*, 11 (6): 26-36.
- SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2010). Compendio de Estadísticas Ambientales 2010. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2009/compendio_2009/10.100.8.236_8080/ibi_apps/WFServlet28b9.html
- Torres, P., Cruz, C. H., y Patiño, P. J. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano: Una revisión crítica. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(15), 79-94.

UV. Universidad Veracruzana. (2011). Reporte sobre las acciones para la rehabilitación física de las corrientes superficiales. (Anexo 3, Documento técnico) Barrera B. C. Proyecto: Programa para la restauración integral de la microcuenca del río Nao-linco, Veracruz Clave 94211. En: Informe Técnico FOMIX 2008-94211.

DIAGNÓSTICO DE EFLUENTES DE QUESERÍAS Y ALTERNATIVAS PARA SU TRATAMIENTO

ERIC PASCAL HOUBRON¹
MICHEL DE LA CRUZ CANUL CHAN²
ELENA RUSTRIÁN PORTILLA³

INTRODUCCIÓN

La industria alimentaria es uno de los principales sectores en el desarrollo de la economía mundial en que el queso representa uno de los productos más relevantes del mercado, con una producción mundial de 21.3 millones de toneladas por año (Fernández *et al.*, 2016). La producción de queso genera como principal subproducto el lactosuero, que consiste en la fracción líquida de la leche que se obtiene tras la precipitación y recuperación de caseína. Este subproducto se caracteriza por poseer un 85-95% del volumen total de la leche empleada, y una retención de 55% de nutrientes (Shankar *et al.*, 2015). En México, la producción del queso se desarrolla en empresas artesanales y algunas con uso intensivo de tecnología, en las cuales, el lactosuero que se produce es un subproducto poco aprovechado por los productores razón por la que se considera un problema ambiental.

Las queserías artesanales producen entre dos mil y 10 mil litros de lactosuero, de los que buena parte es desechada sin algún tratamiento previo y como consecuencia de su contenido acuoso y rápida descomposición contamina el suelo y/o

¹ Profesor-investigador de la Facultad de Ciencias Químicas-UV, (ehoubron@uv.mx).

² Profesor-investigador de la Facultad de Ciencias Químicas-UV. (mcanul@uv.mx).

³ Profesora-investigadora de la Facultad de Ciencias Químicas-UV. (rustrianel@gmail.com).

mantos acuíferos o bien representa un alto aporte contaminante si se vierte a la red de drenaje municipal (Montero *et al.*, 2009). En el Estado de Veracruz, para el año 2016 la producción de lactosuero fue de aproximadamente 354 227 miles de litros provenientes de leche bovina, mientras que el queso de cabra generó 989 mil litros de suero (Osorio-González *et al.*, 2018). La localidad de San José Miahuatlán, ubicada en la zona centro del estado de Veracruz, se caracteriza por la elaboración de queso artesanal, como parte de las actividades productivas del sector económico de la región. Aunque la fabricación de queso es una de las actividades más importantes del sector económico en la localidad, los problemas por contaminación son persistentes debido a la falta de aprovechamiento en el uso del lactosuero y al acceso de financiamiento para la implementación de tecnología.

El objetivo del estudio es presentar las experiencias derivadas de un estudio desarrollado en la zona de Miahuatlán, donde los sectores sociales y las autoridades municipales mostraron preocupación por los problemas de contaminación del río Naolinco y la mala calidad del agua de abasto de Miahuatlán. Se presentan así las generalidades de la problemática encontradas y sus posibles fuentes, la estrategia metodológica seguida para elaborar un diagnóstico del problema y estudiar a nivel laboratorio las alternativas tecnológicas más adecuadas para resolver la problemática encontrada. Igualmente se presentan los resultados y conclusiones a las que se llegó tras desarrollar las diferentes alternativas de solución propuestas.

ORIGEN DE LA AGROINDUSTRIA QUESERA EN MÉXICO Y VERACRUZ

El queso es un producto de amplio consumo en nuestro país y los quesos mexicanos inician su historia durante la época de la Colonia ya que en la Mesoamérica precolombina no se tienen registros de ganado lechero, de modo que, tras ser introducidas cabras, vacas y ovejas se inicia la tradición por producir y comer productos lácteos. Esto dio origen a una considerable variedad de quesos mexicanos siendo las regiones de los Altos de Jalisco, la comarca lagunera en el área de Coahuila y Durango, las pioneras en producirlos (Quesos, 2023).

De acuerdo con lo referido en la página electrónica Quesos.com, en los años recientes, se reconocen como grandes productores de quesos los estados de Aguas-

calientes, Chiapas, Chihuahua, Estado de México, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tlaxcala y San Luis Potosí, elaborando quesos con leche de vaca y en menor proporción con leche de cabra. Las diferentes variedades de quesos en México están clasificadas de acuerdo con el tipo de leche, textura, región o tiempo de maduración. Hay entre 20 y 40 tipos de quesos, algunos son: Bola, Chihuahua, Chongos, de Cincho, Adobera, Asadero, Cotija, Epazote, Fresco, Hoja, Jocoque, Morral, Oaxaca, Panela, Requesón, Sierra, Sopero, Trenzado, Rueda, entre otros; no obstante, ninguno de los mencionados se encuentra amparados por una Denominación de Origen Protegida (DOP). Algunas variedades de queso, pueden ser la misma, pero se conocen con nombres diferentes en dos o más regiones (Quesos, 2023).

Para el caso concreto del estado de Veracruz, buena parte de los quesos que se consumen en este, son fabricados en el hogar, granjas, ranchos y en pequeñas empresas dedicadas a fabricación y la comercialización de productos lácteos. Los tipos de queso producidos en la región de Naolinco son el queso fresco, elaborado con leche entera de vaca, es bajo en grasa y colesterol. Posee una textura esponjosa y se reporta que de este se han derivado otras variedades de quesos como el Panela, Adobera, Oaxaca y el Canasto. Tiene sus orígenes de la ciudad de Burgos, España, de acuerdo con Quessos.com. De forma semejante se fabrica el queso blanco (o jarocho), es un queso elaborado con leche desnatada de vaca, cremoso, de tonalidad blanca y en su elaboración se integra un coagulante o cuajo. También se produce, aunque en menor escala, el requesón mexicano que es un queso suelto, el cual es vendido en los mercados envueltos con hojas de maíz fresco. Su sabor es salado, se prepara con tostadas, en enchiladas, para untar en pan, en postres, entre otros.

México está caracterizado por ser uno de los países de América con variedad de quesos artesanales que han conseguido éxito por su sabor. Se han desarrollado desde la Colonia, y en cada región fueron adicionándose ingredientes locales en su elaboración, de modo que existen quesos con plantas aromáticas como el epazote y cilantro, otros adicionados con chiles, etc. El estado de Veracruz cuenta con regiones propicias para la ganadería, lo que ha permitido el desarrollo de diferentes cuencas lecheras, entre la que se encuentra la de La Joya, Naolinco y Miahuatlán, sitios que fabrican quesos de amplia aceptación regional y estatal. México es el décimo lugar a nivel mundial en producción de quesos y es el octavo en cuanto a su consumo, estimándose que un 10% de la leche de vaca producida en el país, se destina a producir quesos, principalmente quesos frescos y en muy menor escala, quesos madurados.

LA INDUSTRIA LÁCTEA Y SUS RESIDUALES

México contribuía en 2016 con 2% de la producción mundial de leche, ocupando el sitio 14 en importancia con cerca de 12 millones de toneladas de leche de vaca. De esta cantidad, Veracruz generó 700 mil litros de leche siendo el sexto estado productor de leche de vaca (SIAP-SAGARPA, 2009). Esta producción se ubica en diez municipios. Veracruz en 2009 reportó un inventario de cerca de 3 600 000 cabezas de ganado de doble propósito (carne y leche) y 58 930 son ganado especializado productor de leche ubicado en las partes altas del estado (región Orizaba, Xalapa y parte de la región de Los Tuxtlas). En la región de Xalapa, de acuerdo a las estadísticas del distrito de riego (DDR04) de Coatepec, los municipios lecheros son Acajete, Acatlán, Naolinco, Miahuatlán, Rafael Lucio, Xalapa y Banderilla. Así, la producción anual de Veracruz en 2009 alcanzó los 730 163 000 litros (SIAP-SAGARPA, 2009). La elaboración de productos lácteos representa el tercer lugar en el producto interno bruto de la industria alimentaria nacional con 10%. Respecto a la producción industrial de queso en el periodo 2010-2018 la producción de queso fresco se duplicó pasando de 46 820 a 85 422 toneladas en el país.

En la región de Xalapa, la ganadería ha significado sustituir áreas de cultivo de maíz por praderas siendo los ejemplos más notables los municipios de Acatlán y Miahuatlán que tradicionalmente fueron productores de maíz y ahora son lecheros. En Miahuatlán en el 2010, la producción de queso correspondía a 12 queserías, de las cuales dos microempresas elaboran queso de forma industrial y el resto artesanal (Houbron, 2010). La producción es de más de mil kilos para el primer grupo, y menos de 500 kilos para el segundo. La fabricación de queso es una de las actividades más importantes en la región, pero a la vez está causando problemas por contaminación debido a la falta de aprovechamiento del lactosuero. En 2010 en el municipio de Miahuatlán, no existían organizaciones de queseros y al efectuar estudios de campo, se ubicaron 12 establecimientos. En 2018 se tenían registrados 20 fabricantes de queso artesanal, reunidos en la Asociación de Queseros de Miahuatlán (Torres y Romero, 2018) quienes reportan que estos productores generan entre 40 y 45 mil L de suero de leche por día.

Para tener idea del impacto que tiene el suero en el cuerpo receptor debemos entonces considerar que si la industria quesera local produce una cantidad aproximada de 40 mil litros diarios de suero sin depurar, de acuerdo a la composición del

suero que ha sido reportada en la literatura así como los valores obtenidos en este estudio, estas cantidades generadas, representa una contaminación equivalente a una población de 1 250 000 habitantes (Valencia y Ramírez, 2009) en tanto que la población de Miahuatlán en 2015 era de 4 685 y en 2017 de 4 734 habitantes, de acuerdo al Sistema de Información Municipal de SEFIPLAN, Veracruz (2016). Otra manera de expresar el impacto ambiental de la eventual descarga de lactosuero a un curso de agua puede expresarse si tomamos como base de cálculo mil litros de suero sin tratar; estos tienen una capacidad de generar aproximadamente 35 kilos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y cerca de 68 kilos de demanda química de oxígeno (DQO), equivalente a la contaminación de aguas negras causadas en un día por 500 personas (Castells *et al.*, 2017).

ESTUDIO INICIAL Y CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

La estrategia metodológica seguida consistió en elaborar un diagnóstico, caracterizar las aguas residuales de los generadores más importantes y con base en dicha caracterización aplicar los criterios de las normas oficiales mexicanas en materia de aguas y aguas residuales vigentes para dimensionar el problema de las descargas, los valores de vertido a respetar y en función de ello seleccionar al menos dos alternativas de tratamiento posibles.

Resulta muy difícil analizar de forma técnica todos los compuestos del agua residual por lo cual se requiere de parámetros generales capaces de dar información sobre la cantidad y tipo de contaminación (Houbron, 2010). La Comisión Nacional del Agua enfoca sus esfuerzos sobre los parámetros Demanda Química en Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica en Oxígeno a cinco días (DBO_5) y sólidos. Las dos primeras son medidas indirectas del carbono y por consecuencia de la materia orgánica, ya sean, proteínas, carbohidratos o lípidos y se pueden cuantificar por la cantidad de oxígeno necesaria para oxidarlos hasta dióxido de carbono. Entre más elevada se encuentra la concentración DQO y/o DBO_5 , más contaminada está el agua. Finalmente, si analizamos el agua residual, se aplican los requerimientos de la norma NOM-ECOL-001-1996 y para la destinada al uso y consumo humano se aplica la NOM-127-SSA1-1994.

Para los cuerpos receptores: ríos, lagos y lagunas no existe una normatividad tan precisa por lo que en general se aplica la fórmula de cálculo, ponderando para definir un índice de calidad del agua (ICA). Esta fórmula representa la participación ponderada de 18 parámetros permitiendo la transformación de la concentración en índice, con una escala de valores de 0 a 100, asociada a una escala colorimétrica. El resultado obtenido se expresa en porcentaje y presenta un valor comprendido entre cero y cien (figura 10). Un ICA de Cero es característico de un agua de calidad inaceptable para cualquier uso. Sin embargo, un valor de cien es característico de un agua de excelente calidad que no requiere tratamiento para el consumo humano (CONAGUA, 2000).

ESCALA DE CALIFICACION GENERAL DE LA CALIDAD DEL AGUA								
INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (%)	100	EXCELENTE	NO REQUIERE PURIFICACION	ACEPTABLE PARA CUALQUIER DEPORTE ACUATICO	ACEPTABLE PARA TODOS LOS ORGANISMOS	NO REQUIERE PURIFICACION	ACCEPTABLE	ACCEPTABLE
	90	ACCEPTABLE	LIGERA PURIFICACION	ACEPTABLE NO RECOMENDABLE	EXCEPTO ESPECIES MUY SENSIBLES	LIGERA PURIFICACION PARA ALGUNOS PROCESOS		
	70		MAYOR NECESIDAD DE TRATAMIENTO		DUDOSO ESPECIES SENSIBLES	SIN TRATAMIENTO PARA LA INDUSTRIA NORMAL		
	50	CONTAMINADO	DUDOSO	DUDOSO CONTACTO CON AGUA	SOLO ORGANISMOS MUY RESISTENTES	CON TRATAMIENTO EN LA MAYOR PARTE DE LA INDUSTRIA		
	30	FUERTEMENTE CONTAMINADO		SIN CONTACTO CON AGUA	NO ACEPTABLE	USO MUY RESTRINGIDO		
	20	INACEPTABLE	NO ACEPTABLE	SEÑAL DE CONTAMINACION		NO ACEPTABLE		
	0			NO ACEPTABLE	NO ACEPTABLE			
	CRITERIO GENERAL	ABASTECIM. PUBLICO	RECREACION GENERAL	PESCA Y VIDA ACUATICA	INDUSTRIAL Y AGRICOLA	NAVEGACION GENERAL	TRANSP. DESECHOS TRATADOS	
U S O D E L A G U A								

Figura 10.- Índice de Calidad de Agua (ICA). Clasificación y posibles usos del agua en función del porcentaje de ICA obtenido. Fuente: CONAGUA, 2000.

BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE QUESO

La leche es uno de los alimentos más completos que existe en la naturaleza por su alto valor nutritivo. Está compuesta por agua, materia grasa, proteínas, carbohidratos (lactosa), calcio, minerales y sal. Contiene un 87% de agua por lo que es una mezcla muy compleja y heterogénea en la cual los minerales y los carbohidratos se encuentran disueltos, las proteínas están en forma de suspensión y las grasas como pequeñas partículas insolubles en agua. Para producir queso se añade el cuajo a la leche, se agita y más o menos en una hora y media se obtiene el coágulo. Una vez que se ha realizado el cuajado, se procede a separar el líquido (suero) de los sólidos (queso) y de esta forma se obtiene el lactosuero primario. A la pasta obtenida, o sea el queso, se le adiciona sal para sazonarse y después se le da la forma deseada para su venta.

El lactosuero, suero lácteo o suero de queso es el líquido que se separa de la leche cuando esta se coagula para la obtención del queso, son todos aquellos componentes de la leche que no se integran en la coagulación de la caseína. El suero de la primera cuajada solía ser regalado para la alimentación de ganado porcino, se descarga a la red de drenaje municipal, o se emplea para la fabricación de requesón. Esta última opción solo se realiza cada cuarto día, en función de la demanda de dicho producto y solo en una de las dos queserías estudiadas. El requesón se produce mediante una segunda cuajada. Mediante un proceso térmico se retira el remanente de caseína y grasa del suero primario, el cual se lleva a ebullición por una hora. De manera inmediata se observa la formación de una pasta en la superficie, la cual se extrae manualmente para proceder a empaquetarla. En esta última etapa, se genera como desecho el suero secundario.

Se estima que a partir de 10 litros de leche de vaca se puede producir de uno a dos kilogramos de queso y un promedio de ocho a nueve kilogramos de suero. Al representar cerca de 90% del volumen de la leche, el lactosuero contiene la mayor parte de los compuestos hidrosolubles de esta, 95% de lactosa (azúcar de la leche), 25% de las proteínas y 8% de la materia grasa de la leche (Cristiani, 2000). Su composición varía dependiendo del origen de la leche y el tipo de queso elaborado, pero en general el contenido aproximado es de 93.1% de agua, 4.9% de lactosa, 0.9% de proteína cruda, 0.6% de cenizas (minerales), 0.3% de grasa, 0.2% de ácido láctico y vitaminas hidrosolubles. Cerca de 70% de la proteína cruda que

se encuentra en el suero corresponde a proteínas con un valor nutritivo superior al de la caseína, como son β -lactoglobulina, α -lactoglobulina, inmunoglobulinas, proteosa-peptonas y enzimas nativas. De acuerdo a su acidez, el suero se divide en dulce (pH mayor de 8), medio ácido (pH 5-5.8) y ácido (pH menor a 5). El lactosuero ácido, se produce en su mayor parte en la fabricación de caseína por la incorporación de un ácido, el más empleado suele ser el ácido clorhídrico, el cual produce su coagulación. Por otro lado, el dulce se obtiene a partir de la elaboración de quesos de pasta prensada utilizando para la coagulación el cuajo y la quimosina o bien los cuajos de hongos o vegetales. Presentan una acidez no muy elevada entre 5° y 26° como se emplea en el ámbito alimenticio (Rondan, 2000).

CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DE QUESERÍA

Las primeras acciones a desarrollarse para el tratamiento de aguas residuales son, establecer una correcta caracterización del efluente, después reducir la carga contaminante a su fuente, y finalmente proponer un sistema de tratamiento adecuado. A lo largo del primer año del proyecto “Programa para la restauración integral de la microcuenca del río Naolinco, Veracruz” se hicieron tres campañas de muestreos. Estos se efectuaron en los meses de julio, septiembre y octubre del 2009. En el primero se tomaron muestras puntuales y en los dos restantes se llevó a cabo un muestreo compuesto. Estos se realizaron en dos establecimientos de mayor producción, las más representativas de Miahuatlán porque son las más organizadas, tienen sus procesos de producción muy sistematizados y sus dueños están sensibilizados al impacto de su actividad profesional, lo que es relevante en el proceso de gestión de sus aguas residuales. Por otro lado, estos establecimientos emplean dos principales procesos de fabricación del queso, mismos que se diferencian porque una de ellas produce requesón y la otra no. Este hecho implica una recuperación de suero. En estas fábricas se elaboran diferentes tipos de queso entre los cuales se encuentran el queso fresco, el queso tipo Oaxaca y rancho. Las aguas de lavados y el lactosuero (total o parcialmente en función que se recupere o no) son desechadas al sistema de drenaje municipal.

Los comercios estudiados que se denominarán quesería A, que produce solo queso y quesería B, que produce queso y requesón, procesan 4 500 L/d y 15 000

L/d de leche en promedio respectivamente. El uso de agua para las actividades de limpieza según los datos proporcionados por los productores es de 4 000 L y 15 000 L por día, es decir un promedio de 0.9 L a 1.1 L de agua por litro de leche procesada. Considerando un 70% de suero por litro de leche procesado se estima una generación de lactosuero de 3 150 L y 10 500 L por día. La producción total de aguas residuales es una producción de 1.8 L hasta 2.0 L por cada litro de leche. Estos valores son representativos de los que se generan en todas las comercios familiares y artesanales de esta región en el estado de Veracruz.

Quesería A.- Aquí se realizaron dos campañas de muestreo, las cuales consistieron en muestras compuestas ejecutadas manualmente durante períodos de dos horas y ocho horas. Se tomó una muestra manual de 90 ml cada 6 minutos, recuperando un litro de agua residual por cada hora de monitoreo.

Quesería B.- También se realizaron dos campañas de monitoreo mediante la toma de muestras compuestas de cinco horas y 24 horas proporcional al tiempo. Se realizó un muestreo de 90 ml cada seis minutos gracias a un muestreador automático ISCO 3700. Así, se recuperó un litro de agua residual por cada hora de monitoreo y se generó la muestra compuesta mediante una mezcla proporcional al tiempo de las diferentes botellas. En la tabla 13 se presenta la caracterización promedio de las aguas residuales, así como los valores reportados sobre las aguas residuales.

Tabla 13. Caracterización promedio de las aguas residuales de las queserías de Miahuatlán y valores de referencia para procesos en que el agua residual contiene o no lactosuero.

Parámetros	Unidad	A.R. de queserías de Miahuatlán	Valores de referencia de A.R. Sin suero*	Valores de referencia de A.R. Con suero**
pH		4.27-7.2	5.4-5.5	4.5-7
Temperatura	°C	24 - 30		
Conductividad	μmhos/cm	10		
DQO total	mg/L	14 152-31 913	450-5 000	23 000-33 000
DQO soluble	mg/L	5 946-14 047		

Parámetros	Unidad	A.R. de queserías de Miahuatlán	Valores de referencia de A.R. Sin suero*	Valores de referencia de A.R. Con suero**
DBO5	mg/L	10 153-19 087	500-2 000	
STT	mg/L	11 301-29 993	2 400-3 800	24 000
STV	mg/L	9 324-24 403	2 200	20 000
SST	mg/L	1 200-14 200		
SSV	mg/L	863-13 876		
NTK	mg/L	28-89	16 -250	
N-NH4	mg/L	19-32		
P-total	mg/L	84.12	10-100	
DQO/DBO ₅		1.6-2.3	1.3-2.5	
DQO/N/P		100/0.25/0.6	100/3-5/2	

Fuente: * Banu *et al.*, 2007; Schwarzenbeck *et al.*, 2005; Rajeshkumar y Jayachandran, 2004; Arango y Sánchez 2009.

Observando los rangos de concentración de la DQO, DBO y sólidos, las aguas residuales de los establecimientos de Miahuatlán presentan una composición típica de aguas residuales con lactosuero. Por tal motivo el impacto de estas en la composición del agua del drenaje municipal es muy importante e insoportable por una planta de tratamiento de aguas residuales municipales diseñada con valores tradicionales. Por otro lado, observamos, que cuando se retira el lactosuero, la composición del agua residual es “aceptable” y representativa de las acciones de lavado de material, lo que genera poco arrastre de materia orgánica. Las aguas residuales de estas las queserías A y B, presentan una relación de DQO/DBO₃ con valores

favorable del orden de 2.3 lo que nos indica que esta agua presenta un excelente potencial de biodegradabilidad. Ambas aguas contienen nutrientes, sin embargo, la relación DQO/N/P presenta una ligera deficiencia en Nitrógeno para alcanzar un tratamiento biológico óptimo ya que la relación deseada es de 100/5/1. Finalmente el pH presenta valores de ácida a neutra debido a la descarga del lactosuero.

En la tabla 14, se pueden apreciar las cargas contaminantes generadas en diferentes queserías de esta comunidad en las cuales se realizaron muestras puntuales al azar a lo largo de una jornada de producción. La composición de estas aguas residuales es mucho más elevada en cuanto a materia orgánica, sólidos y sales. Se descargan a la red municipal efluentes hasta 132 000.00 mg/L en DQO y 95 000 mg/L en sólidos. Es obvio que estas no producen requesón a partir del lactosuero y así liberan muchos sólidos, los cuales todavía tienen un potencial económico elevado.

Tabla 14. Caracterización puntual de las aguas residuales generadas en seis diferentes queserías de Miahuatlán y del lactosuero primario y secundario generado en la fabricación de queso y requesón en Miahuatlán, Veracruz y valores de referencia reportados por diferentes autores.

Aguas residuales de queserías									
Muestra Quesería	DQO Total mg/L	DQO Soluble mg/L	Fosforo mg/L	NTK mg/L	N-NH4 mg/L	STT mg/L	SST mg/L	Sales mg/L	pH
1	93 140	86 248	190	137	15	74 037	3 542	8 188	4.0
2	125 635	26 112	115	40	11	36 083	27 487	5 737	4.8
3	95 438	63 600	232	184	117	59 087	4 308	11 208	4.6
4	132 528	89 530	192	212	117	62 147	5 673	5 777	4.6
5	102 331	82 965	134	212	122	61 450	5 128	5 322	4.6
6	115 788	98 392	228	148	25	95 243	5 688	8 972	4.4

LACTOSUERO									
Primario	69 083- 117 407	29 806- 110 506	66-281	245- 295	73	62,140	25 133- 104 133	--	6.2
Secundario	32 572- 134 824	11 347- 100 976	66-244	148- 207	120	39 813	8,900- 15 636	--	5.3
Valores de ref (*)	80 000	--	150	130	--	75 000	8 600	--	6.0

Fuente: *Panesar *et al.*, 2007; Arango y Sánchez 2009; Patel *et al.*, 1999.

A su vez, las caracterizaciones de los lactosueros primario y secundario se presentan en la tabla 14, así como los valores reportados en la literatura. La mayor diferencia entre el primario y el secundario es la presencia de sólidos. Al retener los sólidos para elaborar el requesón, estos desaparecen del suero. Sin embargo, el pH permanece ácido, y la cantidad de materia orgánica disuelta no se reduce. Por otro lado, se constató una gran variación de los resultados en función del día de muestreo, lo que refleja un proceso de producción no sistematizado, es decir, sin seguir un protocolo estandarizado de elaboración del producto. La cantidad de materia orgánica del lactosuero es importante y representa una carga contaminante 200 veces más elevada que un agua residual urbana. Por tal motivo, al mezclar este suero a las Aguas Residuales (AR) se incrementa drásticamente y de manera incontrolada la materia orgánica.

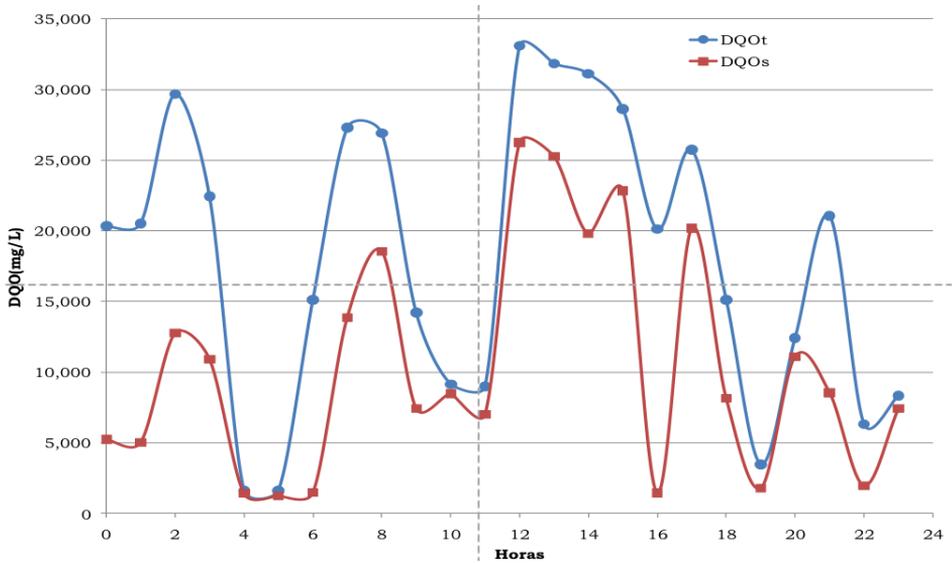
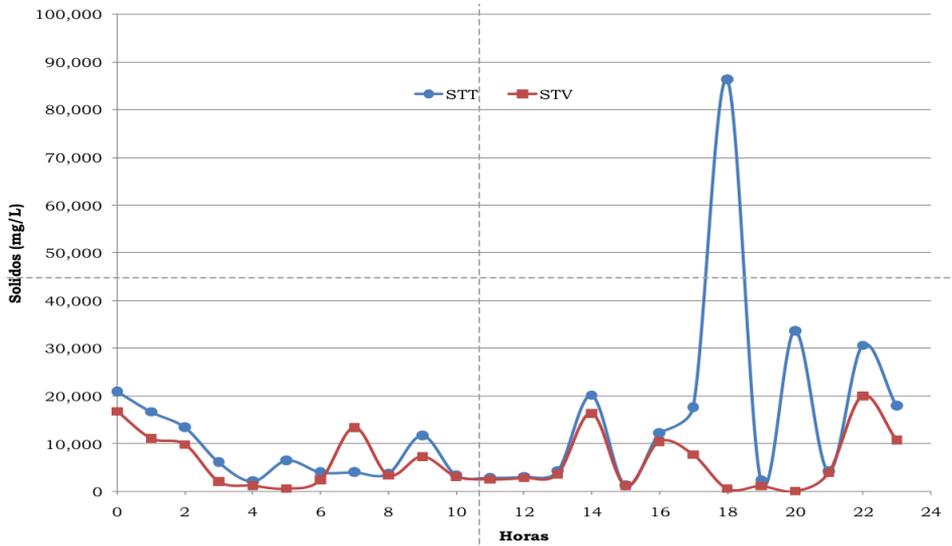
Para finalizar, este suero presenta un alto contenido orgánico al cual se le podría dar un valor agregado. Al verterlo al drenaje, este exceso de materia orgánica tiene que ser procesado vía un tratamiento de aguas residuales, sin embargo, para valorizarlo, no debería mezclarse a las AR y mediante un proceso de recuperación simple se podrían considerar diversas opciones o alternativas de valorización para su uso en alimentación porcina, producción de moléculas con valor agregado y/o producción de vinagre entre otros.

VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES (AR) Y CONSIDERACIONES PARA PROPONER ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede afirmar que no debemos utilizar la composición actual de las aguas residuales para el diseño de un proceso de tratamiento, ya que este sería sobredimensionado, teniendo como consecuencia inmediata el aumento de los gastos de inversión y operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), por un factor superior a 95%. Las queserías deben orientar sus esfuerzos para optimizar su proceso de fabricación, desde garantizar la calidad del agua de proceso utilizada, aplicar una política de gestión del consumo de agua, de separación de redes, de recuperación de los sólidos y sales, y una valorización del suero en vez de descargarlo al drenaje. Efectivamente, al utilizar un agua purificada para el proceso de fabricación, se aumenta la calidad del producto final y se hace conciencia que el agua es un insumo vital para el proceso y hay que medirla. La mayoría de estas no tiene separación de redes, por lo cual se mezclan antes de ir al drenaje municipal, tanto las aguas de lavados, el lactosuero y las aguas de lluvia. El lactosuero representa más de 80% de la carga contaminante, pero contiene todavía un potencial alimenticio, económico y energético muy elevado como ya fue señalado.

Para entender un poco más la evolución de la carga orgánica de las aguas residuales de se presenta en la figura 16A la evolución de la concentración en DQO total y soluble del agua residual durante las 24 horas del muestreo en la quesería B. Al observar estos perfiles se aprecian las variaciones de concentración directamente relacionadas a los cambios de actividades en el transcurso del día, con máxima de hasta 34g DQO/L y mínima de menos de 1gDQO/L. Por otro lado, aunque la diferencia entre la DQO total y soluble reflejan la presencia de sólidos en suspensión, es importante observar que la mayor parte de la materia orgánica se encuentra en forma disuelta, lo que orienta el tratamiento de dichas aguas residuales hacia un tratamiento biológico, con un pretratamiento mecánico y/o físico químico.

La variación es muy importante y nos permite entender la pertinencia de una muestra compuesta, ya que una simple es una característica al momento del muestreo. El diseño de un sistema de tratamiento sobre una muestra puntual llevaría a un error de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales. Las muestras



Figuras 16 A y B. Perfil de 24 horas de la concentración en DQO total y soluble (arriba) en sólidos totales y volátiles(abajo) en la Quesería B. Fuente: Elaboración propia, 2023.

compuestas permiten homogeneizar la composición del agua residual en función del tiempo y favorecer así la toma de decisiones. Si consideramos la evolución de los perfiles de los sólidos (figura 16B), estos siguen las mismas tendencias que las de la DQO, con variaciones de 100 hasta 87 000 mg/L, ligadas a las diversas actividades diarias. Por otro lado, podemos observar que la mayor parte de estos sólidos es volátil o sea orgánica, lo cual obliga a aplicar un tratamiento. Al comparar estos valores con los de la DQO, deducimos que la mayor parte de estos sólidos están disueltos y su mayor carga proviene de la lactosa presente en el suero.

Dada la variación de las concentraciones en el transcurso del día, no es recomendable diseñar un sistema de tratamiento basándose en las cargas pico. En este caso sería mejor considerar una homogeneización previa del efluente para así poder alimentar al sistema de tratamiento biológico con un influente cuyas características sean más homogéneas y así asegurar la estabilidad del proceso y su eficiencia de tratamiento.

DESARROLLO Y ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS

Un primer problema manifiesto era la calidad de agua de abasto de Naolinco que era motivo de queja constante de sus habitantes. En un primer recorrido pudo notarse que la toma de agua “potable” de Naolinco se ubicaba unos metros más arriba de la descarga del drenaje municipal de Miahuatlán al nivel de una represa ubicada en el lugar denominado “La Ermita”. Para poner fin a esta situación se recomendó reubicar el punto de abasto a un sitio previo a la descarga. La caracterización efectuada mostró la alta concentración de los efluentes de la industria quesera, compuesto por la mezcla de aguas de lavado y lactosuero, que afectan de forma negativa a la red de drenaje. Tras reunión entre las autoridades municipales y los representantes de las queserías se estableció el origen de la materia orgánica, la cuantificación de esta y la responsabilidad de cada parte fue definida, tomando en cuenta los puntos siguientes:

- La mayor parte de la materia orgánica del agua de drenaje proviene de la actividad quesera.
- Un 95% de la materia orgánica del agua residual proviene del lactosuero.

- Al producir requesón se reduce la cantidad de sólidos en un 40%.
- La actividad humana representa alrededor de 1 000 m³ de Aguas Residuales Urbanas (ARU) conteniendo 500 mg/L de DQO.
- La actividad quesera representa de 1 L a 2 L de AR por Litro de leche y 0.7 L a 0.8 L de lactosuero por litro de leche procesada con una DQO de 80 000 mg/L.

Bajo estas condiciones, se plantearon varias opciones de tratamiento recomendadas en función de los resultados obtenidos en la etapa de caracterización de las aguas residuales (AR) generadas en las queserías de Miahuatlán, considerando ventajas e inconvenientes de cada una.

- Agua de drenaje sin modificaciones de gestión; Al procesar una DQO de 7 000 mg/L se recomienda un sistema de tratamiento anaerobio. En este caso, el sistema está sobredimensionado de 95% comparado al necesario para tratar las AR urbanas
- AR Urbana solamente. Para procesar una DQO de 300 mg/l y un volumen de 250 L por habitante, se recomienda un sistema aerobio.
- AR de Quesería sin modificación en la gestión del lactosuero. Para tratar un DQO de 30 000 mg/L se recomienda un sistema anaerobio, sin embargo, el sistema sería sobredimensionado de 95% si tratáramos las AR Quesería sin lactosuero
- A.R. Quesería sin lactosuero. Para trata un agua residual de 2000 a 5000 mg/L de DQI se recomienda un sistema aeróbico o anaeróbico. La elección dependerá de los objetivos fijados tales como eficiencia de remoción avanzada o producción de energía y baja producción de lodos en exceso.

Tratar las aguas residuales sin modificación de su gestión tanto a nivel municipal como en las queserías representaría una opción muy costosa tanto en la construcción como en la operación. Las únicas soluciones viables serian el tratamiento de las aguas residuales urbanas mediante un tratamiento adecuado y el tratamiento *in situ* de las aguas residuales considerando la separación y la valorización del lactosuero. Así, se procedió a efectuar estudios a escala laboratorio para probar las alternativas que se consideraron más factibles considerando los resultados de la

etapa de caracterización y el manejo de las AR en los comercios de Miahuatlán. Los ensayos efectuados se presentan a continuación, para todos ellos se utilizó AR libre de lactosuero y se probaron tres diferentes tecnologías.

1a. Proceso SBR (Sequencing Batch Reactor) o reactor secuencial discontinuo

Es un proceso mediante en el cual todas las fases de tratamiento ocurren en el mismo tanque (figura 17), un ciclo de operación de un reactor SBR se compone de al menos cuatro etapas: llenado, reacción, sedimentación y vaciado, durante las cuales el volumen de alimentación y de vaciado son los mismos. La duración de un ciclo puede calibrarse en función de la eficiencia de remoción o bien en función de un tiempo determinado. La operación del reactor puede realizarse en condición aeróbica como anaeróbica, o bien combinación de ambas. En este estudio se probó la pertinencia de la tecnología SBR aeróbica y anaeróbica para el tratamiento de aguas residuales de quesería sin lactosuero. Los reactores fueron arrancados con aguas residuales sin lacto suero con una concentración aproximada de 2 000 mg/L en DQO, y una concentración en lodos aerobios y anaerobios de 2 g SSV/L y 4 g SSV/L. Los reactores se arrancaron en modo batch y después se operaron de manera discontinua y a diferentes Cargas Volumétricas Aplicadas (Cva), durante más de un año.

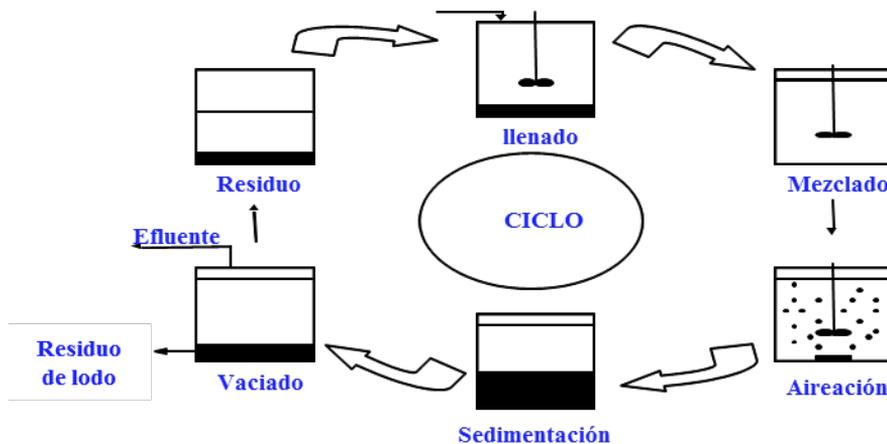


Figura 17. Ciclo de operación del reactor SBR Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tabla 15. Configuración del ciclo de operación aplicado.

Etapas	Duración
1. Llenado	15 min.
2. Reacción: aireación y agitación	22 horas
3. Decantación	2 horas
4. Vaciado	15 min.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

1b. Proceso SBR Aerobio

Para el montaje experimental se empleó un reactor de vidrio de cinco litros de capacidad y dos litros de volumen útil. La aireación se suministró por medio de dos difusores de aire de pecera y una bomba de aire. La agitación se hizo por medio de una placa de agitación a 200 rpm. Durante estos ensayos, se aplicó un ciclo de tratamiento al día (24 horas), compuesto por las cuatro etapas del proceso SBR como se detalla en la figura 18 en que se muestra la composición/ duración de un ciclo del SBR. Durante un período 360 días se operó el reactor a tres diferentes Cargas Volumétricas Aplicadas (Cva) de 0.5 g DQO/L.d., 1.0 g DQO/L.d. y 2 g DQO/L.d. La figura 19A presenta la evolución de los perfiles de DQO total y DQO soluble de los efluentes de entrada y salida del reactor a lo largo de todo el experimento para las tres Cva estudiadas.

La operación del reactor se inició con una carga relativamente baja, de 0.5 g DQO/L.d, lo que representa una condición de aireación extendida. La concentración en DQO de la entrada fue de 4 126 mg/L en promedio y el volumen de alimentación fue de 330 mL/d. Estos valores de concentraciones son similares a las reportadas en la literatura para las queserías en donde existe una gestión adecuada de las aguas residuales y del lactosuero. Las condiciones de operación fueron de un ciclo al día. Bajo estas condiciones, 60 días fueron necesarios a los microorganismos presentes para adaptarse a este nuevo sustrato y poder degradar más de 98% de la materia orgánica introducida.

Una vez estabilizado el reactor, el efluente tratado de salida alcanzo una concentración en DQO total y soluble de 109 mg/L y 63 mg/L. Estos valores fueron

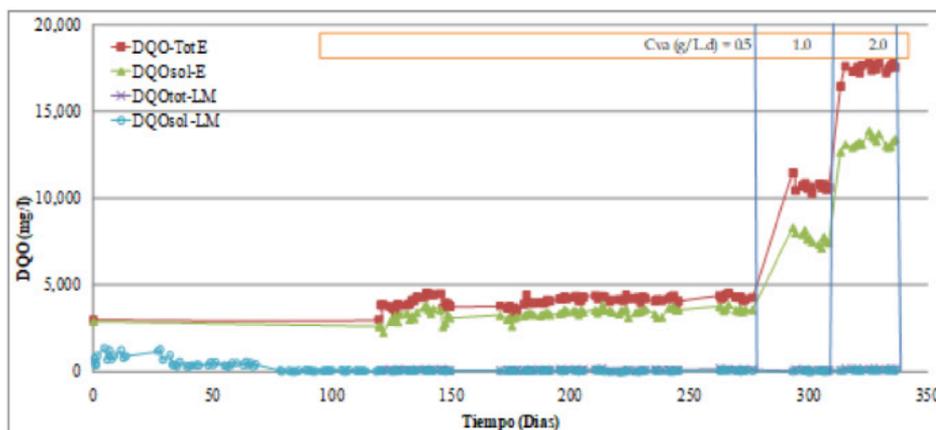
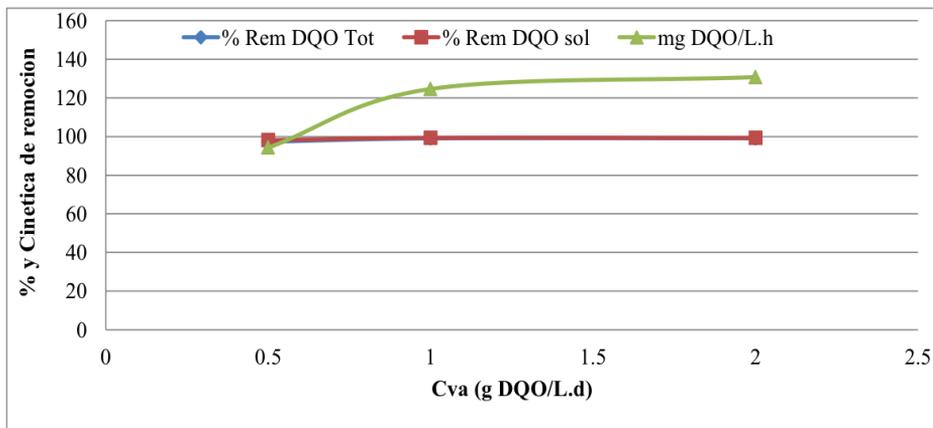


Figura 18A y B. Evolución de la DQO de entrada y salida (A) y Eficiencia y cinética de remoción de la DQO (B) para Cva de 0.5 gDQO/L.d, 1.0 gDQO/L.d y 2.0 gDQO/L.d en reactor SBR aerobio (elaboración propia).

estables durante más de 200 días de alimentación a una Cva real promedia de 0.58 g DQO/L.d, calculada sobre la DQO soluble. Esto demuestra la gran estabilidad del proceso SBR. Todos los perfiles obtenidos son similares y tras seis horas de

operación la mayor parte de la DQO fue removida. El comportamiento de los lodos aerobios es reproducible a lo largo de los ciclos de operación. Las 22 horas de aireación permiten alcanzar una mineralización completa de la DQO hasta concentración de efluente a tratar de 16 mil mg DQO/L, lo cual es parecido a un agua residual de quesería conteniendo lactosuero. Bajo estas condiciones intensivas de operación fue necesario aplicar varias purgas de lodo para mantener una concentración en SSV en el licor mezclado de 2 g/L a 4 g/L. Efectivamente, arriba de estas concentraciones se pierde la calidad de la sedimentación y la mayor parte del oxígeno transferido es utilizado para la respiración endógena de los microorganismos, lo que en un proceso real tiene un impacto fuerte sobre el costo de operación al incrementarse la necesidad de aireación.

En la figura 18B, se puede apreciar que la eficiencia de remoción de la DQO total y soluble promedio para cada una de las Cva probadas fue superior a 99%. Por otro lado, se puede observar la evolución de la cinética máxima de remoción de la DQO en función de la Cva. Esta velocidad presenta valores superiores a 100 mg DQO/L.h, y el aumento de la carga aplicada permite incrementar estos valores hasta 131 mgDQO/L.h.

Dada la eficacia y la estabilidad del proceso SBR aeróbico podemos considerar que esta tecnología es apta para el tratamiento de los efluentes de quesería con o sin lactosuero. Sin embargo, mediante un tratamiento aerobio, la tasa de producción de lodo puede alcanzar valores de hasta 60% de la DQO removida. Por lo cual al tratar los efluentes reales de los establecimientos de Miahuatlán con más de 40 000 mg DQO/L se puede esperar una alta producción de lodo, lo que pondría el proceso SBR en desventaja. El proceso SBR aplicado al tratamiento de efluente agroindustriales ha presentado resultados similares en el tratamiento de efluentes vitícolas (Houbron *et al.*, 1998) así como efluentes de cervecería.

1.c. Proceso SBR Anaerobio

Para el montaje experimental se empleó un reactor de vidrio de cinco litros de capacidad y tres litros de volumen útil. Para mantener las condiciones anaeróbicas el reactor está sellado y sin sistema de aireación. La agitación se hizo por medio de una placa de agitación a 200 rpm. La temperatura se mantuvo a 35 °C. Se utilizó un sistema de medición de biogás volumétrico de tipo Frasco de Mariotte. Mediante

una trampa de sosa 3 M, cual función es de retener el CO_2 , se midió la producción de metano. Durante estos ensayos se aplicó un ciclo de tratamiento de 24 horas, compuesto por las 4 etapas del proceso SBR con una duración de la Etapa de alimentación: 15 minutos, Etapa de reacción (anaerobia) 19.5 horas, seguida de la etapa de sedimentación con duración de 4 horas y la etapa de vaciado en 15 minutos.

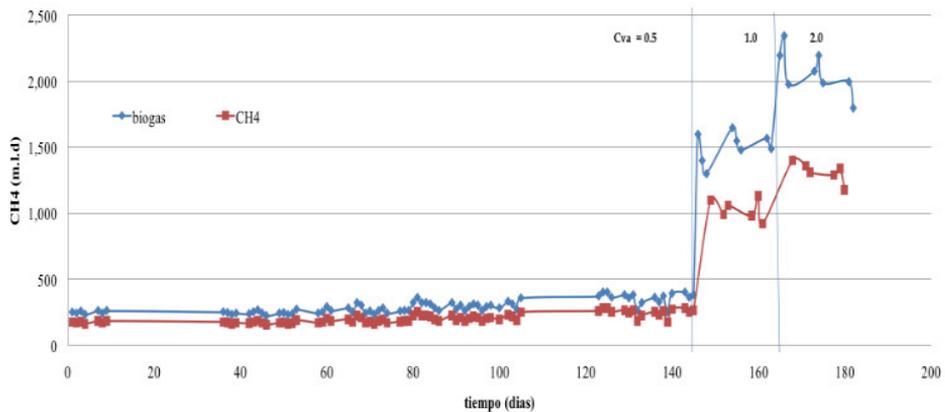
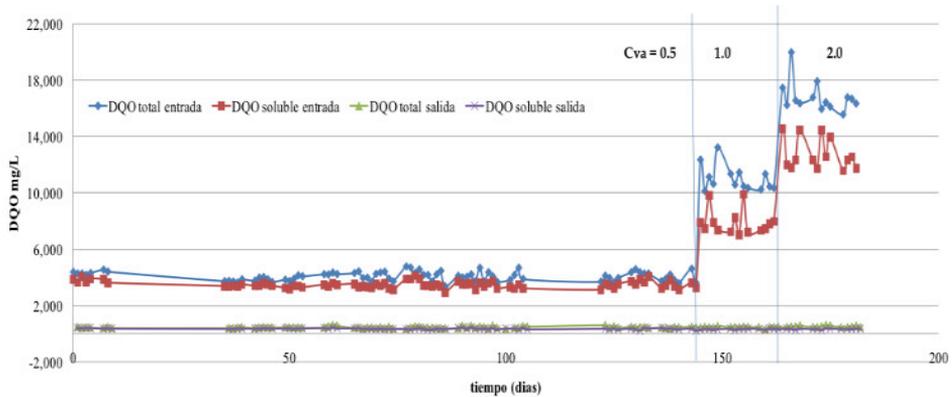


Figura 19 A y B. Concentración en DQO de la entrada y salida (A) y Producción diaria de biogás y CH_4 para Cva de 0.5, 1.0 g DQO/L.d. y 2.0 g DQO/L.d (B) en reactor SBR anaerobio. Fuente: Elaboración propia, 2023.

El reactor se arrancó en modo batch utilizando 600 ml de lodos anaerobios provenientes de una PTAR anaerobio de Orizaba Ver. Rápidamente se encadenaron los ciclos aplicando una Cva de 0.5 y después de 1.0 gDQO/L.d. y 2.0 gDQO/L.d. La figura 19A presenta la evolución de la concentración en DQO total y soluble del efluente de entrada y salida, y en la 19B la producción de biogás y metano para las Cva de 0.5 gDQO/L.d., 1.0 gDQO/L.d. y 2.0 gDQO/L.d.

En la figura 19 podemos observar que, para cualquiera de las concentraciones iniciales, que la calidad del efluente tratado es estable, constante y presenta valores de DQO total y soluble de 58 mg/L y 22 mg/L para la Cva de 1, y valores de 150 mg/L y 89 mg/L para la Cva de 1.0, y 289 mg/L y 103 mg/L para la Cva de 2.0 (figura 19). La materia orgánica removida se transforma en biogás. Existe un cierto desfase entre la remoción de la DQO y la producción del CH_4 , ya que se sigue produciendo gas, aunque la concentración en DQO del efluente es constante tras las 8 horas de operación. Este fenómeno es característico del involucramiento de un consorcio bacteriano y de una sucesión de actividad microbiana en el cual primero se hidroliza-solubiliza la materia orgánica, después ocurre la fase de acidogénesis, y finalmente la fase de metanogénesis a cargo de las bacterias productoras de metano.

Esta simbiosis microbiana permite alcanzar altas eficiencia de remoción de la DQO total y soluble con valores de 89%, 95% y 97% para las Cva de 0.5, 1.0 gDQO/L.d., y 2.0 gDQO/L.d. La materia orgánica procesada se transforma al 68%, 70% y 55% en CH_4 para las Cva probadas. El proceso SBR anaerobio, además de remover la materia orgánica con una eficiencia superior o igual a 90%, todavía permite obtener un producto energético con valor agregado, hecho económicamente interesante.

En las figuras 20A y 20B, podemos observar que las cinéticas de remoción de la DQO y la de producción del biogás se incrementan de forma proporcional al aumento de la concentración en sustrato (más elevada, mejor cinética). Las velocidades máximas medidas confirman que el proceso de metanización es más lento que el de la remoción de la DQO, fenómeno característico de una sucesión de actividad microbiana para la transformación del sustrato. Las cinéticas máximas alcanzadas son superiores a las obtenidas en condiciones aeróbicas bajo las mismas condiciones de carga.

El proceso SBR anaerobio fue así altamente eficiente para el tratamiento de las aguas residuales de queserías. Además, permite producir energía, lo cual repre-

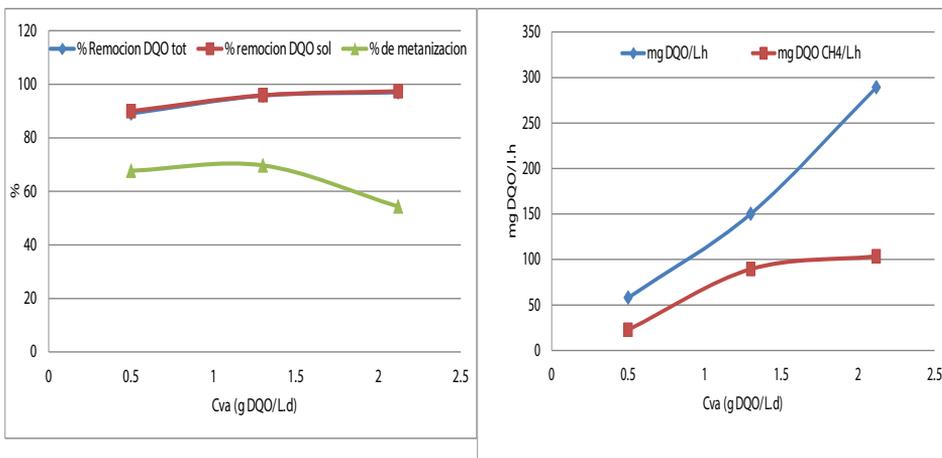
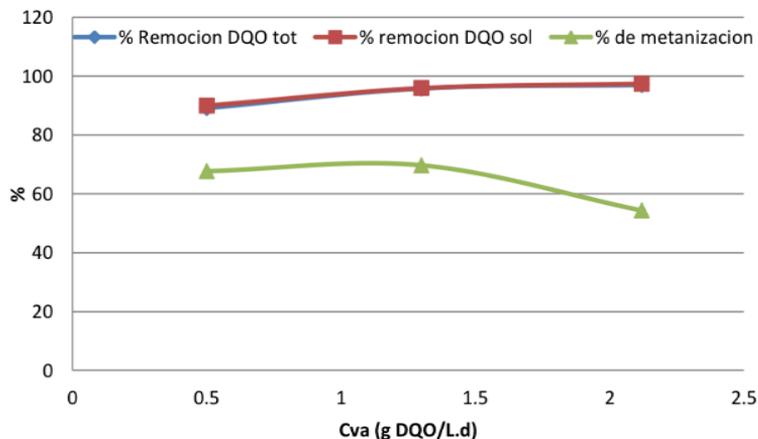


Figura 20 A y B. Eficiencia y cinética de remoción de la DQO (A) y Evolución de la cinética de producción de biogás y CH₄ en función de la Cva (B) en SBR anaerobio. Fuente: Elaboración propia, 2023.

senta un factor determinante en la explotación y generación de nuevos productos a partir del lactosuero. Aunque la calidad final del efluente es inferior a la obtenida en condición aeróbica, los costos de operación son menores y el valor agregado del metano y la baja producción de lodo posicionan el proceso SBR anaerobio como

una tecnología adaptada. Autores como Frigon *et al.* (2009) han observado una eficiencia de remoción de la DQO entre 70% y 80%. Sin embargo, al combinar el SBR anaerobio a una SBR aerobio lograron remoción del orden de 97%.

REACTOR DE LECHO DE LODO Y FLUJO ASCENDENTE

La digestión anaerobia representa una opción muy interesante ya que puede soportar cargas orgánicas elevadas y además valoriza la materia orgánica removida en Biogás. En los reactores *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB), el influente es distribuido en el fondo del reactor y viaja en modo de flujo ascendente a través del lecho de lodo. Combina un compartimento de reacción con un sedimentador interno y un separador de biogás. En el lecho de lodos, los contaminantes orgánicos son convertidos en biogás, este al elevarse en el reactor proporciona una agitación adecuada de la mezcla de lodo y agua, eso sin necesidad de mezclado mecánico. El biogás es colectado en un separador trifásico el cual es operado con una baja sobrepresión para aumentar el intercambio gas-liquido del área. La clave del éxito del proceso UASB, es el desarrollo de un lodo granulado denso, lo que permite aplicar elevadas cargas volumétricas. La experimentación se hizo con un reactor de 500 L siendo la primera parte del trabajo el diseño y la construcción de esta planta piloto (figura 21).

El arranque del reactor UASB se realizó en modo batch aplicando en una Cva de 1.0 g DQO/L.d. Los primeros ciclos presentaron una duración de varios días hasta alcanzar una remoción interesante. Pero tras 60 días de operación en modo batch, la duración de cada ciclo se redujo hasta poder eliminar más de 90% de la DQO en menos de 24 horas. Una vez estabilizado el reactor se alcanzó un promedio de 93% de remoción de la materia orgánica y una duración de ciclo de 24 horas.

Operación en continuo. -El reactor fue operado en modo continuo durante más de 100 días a temperatura ambiente de 25+/-5°C. Para su alimentación se utilizó un lactosuero fresco diluido para alcanzar una concentración de efluente a tratar de 5 mil mg/L de DQO y se operó a Cva de (1, 3, 5 y 2) g DQO/L.d, lo que corresponde a un tiempo de residencia hidráulico de (5, 1.6, 1 y 2) días. La figura 22A presenta la evolución de la DQO de entrada y de salida para cada una de las Cva probadas en el reactor UASB. Se puede apreciar que a lo largo de los días de

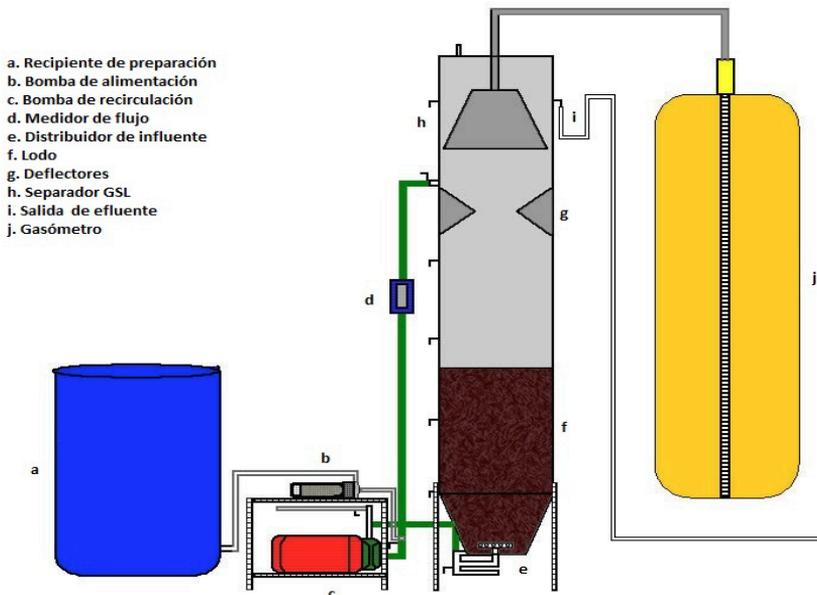


Figura 21. Esquema del reactor UASB empleado. Fuente: Elaboración propia, 2023.

operación el reactor se mantuvo estable y presentó un efluente de salida de calidad constante de 277, 225, 339, y 136 mg DQO/L. En el experimento se observó para las Cva de (1,3, 5, y 2) g DQO/L.d. una eficiencia de remoción de la DQO de 94.5%, 95.5%, 93.3%, y 97.3%. De manera cualitativa se midió la producción de biogás y esta fue proporcional a la Cva. El volumen teórico de metano que se produjo a Cva de 5 g DQO/L.d es del orden de 800 L/d. Mediante un sistema de medición volumétrico rústico se estimó una producción diaria de 500 L/d en promedio. Aunque este valor es cualitativo observamos que la DQO removida se transforma en biogás.

Todos estos resultados demuestran el potencial y la eficiencia de la tecnología UASB para el tratamiento de aguas residuales de quesería, considerando una recuperación de lactosuero, que permita al efluente no rebasar los 5 000+/-1 000 mg DQO/L. Considerando las cargas más elevadas que se puede alcanzar con esta tecnología, la UASB presenta como ventaja un volumen de instalación más reducido y más apropiado para un establecimiento ubicado en medio de una comunidad.

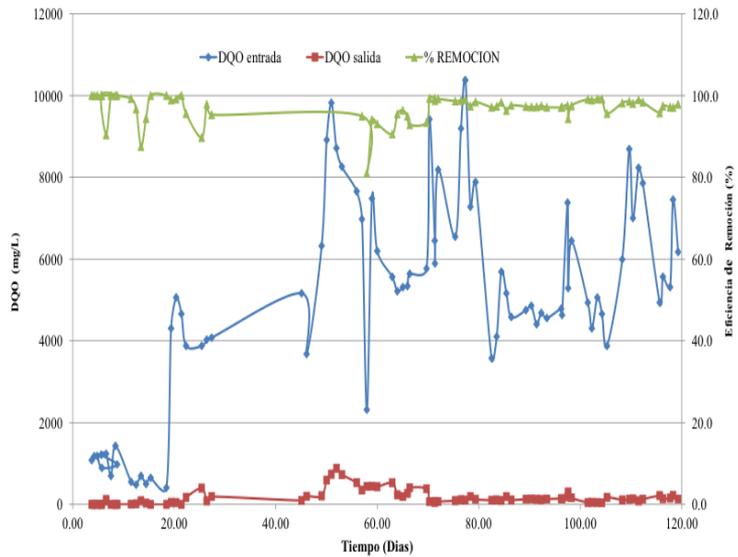
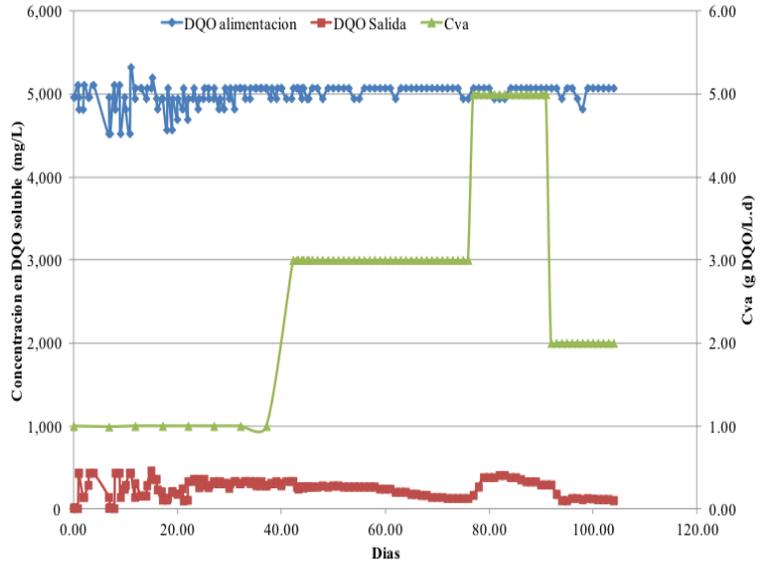


Figura 22 A y B. Evolución de la concentración en DQO de entrada y salida del reactor UASB (A) y del reactor a anaerobio a biomasa fija (B) para diversas Cva. Fuente: Elaboración propia, 2023.

REACTOR ANAEROBIO DE LECHO FIJO CON BIOMASA ADHERIDA.

La composición de los efluentes de quesería de la comunidad de Miahuatlán muy variable y depende de la presencia de lactosuero rico en materia orgánica. Considerando que la variación drástica en composición del agua residual a tratar tras una descarga involuntaria de lactosuero podría afectar la viabilidad de los microorganismos en un reactor de tipo UASB, se enfocó el análisis de la pertinencia de procesos en considerar el uso de un reactor de lecho fijo, en el cual la biomasa se adhiere a un soporte. Por tal motivo, se evaluó la eficiencia de un reactor anaerobio a biomasa fija operado en modo SBR a Cva de 0.5 g DQO/L.d. y 1.0 g DQO/L.d. El soporte utilizado corresponde a unos anillos ondulados de termoplástico obtenidos a partir de ducto eléctrico de 1.5 cm de diámetro y 0.5 hasta un cm de ancho. El reactor se operó en modo continuo durante más de 100 días. La evolución de la DQO de entrada y de salida, así como la eficiencia de operación se presenta en la figura 22-B.

Aunque se puede observar una variación sobre la composición de la entrada, la del efluente tratado es relativamente estable con valores promedio de 131 mg DQO/L. Bajo estas condiciones de operación en modo continuo a Cva de 1 g DQO/L.d, la tecnología de reactor anaerobio a biomasa fija presenta una eficiencia de remoción de la materia orgánica promedio de 97.2%, valor muy cercano a un 97.3% obtenidos en modo batch. La tecnología de reactor anaerobio a biomasa fija es una alternativa interesante para el tratamiento de los efluentes de quesería. Este tipo de reactor podría operarse en modo batch secuenciado Sequencing Biofilm Batch Reactor (SBBR) o continuo, a la conveniencia del operador, sabiendo que el modo SBR es menos complicado.

SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS

En 2018 se tenían registradas 20 fabricantes de queso artesanal en Miahuatlán, reunidos en la Asociación de Queseros de Miahuatlán, estos generaban entre 40 y 45 mil L de suero de leche por día (Torres y Romero, 2018). De acuerdo con las notas periodísticas en 2014, una empresa que adquiriera el lactosuero y la asociación de queseros, instalaron dos enfriadores para el líquido, que se encuentra a

altas temperatura y se pone pasado en el enfriador para destinarse como un sub-producto, que puede ser usado como materia prima de la industria láctea, de esta manera se colocan hasta 40 mil L por semana. También cuentan con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) y una laguna de oxidación para tratar los excedentes residuales.

CONCLUSIONES

La calidad de vida en la cuenca debería ser el motor del comportamiento sustentable de las poblaciones. Cuantas veces pudimos observar que la población de la parte alta de un río utiliza el agua para sus necesidades, y sin más preocupación descarga sus aguas residuales sin tratamiento al río. Este modo de gestión del agua afecta mucho la calidad del agua de dicho río, y favorece la intensificación de los procesos de eutrofización en el río, afecta la calidad de vida y la salud humana de las poblaciones de la parte baja del río, y participa activamente al cambio climático y al efecto invernadero. Estos tres impactos son el resultado de una gestión no sustentable del agua en una cuenca o microcuenca, en donde el fruto de la actividad antropogénica destruye nuestro cuadro y calidad de vida y el de nuestros vecinos.

La microcuenca del río Naolinco produce agua en la parte alta, lo que permite la actividad lechera en la parte mediana en el municipio de Naolinco, y el desarrollo de la actividad quesera en la parte alta en el municipio de Miahuatlán. Sin embargo, la actividad quesera incrementa el contenido de materia orgánica del agua residual municipal de Miahuatlán, la cual no puede ser procesada en una planta de tratamiento de agua residual diseñada para el tratamiento de un agua urbana tradicional. Estas aguas residuales mixtas demasiado contaminadas, entre otras por la descarga a la red municipal del lactosuero proveniente de la fabricación de quesos por una decena de fábricas ubicadas en zona urbana, al incorporarse al río Naolinco impactan su índice de calidad de agua. El impacto es tan severo que según la clasificación de la CONAGUA dicha agua ya no tiene calidad suficiente para consumo humano. Sin embargo, parte del agua del río Naolinco sirve para el abastecimiento de la red de agua potable de la comunidad de Naolinco.

Por todo lo expuesto, era de suma importancia definir la calidad original del río Naolinco y establecer el origen de la materia orgánica que es aportada a este. La carga contaminante proveniente de habitaciones de Miahuatlán genera un agua residual urbana tradicional, la cual puede ser tratada sin dificultad por una planta clásica. En 2011 se construyó una tercera planta de tratamiento de aguas residuales urbanas, la cual fue diseñada con base en un agua urbana tradicional para operar de manera eficiente si las aguas residuales de las queserías no se incorporan al drenaje municipal.

La carga contaminante proveniente de hacer quesos se debe tratar, antes de verter al drenaje municipal. Un primer paso es la recuperación del lactosuero, al removerlo se puede considerar un sistema de tratamiento de las aguas residuales, correspondiente a las actividades de limpieza en las fábricas. Los estudios realizados por la Universidad Veracruzana han demostrado que diversos procesos de tratamiento para las aguas residuales están adaptados. La tecnología SBR es de uso simple, útil y eficiente para la industria quesera. Aplicándola en modo aeróbico se alcanza una fuerte tasa de remoción, sin embargo, se debe considerar un sistema de gestión de los lodos. En modo anaeróbico se puede valorizar la materia orgánica en producción de biocombustible como el biogás. La Tecnología UASB representa un proceso que soporta cargas más elevadas y permite reducir el espacio físico requerido para la planta, y todo eso conservando una buena eficiencia y la oportunidad de producción de biocombustible.

Sabiendo que aun con el mejor esfuerzo de gestión del lactosuero, una fuga puede ocurrir e incrementar temporalmente la carga orgánica. La tecnología de lecho fijo a biomasa adherida puede ser un buen compromiso entre la simplicidad y robustez de un proceso anaerobio. Una vez tomada la decisión por la industria quesera para la gestión y tratamiento de sus efluentes, no faltaran las propuestas técnicas comerciales para la construcción de unas plantas. Todos los resultados presentados en este estudio se podrán usar como referencia para la toma de decisión, y una solución tecnológica como la electrocoagulación si bien presenta resultados de laboratorio interesantes no resuelve la problemática de la materia orgánica disuelta de las aguas residuales de quesería. No se puede hacer caso omiso de que la materia orgánica descargada todavía representa un valor nutritivo y económico interesante. Por tal motivo toda solución de valorización del lactosuero, el cual aún contiene proteína, grasa y más de 50 g/L de lactosa, debe priorizarse. Entre otro,

para continuar en el ramo alimenticio. Finalmente, respecto al desarrollo sustentable, se encuentran presentes los temas del agua buscando mejorar la eficiencia en el uso, manejo y conservación de los recursos hídricos, las condiciones de salud de las poblaciones, el avance en la equidad de género, la disminución de la pobreza y hacer efectivo el derecho universal al acceso a agua limpia y suficiente.

REFERENCIAS

- Arango, O. y Sánchez, L. (2009). Tratamiento de Aguas Residuales de la Industria Láctea en Sistemas Anaerobios Tipo UASB. En: *Colombia Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* (pp. 40-48). Universidad del Cauca
- Banu, J.R., Kaliappan, S. y Yeom, I.T. (2007). Two-stage anaerobic treatment of dairy wastewater using HUASB with PUF and PVC carrier. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 12 (3), 257-264. <https://doi.org/10.1007/BF02931101>
- Castells M.L., González C. M., Mattos C., Juliano P., Silva C. M., Sepulveda J. U. y López, T. (2017). Alternativas de valorización de sueros de quesería. En: Muset G. (Ed.). *Valorización del lactosuero* (pp. 23-44). Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). San Martín, Colombia.
- CONAGUA / Comisión Nacional del Agua. (2000). El agua en México: Retos y avances. Disponible físicamente en la PAOTECA de la PAOT. México.
- Cristiani U.E. (2000). *Diseño de un proceso para la del suero lácteo empleando cultivos mixtos de levaduras*. [Tesis Doctorado, ENCB, Instituto Politécnico Nacional], México.
- Fernández C., Martínez E. J, Morán A. y Gómez X. (2016). Procesos biológicos para el tratamiento de lactosuero con producción de biógas e hidrógeno. *Revista ION*, 29, 47-62. <http://dx.doi.org/10.18273/revion.v29n1-2016004>.
- Frigon, J. C., Breton, J., Bruneau, T., Moletta, R., y Guiot, S. R. (2009). The treatment of cheese whey wastewater by sequential anaerobic and aerobic steps in a single digester at pilot scale. *Bioresource technology*, 100(18), 4156-4163. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.03.077>
- Houbron, E. (2010) Calidad del agua. En Florescano E. y Escamilla J.A. (Eds.), *Atlas del patrimonio natural, histórico y cultural de Veracruz* (pp. 147-159). Comisión del Estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución Mexicana. Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana. México

- Houbron E., Torrijos M. y Moletta, R. (1998). Planta industrial de tipo SBR para el tratamiento de las aguas residuales de vinificación. (pp. 90-95). Proc. III simposium internacional, Bioprocesos más limpios y desarrollo sustentable, Veracruz. México.
- Montero LM, Juárez L.F.I. y Garcia G.H.S. (2009) Fermented whey with lactobacilli for calf feeding in the tropics. *Agrociencia*, 43(6); 585-593. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952009000600004&lng=es&nrm=iso. [issn 2521-9766](http://www.scielo.org.mx/issn/1405-3195).
- Norma Oficial Mexicana. NOM-127-SSA1-1994. (1994). Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. https://www.pediatría.gob.mx/archivos/bur-buja/13.4_nom-127-ssa1-1994_Salud_Ambiental_Agua_limites_permisibles_de_calidad.pdf
- _____. NOM-001-ECOL-1996. (1996). Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4863829&fecha=06/01/1997#gsc.tab=0
- Osorio-González C.S., Sandoval S.F., Hernández R.F., Hidalgo C.J.V., Gómez M.F.C. y Ávalos de la C. D.A. (2018). Potencial de aprovechamiento del suero de queso en México. *Agroproductividad*. 11(7): 101-106. file:///C:/Users/Usuario/Downloads/valeria_sias.+Journal+manager.+con-15.pdf
- Panesar P.S., Kennedy, F., Ganghi, D.N. y Bunko K. (2007). Bioutilization of Whey for lactic acid Production. *Food Chemistry*, 105: 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.035>
- Patel P., Patel C. y Madamwar D. (1999). Anaerobic Upflow fixed-film bioreactor for biomethanation of salty cheese whey. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 76: 193-201. <https://link.springer.com/article/10.1385/abab:76:3:193>
- Quesos (10 de julio de 2023). *Historia de los quesos mexicanos*. <https://quesoss.com/>
- Rajeshkumar K. y Jayachandran K. (2004). Treatment of Dairy wastewater using a selected bacterial isolate *Alcaligenes* sp. MMRR. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 118(4): 65-72. [doi: 10.1385/abab:118:1-3:065](https://doi.org/10.1385/abab:118:1-3:065)
- Rondan L. (2000). El suero lácteo de quesería. El ayer y el presente. <https://www.racve.es/publicaciones/el-suero-lacteo-de-queseria-el-ayer-y-el-presente/>
- Schwarzenbeck N., Borges J. M. y Wilderer P. A. (2005) Treatment of dairy effluents in an aerobic granular sludge sequencing batch reactor. *Appl Microbiol Biotechnol*, 66: 711-719. [doi: 10.1007/s00253-004-1748-6](https://doi.org/10.1007/s00253-004-1748-6)

- SEFIPLAN. Sistema de Información Municipal de SEFIPLAN. (2016). Cuadernillos Municipales. Miahuatlán. Subsecretaría de planeación. Sistema de Información Municipal. Gobierno del estado de Veracruz. <http://ceieg.veracruz.gob.mx/2019/05/09/cuadernillos-municipales-2019/>
- Shankar J.S.Y., Song Y., Sridhar P., Lalit K., Tyagi R.D. y Surampalli R.Y. (2015). Cheese whey: A potential resource to transform into bioprotein, functional/nutritional proteins and bioactive peptides. *Biotechnology Advances*, 33: 756-774. DOI: [10.1016/j.biotechadv.2015.07.002](https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2015.07.002)
- SIAP - SAGARPA (2009). Producción de leche bovina nacional. En: Osorio del M.A. Producción de leche en la zona alta de Veracruz. 1er Foro sobre Ganadería Lechera en la Zona Alta de Veracruz.
- Torres-Martínez Q. y Romero-León K. (2018) Alternativas tecnológicas para uso del lactosuero: valorización económica de residuos. *Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 30(55). <https://www.ciad.mx/estudiosociales/index.php/es/article/view/908/606>
- Valencia E. y Ramírez M. L. (2009). La industria de la leche y la contaminación del agua. *Elementos*, 73. <https://agua.org.mx/biblioteca/la-industria-la-leche-la-contaminacion-del-agua/>

ACCIONES PARA LA RESTAURACIÓN DE BOSQUES EN LA MICROCUENCA

CLAUDIA ÁLVAREZ AQUINO

INTRODUCCIÓN

El estado actual que presenta el río Naolinco es el resultado de la presión ambiental a la que ha estado sometido por años, acciones como la extracción de agua para uso doméstico, agrícola y ganadero; las descargas de aguas residuales y de la elaboración de productos lácteos sin tratamiento y la constante disminución de la cobertura vegetal han contribuido a su gradual deterioro. Aun cuando el área de la microcuenca corresponde a cinco municipios, en realidad son Miahuatlan y Naolinco los que mayor presión generan sobre el río. Para el caso de Miahuatlán el cultivo de maíz y la ganadería son las principales actividades en campo, mientras que en la cabecera municipal la principal actividad es la elaboración de quesos, existen alrededor de 15 queserías que procesando más de 40 mil litros diarios de leche que surten de este y otros municipios cercanos. El problema con esta industria es que descargan el lactosuero directamente al drenaje, solo una parte muy pequeña se utilizan para producir requesón; lo que aumenta la carga orgánica del agua residual vertida al río (Barrera *et al.*, 2010). Para el caso de Naolinco la principal actividad son los servicios y al ser una población mayor la demanda de consumo de agua es cada vez más alta.

En general en la microcuenca el problema de la captación de agua se ha vuelto importante debido a los cambios ocurridos en las últimas décadas. En la década de los años cuarenta y cincuenta no había escases de agua, esta se obtenía de varios nacimientos como La Fuente, El Chorro y Agua Santa, mientras que de los arro-

Los camarones de río se obtenían y el clima se caracterizaba por lluvias y neblinas abundantes. En los años sesenta y setenta se continuaba trayendo agua de los nacimientos, pero esta debía hervirse antes de su consumo porque en esas épocas inició el vertido de drenajes en el río, en estos años los periodos de sequía se registraban solo entre abril y mayo. Durante los años setenta y ochenta se inició la deforestación de áreas para potreros, el agua ya llegaba entubada a algunas viviendas y se continuó hirviendo previo a su consumo. En esta época inició el problema de falta de agua, pero únicamente en un período corto del año. En la década de los años ochenta y noventa el cauce del río disminuyó e inició la producción de queso en Miahuatlán ocasionando mayor contaminación ya que el río no solo se vio afectado por el drenaje sino por los desechos de las queserías. Además, la deforestación y los cambios en el clima se hicieron más evidentes.

PERCEPCIÓN CIUDADANA DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

Debido a que este proyecto requería de participación ciudadana se hicieron varias reuniones y talleres para conocer su perspectiva de la problemática del río, nuestro interés era conocer si tenían clara la relación que había entre la pérdida de vegetación y la disminución en la captación de agua y su opinión sobre la restauración, sus alcances y la selección de especies a plantar. En los talleres se observó que en general la población sí aprecia la relación entre la deforestación y la disminución en los caudales de ríos y los cambios en el clima e identifican a la ampliación de potreros, la tala hormiga, la agricultura y la expansión de la mancha urbana como los principales causantes de la deforestación. Aparte del servicio ambiental mencionado la población hace uso de varias especies arbóreas para madera en general, leña, postes para potrero, frutos o flores comestibles, medicinales y ornamentales. Dentro de las especies más valoradas están el encino (*Quercus* sp.), pino (*Pinus patula*), ciprés (*Cupressus benthamii*), liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*), ilite (*Alnus acuminata*) y gasparito (*Erythrina americana*). Otras especies arbóreas que abundan en la zona y que identifican como importantes son el aguacate (*Persea americana*), la guayaba (*Psidium guajava*), el capulín (*Prunus serótina*), el tejocote (*Crataegus mexicana*) y el haya (*Platanus mexicanus*). El tejocote es de las especies que más abundan en las áreas abandonadas, sin embargo, no todos lo consumen

ya que el fruto está plagado. Si existe una preocupación por el deterioro del río, la escasez de agua y los cambios en el clima, por lo que la población ya empieza a ver a la restauración de los bosques como una necesidad.

Deforestación

La deforestación en la microcuenca se ha incrementado con los años debido al crecimiento de las zonas urbanas hacia el bosque, otra causa ha sido el desarrollo de la agricultura, otra la ampliación de potreros, sobre todo, en la parte alta de la microcuenca (Barrera-Bassols *et al.*, 1993). En el 2005 había 1 337.31 ha con vegetación arbórea, seis años después disminuyó a 931.65 ha (Hernández 2011). Barrera *et al.* (2010) indican la distribución del área de la microcuenca: 42.3% potreros, 28.1% terrenos para la agricultura, 25.8% áreas con bosque y 3.8% de uso urbano. En el periodo entre 1995 y 2011 el uso agrícola no sufrió cambios, a diferencia de las áreas de potreros que aumentaron de 38% a 42%, es decir, una parte del bosque se convirtió en potrero (figura 23).



Figura 23. Paisaje común en la microcuenca del río Naolinco, pequeños fragmentos de bosque con potreros. Fotografía: Álvarez-Aquino 2011.

Plan de acción

Tomando en consideración que la problemática ambiental de la microcuenca está muy relacionada con la parte social fue necesario planear las acciones a tomar en base a una colaboración de tres partes: 1) la instancia académica: Universidad Veracruzana encargada de asesorar y planear las actividades, 2) las autoridades municipales: los gobiernos municipales de Naolinco y Miahuatlán con la parte logística, y 3) las instancias ciudadanas: comités integrados por gente de la localidad interesada y preocupada por la problemática ambiental de la región. La Universidad además de brindar asesoría y actuar como una instancia mediadora funcionó como vínculo con otros grupos o instituciones que cuenten con la experiencia necesaria para resolver problemas particulares. En un inicio el poder de convocatoria de la Universidad fue bajo debido a experiencias pasadas en donde no se llegó a ninguna acción concreta. Al finalizar el proyecto ya existía un grupo de ciudadanos con mayor compromiso tanto en participar en actividades de reforestación como en integrar a cada vez más personas haciendo conciencia de que los principales beneficiados son los mismos habitantes, ya que no solo recuperarían los servicios ambientales el bosque (como captura de agua y estabilización del clima), si no también tendrían de regreso los paisajes que les dan una identidad. En cuanto a las autoridades municipales uno de los limitantes fue los periodos de cambio de gobierno, se pierde la continuidad, por eso la importancia de mantener a los comités ciudadanos para ejercer presión y cumplir con las actividades planeadas independientemente de los cambios en el personal del ayuntamiento. Por otra parte, algunas de las actividades planteadas en la restauración de la vegetación (disponibilidad de planta nativa para su uso en campañas de reforestación) forman parte de las actividades que realiza la oficina de Fomento Agropecuario, que en ocasiones no se cumplen por la falta de asesoría y presupuesto. Durante el periodo del proyecto se pudo comprobar la eficacia de los comités ya que en este caso si hubo presión por su parte ante las autoridades cuando se detectaron problemas de contaminación por coliformes en las fuentes de abastecimiento de agua potable.

Porque trabajar a nivel cuenca

La cuenca hidrográfica es un espacio geográfico, delimitado por los parteaguas, donde escurre el agua que se conducen hacia un punto de acumulación, incluye

ecosistemas terrestres (selvas, bosques, matorrales, pastizales, manglares, etc.) y ecosistemas acuáticos (ríos, lagos, humedales, etc., Carabias y Landa, 2008). En años recientes se ha planteado que el manejo de una cuenca debe ser una responsabilidad compartida entre los diversos actores que la habitan y hacen uso de sus diferentes recursos naturales (Cotler y Claire 2009). En el caso la microcuenca del río Naolinco abarca cinco municipios: Naolinco, Miahuatlán, Acatlán, Landero y Coss y Tonayan. Sus afluentes abastecen de agua a Naolinco y Miahuatlán para actividades domésticas, agrícolas y ganaderas, sin embargo, el grado de contaminación, la mayor necesidad de abasto de agua, las diferencias que durante años se han dado entre pobladores de ambos municipios y las divergencias entre los partidos políticos gobernantes dan como resultado que el tema del agua se sitúe en el centro de los debates entre los dos municipios. Aunado a lo anterior, el Plan Veracruzano de Desarrollo 2005-2010 también plantea que una forma de abordar el conocimiento de regiones es a través de un manejo integral de sus cuencas y microcuencas. Debido a que las cuencas en ocasiones abarcan varios municipios y/o estados se recomienda para un funcionamiento más ágil que se organice a nivel de subcuencas o microcuencas, como es el caso del presente trabajo. Un ejemplo de proyecto con este enfoque es el trabajo realizado desde el 2006 en la subcuenca del río Pixquiac con el objetivo de atender la problemática desde una perspectiva integral. Al igual que el presente estudio, el proyecto en el río Pixquiac fue apoyado por el Fondo Mixto del Gobierno del Estado junto con Conacyt y plantea un modelo de colaboración entre diferentes sectores de la sociedad regional, la asociación civil Sendas A.C. y el Instituto de Investigaciones Sociales de la UNAM (Paré y Gerez 2012).

Áreas prioritarias y especies a utilizar

En la parte alta es donde se da una mayor captación de agua y se tiene una mejor calidad ya que la mayor parte de las descargas municipales se vierten de la zona media a la baja. Para medir la calidad de utiliza el índice de calidad del agua (ICA) desarrollado por la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos. La parte alta tiene valores del ICA mayores a 50%, (agua de buena calidad para abastecimiento público), mientras que la parte baja registró valores menores a 50% (calidad de mala a muy mala). En algunos puntos intermedios el resultado del moni-

toreo fisicoquímico señala que el agua es adecuada para uso y consumo humano, sin embargo, el diagnóstico bacteriológico señala que todos los sitios presentan contaminación fecal proveniente principalmente del ganado (Barrera *et al.*, 2010, figura 24). El mantener la cobertura forestal en la parte alta de la microcuenca es vital para mantenerla captura de agua que beneficia a toda la micorcuenca.

La parte alta se considera prioritaria, pero debido a que la producción de leche es la principal actividad económica en la región, los potreros siguen en aumento y muchos de los ganaderos no están dispuestos a disminuir el área de sus potreros por plantaciones de árboles. Las zonas con pendiente pronunciada y poca vegetación se consideran con fragilidad ambiental por la ocurrencia de deslaves en época de lluvias. Las áreas cercanas a nacimientos de agua y/o arroyos temporales también se consideran prioritarias ya que debido a la baja cobertura arbórea la poca agua que fluye se evapora antes de incorporarse al afluente principal.

Algunas acciones recomendadas son el usar terrenos de la parte alta donde el dueño esté interesado en reforestar, aun cuando no sea en las zonas críticas o sean terrenos pequeños (menores a 1 ha); así como difundir la importancia de sembrar árboles como cerca viva o en zonas cercanas a nacimientos de agua. También se deben planear acciones de reforestación en áreas que faciliten la formación de corredores entre los fragmentos. Mediante un sistema de información geográfica se identificaron los ocho fragmentos de mayor tamaño en la microcuenca, cinco se ubican en la parte alta (con una extensión de: 126, 124, 52, 37 y 32 ha) y tres en la parte baja (89, 36 y 27 ha, (UV, 2011, figura 25). Es importante protegerlos y de ser posible formar corredores entre ellos.

Una vez que se tienen identificados los sitios prioritarios es importante seleccionar las especies a usar bajo un criterio ecológico y social. Las especies más comunes en la zona se determinaron mediante muestreos en los fragmentos de bosque y encuestas con pobladores locales. Según las respuestas la importancia de las especies radica en los usos de la madera como leña (principalmente en las panaderías) y los postes para cercar los potreros. Las especies más valoradas por la madera fueron el encino, pino, liquidámbar, cipres e ilite. Otras especies fueron importantes por ser comestibles, por ejemplo, el gasparito (*Erithryna* sp.), el aguacate (*Persea* sp.) y el huicapol (*Vaccinium* sp.). Aun cuando hay especies preferidas se sabe que en general se necesita sembrar árboles para detener la erosión del suelo y aumentar la recarga de acuíferos. Como resultado de muestreos y encuestas se



Figura 24. Rio Naolinco en la parte baja de la microcuenca. Fotografía: Álvarez-Aquino 2011.



Figura 25. Fragmentos de bosque en la parte alta de la microcuenca
Fotografía: Álvarez-Aquino 2011.

obtuvo un listado de especies con potencial para reforestar, las especies seleccionadas están presentes en los fragmentos de bosque de la zona y los pobladores coinciden en que son útiles para distintos fines (usos maderable, alimenticio, medicinal y ornamental); también se incluyen especies que están en algún estatus de protección (Álvarez-Aquino 2013).

Servicios ambientales

La vegetación de la microcuenca corresponde a bosque mesófilo de montaña, este tipo de bosque provee de los siguientes servicios ambientales: regulación del ciclo hidrológico, conservación de la calidad del agua, control de la erosión del suelo, regulación de los niveles freáticos, conservación de la biodiversidad y captura de carbono. En el caso más específico de esta microcuenca el servicio que más preocupa a los habitantes de Miahuatlán y Naolinco es el abastecimiento de agua para uso doméstico, agrícola, recreación y acuicultura (Martínez 2013). En general la disminución de estos servicios es alarmante pero lo que más preocupa es la regulación del ciclo hidrológico ya que incrementa el riesgo de inundaciones durante la temporada de lluvias y la probabilidad de escasez de agua durante la temporada de secas (Bishop y Landell-Mills 2007). De manera general, la desaparición de los bosques va acompañada de deslizamientos, inundaciones y pérdidas de la cantidad y calidad del agua, lo cual impactan negativamente en la población. La pérdida de árboles y plantas epifitas evita que se intercepte la niebla, se condense el agua y se infiltre en el suelo formando arroyos superficiales o manantiales (Williams-Linera 2007). La conservación de los fragmentos de bosque existentes y el re-establecimiento de la vegetación nativa en áreas degradadas es necesaria para conservar la calidad de los servicios ambientales que proporciona el bosque.

Una forma de conservar los bosques es el Pago de Servicios Ambientales, estrategia que consiste en aplicar un cobro por la regulación del ciclo hidrológico y el suministro de agua potable a quienes desean adquirirla, empleando dichos fondos en la conservación de los bosques productores y en la ordenación y gestión de las cuencas hidrográficas en las que se encuentran (Martínez 2013). Esta es una práctica reciente que en el estado de Veracruz se ha adoptado en el municipio de Coatepec, donde en el recibo por pago de agua se incluye un rubro de pago por

servicios ambientales, en esta microcuenca no es viable ya que en varios municipios no se cobra el aprovechamiento del agua.

Avances y perspectivas

Durante el proyecto se llevaron a cabo varias actividades que deben de ser retomadas o bien darles continuidad. Dentro de las actividades relacionadas con participación ciudadana están: la formación de los comités ciudadanos, cuya principal función es ejercer presión ante las autoridades municipales para la continuación de trabajos en pro de mejoras ambientales. Los talleres de educación ambiental con público en general para concientizar y organizar actividades conjuntas (figura 26). Así como, el enlace que se hizo con la comunidad mediante reuniones donde se dio seguimiento a las actividades planeadas, se buscaron acuerdos de colaboración con autoridades y funcionarios municipales y estatales y se dio asesoría técnica.

Aun cuando el proyecto ya finalizó el vínculo con la Universidad aún puede funcionar en asesoramiento y vinculación con especialista del área que se requieran. Es importante resaltar que al inicio del proyecto se observó una gran apatía por parte de la población, estaban conscientes del problema, pero no sentían que ellos pudieran ser parte de la posible solución; conforme transcurrió el proyecto pudimos observar un incremento en la sensibilidad hacia la solución de los problemas ambientales, en parte por tener más información disponible y porque cada vez están teniendo más problemas con el abasto de agua de calidad.

Las principales acciones fueron la elaboración de un manual con especies potenciales para rehabilitación de la microcuenca (tabla 16), el establecimiento de un vivero rustico para la propagación de especies arbóreas nativas, la reforestación de terrenos cercanos a Naolinco con colaboración de autoridades municipales, comités ciudadanos y una escuela secundaria; y el monitoreo de plantaciones establecidas con anterioridad. El manual tiene una selección de las especies locales donde se mezcla información bibliográfica e información dada por la misma comunidad (principalmente en cuanto a usos y manejo). Por lo tanto, se espera que sea útil para la población y en conjunto con el vivero comunitario se inicie la propagación de especies nativas tanto para plantarse en la región como para intercambio con otros viveros de la zona de Xalapa. La selección de especies se hizo en base a muestreos de vegetación para identificar las especies dominantes en



Figura 26. Talleres dirigidos a público en general con el fin de organizar actividades conjuntas y concientizar sobre la importancia de la restauración. Fotografía: Álvarez-Aquino 2011.

la región y a encuestas realizadas a la población sobre la valorización y uso de las especies arbóreas. Los criterios de selección más importantes según las encuestas se relacionan con la conservación de la humedad, la disminución de la erosión del suelo, el servir de alimento o refugio de fauna local, y de preferencia tener fruto comestible, ser maderables o ser especies raras que antes eran abundantes. Todas las especies seleccionadas son nativas ya que a largo plazo facilitan la recuperación de la fertilidad del suelo, el microclima y ayudan a restablecer parte de la flora y fauna nativa (Vázquez-Yañez *et al.*, 1999).

A continuación, en la tabla 16 se mencionan la selección de 30 especies, con su correspondiente familia, con potencial para ser usadas en la restauración de la microcuenca. Dentro de este listado se encuentran tres especies catalogadas como protegidas por la Norma Oficial Mexicana NOM-059.Semarnat-2001: *Acer negundo*, *Fagus mexicana* y *Podocarpus matudae* (Semarnat, 2001).

Tabla 16. Especies seleccionadas con potencial para ser usadas en la restauración de la microcuenca, las familias en paréntesis.

Especie	Nombre común	Usos
<i>Acer negundo</i> L. (Aceraceae)	Lelé	Construcción, cerca viva, herramientas y ornamental
<i>Alnus acuminata</i> Kunth (Betulaceae)	Ilite	Construcción, leña, postes, herramientas, medicinal, ornamental y forraje
<i>Carpinus caroliniana</i> Walter (Betulaceae)	Pipinque	Construcción, leña, cerca viva, herramientas, medicinal y ornamental
<i>Clethra Mexicana</i> A.DC. (Clethraceae)	Marangola	Construcción, leña, herramientas y ornamental
<i>Cornus excelsa</i> Kunth (Cornaceae)	Matlahuacal	Construcción, herramientas, medicinal y ornamental
<i>Crataegus mexicana</i> Moc. & Sessé (Rosaceae)	Tejocote	Leña, cerca viva, poste, herramientas, alimento, medicinal y ornamental
<i>Croton draco</i> Schtdl. (Euphorbiaceae),	Sangregado	Leña, postes, medicinal y ornamental

Especie	Nombre común	Usos
<i>Cupressus benthamii</i> Endl. (Cupressaceae)	Ciprés	Maderable, leña, cerca viva, herramientas, medicinal y ornamental
<i>Erythrina americana</i> Mill (Leguminosa)	Gasparito	Cerca viva, herramientas, alimento, medicinal y ornamental
<i>Fagus mexicana</i> Martínez (Fagaceae)	Güichin	No es tan conocida debido a lo restringido de su ubicación, por lo tanto, no es usada.
<i>Ilex tolucana</i> Hemsl (Aquifoliaceae)	Manzanillo	Construcción y leña
<i>Lippia myriocephala</i> Schlttl & Cham. (Verbenaceae)	Palo gusano	Construcción, leña, poste y herramientas
<i>Liquidambar styraciflua</i> L. (Hamamelidaceae)	Liquidámbar	Maderable, leña, poste, herramientas, medicinal y ornamental
<i>Meliosma alba</i> Schtdl. (Sabiaceae)	Palo blanco	Construcción, leña, herramientas y ornamental
<i>Oreopanax xalapensis</i> (Kunth) Deene & Planch (Araliaceae)	Mano de león	Construcción, leña y ornamental
<i>Ostria virginiana</i> (Mill.) K.Koch (Betulaceae)	Pipinque rojo	Maderable, construcción, leña, poste, herramientas y ornamental
<i>Persea americana</i> Miller (Lauraceae)	Aguacate	Maderable, construcción, leña, poste y alimento,
<i>Pinus patula</i> Schlttl. & Cham. (Pinaceae)	Pino	Maderable, construcción, leña, cerca viva, herramientas, medicinal y ornamental
<i>Platanus mexicanus</i> Moric. (Platanaceae)	Haya	Construcción, leña, herramientas, medicinal y ornamental
<i>Podocarpus matudae</i> Lundell (Podocarpaceae)	Lengua de pájaro	Poste, cerca viva y ornamental

Especie	Nombre común	Usos
<i>Prunus serotina</i> Ehrh. (Rosaceae)	Capulin	Maderable, leña, cerca viva, herramientas, alimento, medicinal y ornamental
<i>Psidium guajava</i> L. (Myrtaceae)	Guayaba	Maderable, leña, cerca viva, poste, herramientas, alimento, medicinal y ornamental
<i>Quercus xalapensis</i> Bonpl. (Fagaceae)	Encino	Maderable, leña, cerca viva, herramientas y ornamental
<i>Salix humboldtiana</i> Willd. (Salicaceae)	Sauce	Construcción, leña, cerca viva y herramientas
<i>Sambucus nigra</i> L. (Caprifoliaceae)	Sáuco	Leña, alimento, medicinal, ornamental y ritual
<i>Styrax glabrescen</i> Benth (Salicaceae)	Azaharillo	Leña y ornamental
<i>Ternstroemia sylvatica</i> Schtdl.et Cham. (Ternstroemiaceae)	Tompillo	Medicinal
<i>Turpinia insignis</i> (Kunth.) Tul. (Staphyleaceae)	Huevo de gato	Medicinal
<i>Vaccinium leucanthum</i> Schtdl. (Ericaceae)	Huicapol, Guindo	Leña, alimento y ornamental
<i>Xylosma flexuosa</i> (Kunth) Hemsl. (Flacourtiaceae)	Capulin	Maderable y leña

Fuente: Elaboración propia, 2013.

Como se mencionó líneas arriba, se estableció un vivero rústico. Este es un sitio destinado a la producción de plántulas, en donde se les proporciona todos los cuidados requeridos para obtener plantas de alta calidad que garanticen una buena supervivencia y crecimiento al ser trasladadas al terreno definitivo de plantación. Durante años, la planta para reforestar la zona se ha solicitado a viveros de la zona de Xalapa, en estos viveros en ocasiones si tienen disponibilidad de especies nativas de bosque mesófilo (como son: encinos, liquidámbar, hayas y marangolas) pero en una proporción menor al ciprés o pino. Debido a que uno de los limitantes para reforestar con especies nativas ha sido la falta de plantas en los viveros, se

consideró importante el establecimiento de un vivero comunitario (figura 27). En reforestaciones antiguas se utilizaron ciprés y pino, por lo que el ciprés es parte del paisaje en la región, pero en opinión de gente de la zona es fácil de caer con los nortes y no propicia formación de suelo. El vivero se estableció durante el 2012 en Miahuatlán, gracias a los esfuerzos conjuntos del propietario del terreno, municipio de Miahuatlán y la coordinación de la Universidad Veracruzana. El vivero estuvo a cargo de la oficina de fomento agropecuario de Miahuatlán, en actividades como llenado y trasplante a bolsa se contó con el apoyo de niños de una escuela primaria. Después de un año el vivero paso al dueño del terreno quedando el compromiso de seguir propagando árboles nativos para reforestación. Durante el proyecto se propago encino que fue transplantado a la parte alta de la microcuenca, actualmente las actividades están detenidas, por lo que se recomienda tratar de nuevo el tema con el municipio recordando su compromiso de dar mantenimiento al vivero y de los pobladores de llevar semillas de diferentes especies para iniciar su propagación. Todas las especies del manual se encuentran en la zona por lo que la colecta de las semillas no implica más que la organización de miembros de la comunidad para su recolección. En la tabla 17 se mencionan las épocas de recolección de frutos de las diferentes especies.

Considerando que en los programas de reforestación una de las partes más costosas es el transporte y establecimiento de la planta, se decidió organizar una reforestación colectiva con la participación de estudiantes de Secundaria, miembros del comité ciudadano y autoridades municipales (figura 28). El resultado no fue del todo satisfactorio ya que por parte de los estudiantes no había una concientización del valor de esta actividad. Con el fin de terminar la siembra se pagaron jornales, lo cual resulto muy costoso, sin embargo, la práctica fue útil ya que sentó las bases para futuras experiencias. Se recomienda en un futuro utilizar planta proveniente de viveros de Xalapa en conjunto con la propagada en el vivero regional, organizando reforestaciones masivas con un amplio sector de la población.

El monitoreo de las plantaciones es de gran importancia porque permite evaluar los tiempos, asegurar el éxito de la restauración y darle continuidad al esfuerzo que representa esta actividad (figura 29). En los monitoreos realizados en sitios donde se sembraron más de 200 individuos (Liquidámbar y encinos) se registró la supervivencia, la altura y el diámetro en la base del tallo. En general la supervivencia fue alta, mayor a 95% y se identificó que el crecimiento en altura fue



Figura 27. Vivero comunitario establecido en el municipio de Miahuatlán con el fin de propagar especies arbóreas nativas para la reforestación de la microcuenca. Fotografía: Álvarez-Aquino 2012.



Figura 28. Reforestación en terrenos cercanos a Naolinco donde participaron miembros de los comités ciudadanos, autoridades municipales y alumnos de la escuela secundaria.

Fotografía: Álvarez-Aquino 2011.

Tabla 17. Calendario de colecta de frutos de las especies seleccionadas con potencial para ser usadas en la restauración de la microcuenca.

Especies	Mes											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Acer negundo</i>								■	■			
<i>Alnus acuminata</i>									■	■	■	
<i>Carpinus caroliniana</i>									■	■		
<i>Clethra Mexicana</i>								■	■	■		
<i>Cornus excelsa</i>								■	■			
<i>Crataegus mexicana</i>											■	■
<i>Croton draco</i>							■	■	■			
<i>Cupressus benthamii</i>										■	■	
<i>Erythrina americana</i>			■	■								
<i>Fagus mexicana</i>							■	■				
<i>Ilex toluencana</i>								■	■			
<i>Lippia myriocephala</i>								■	■			
<i>Liquidambar styraciflua</i>									■	■		
<i>Meliosma alba</i>								■	■			
<i>Oreopanax xalapensis</i>							■	■				
<i>Ostria virginiana</i>								■	■			
<i>Persea americana</i>									■	■	■	
<i>Pinus patula,</i>									■	■	■	
<i>Platanus mexicanus</i>									■	■		
<i>Podocarpus matudae</i>								■	■	■		
<i>Prunus serótina</i>									■	■		
<i>Psidium guajava</i>									■	■	■	
<i>Quercus xalapensis .</i>									■	■		
<i>Salix humboldtiana</i>									■	■		
<i>Sambucus nigra</i>								■	■	■		
<i>Styrax glabrescen</i>									■	■		
<i>Ternstroemia sylvatica</i>										■	■	
<i>Turpinia insignis</i>							■	■				
<i>Vaccinium leucanthum</i>								■	■	■		
<i>Xylosma flexuosa</i>									■	■	■	

Fuente: Elaboración propia, 2013.

mayor en ciprés y liquidámbar en comparación a los encinos, aun cuando la gente es la especie que más valora. Las plantaciones están cercadas para proteger a las plántulas de las vacas (pisoteo y forrajeo ocasional) lo que ha provocado que otras especies con semilla dispersada por el viento, como el ilite (*Alnus* sp.) y el tejojote (*Crataegus* sp.) empiecen a colonizar el área (figuras 29 y 30).



Figura 29. Plantación antigua de pino establecida en la zona de Naolinco.

Fotografía: Álvarez-Aquino 2012.

En general se recomienda proteger los fragmentos de bosque que aún se encuentran en la microcuenca y restaurar en lo posible la parte alta y los sitios identificados como prioritarios. Así como continuar fomentando el vínculo ciudadano con las autoridades municipales a través de la concientización de los riesgos de la disminución de la cantidad y calidad de agua causado por la deforestación.



Figura 30. Bosque de ilite, común en la zona como resultado de la regeneración natural.

Fotografía: Álvarez-Aquino 2012.

REFERENCIAS

- Álvarez-Aquino, C. (2013). *Especies con potencial para reforestar la microcuenca del río Naolinco*. México: Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México.
- Barrera, B. C., Álvarez-Aquino, C., Fontecilla C. A., Hernández S. B., Mesa O. S., Páez R. M. y Houbron, E. (2010). Sobre el manejo de cuencas hidrográficas y la prevención de riesgos naturales. Una guía para la microcuenca del río Naolinco. Foro Inundaciones 2010 en el estado de Veracruz. 22 y 23 de noviembre de 2010. Veracruz. <https://agua.org.mx/en-veracruz-inicia-foro-inundaciones-2010/>

- Barrera-Bassols N., López-Binnquist C. y Palma-Grayeb R. (1993). Vacas, pastos y bosques en Veracruz: 1950-1990. En Barrera-Bassols, N. y Rodríguez, H. (Eds.), *Desarrollo y medio ambiente en Veracruz: Impactos económicos, ecológicos y culturales de la ganadería en Veracruz* (pp. 35-71). Fundación Friedrich Ebert-CIESAS-Instituto de Ecología. Xalapa, Veracruz, México.
- Bishop, J. y Landell-Mills, N. (2007). Los servicios ambientales de los bosques. En Pagiola S., Bishop J. y Landell-Mills N. (Eds.), *La venta de servicios ambientales* (pp. 47-74). Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales Instituto Nacional de Ecología. México, D.F.
- Carabias, J. y Landa, R. (2008). Los recursos hídricos y la gestión de cuencas en México. En Paré, L., González, M.A. y Robinson, D (Eds.). *Gestión de cuencas y servicios ambientales: perspectivas comunitarias y ciudadanas*. México: INE-ITACA-Raíces-Sendas-WWF.
- Cotler, H. y Caire, G. (2009). *Lecciones aprendidas del manejo de cuencas en México*. Instituto Nacional de Ecología (INE). México.
- Hernández S. M. (2011). *Determinación de la tasa de cambio de uso del suelo de la microcuenca del Río Naolinco, Veracruz, México, mediante modelos geo-espaciales (periodo 1994-2011)*. [Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniería Química. Universidad Veracruzana].
- Martínez, A. (2013). *Pago de Servicios Ambientales Hidrológicos: Una Estrategia de Conservación del Agua en la Microcuenca del Río Naolinco, Veracruz*. [Especialidad Trabajo recepcional, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Veracruzana]. <https://cdigital.uv.mx/handle/123456789/46724>
- Paré L. y Gerez, P. (2012). *Al filo del agua: cogestión de la subcuenca del río Pixquiac, Veracruz*. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) SeNdAS, A.C. Universidad Veracruzana Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) Instituto Nacional de ecología (INE). México.
- UV, Universidad Veracruzana. (2011). Reporte sobre las acciones para la rehabilitación física de las corrientes superficiales. (Anexo 3, Documento técnico) Barrera B. C. Proyecto: Programa para la restauración integral de la microcuenca del río Naolinco, Veracruz Clave 94211. En: *Informe Técnico FOMIX 2008-94211*.
- Vázquez-Yáñez, C., Batis-Muñoz, A.I., Alcocer Silva, M.M., Gual-Díaz, M, y Sánchez Dirzo, C. (1999). *Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración*

ecológica. Reporte Técnico del Proyecto J084. Consejo Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Instituto de Ecología, UNAM, México. <http://www.conabio.gob.mx/arboles/Introd-J084.html>

Williams-Linera, G. (2007). *El bosque de niebla del centro de Veracruz: Ecología, historia y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático* (pp. 165-173). Conabio, Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Veracruz, México.

OPCIONES PARA EL REUSO DEL LACTOSUERO

BERTHA MARÍA ROCÍO HERNÁNDEZ SUÁREZ¹

INTRODUCCIÓN

Al medio ambiente se le puede percibir como un campo de problemas, de una realidad caracterizada por condiciones de deterioro, contaminación, pérdida de la biodiversidad, deforestación, y por otra parte, como un área de oportunidad, de recuperación y de un restablecimiento del capital ambiental amenazado o perdido por la intervención humana (Lezama y Graizbord, 2010). Los problemas ambientales no se pueden analizar ni entender si no se tiene en cuenta una perspectiva global, ya que surgen como consecuencia de múltiples factores que interactúan. Nuestro modelo de vida supone un gasto de recursos naturales y energéticos cada vez más creciente e insostenible. Las formas industriales de producción y consumo masivos que hacen posible este sistema de vida suponen a medio y largo plazo la destrucción del planeta. Algunos efectos de la crisis ecológica son perceptibles: aumento de las temperaturas, insalubridad del agua dulce, inseguridad alimentaria, agotamiento de los recursos renovables y no renovables, etcétera. El despilfarro de unas sociedades repercute directamente en la pobreza de otras y contribuye al deterioro ambiental general.

En lo referente a la pertinencia de la educación en el terreno ambiental, esta se debe pensar como la integración de procesos interrelacionados e interdependientes, con múltiples causas, que requiere de un estudio interdisciplinario y una visión holística por parte de la comunidad universitaria. El conocimiento ambiental desde

¹ Profesora de la Facultad de Ciencias Químicas-UV,(berthernandez@uv.mx).

una posición crítica frente al conocimiento moderno debe revisar y evidenciar la relación que existe entre las condiciones sociales de producción del saber y los efectos que tiene este saber sobre lo real (Leff, 2007). La comunidad universitaria, se debe preocupar-ocupar de producir y aplicar los conocimientos científicos en correspondencia a las necesidades de la sociedad, sin monopolizar ni aislar a la ciencia de los objetivos humanos y sociales, incluyendo una concepción integradora de la naturaleza en las diferentes experiencias educativas que la implican.

En este contexto un grupo de académicos y de alumnos decidieron participar en el proyecto “Programa para la restauración integral de la microcuenca del río Naolinco Veracruz”, con la finalidad de realizar propuestas de solución a las problemáticas de escasez y contaminación de agua en beneficio de las poblaciones cercanas y como parte del compromiso social que la Universidad Veracruzana tiene con la sociedad. De forma más específica nos enfocamos en proponer alternativas de reutilización de los residuos lácteos a los productores de queso.

Para atender a este objetivo, un grupo de docentes y alumnos, comprometidos con una sociedad de la cual emanan interacciones que propician el desarrollo de los alumnos, y que además pueda emplearse como modelo para la resolución de futuras experiencias también importantes en su vida, facilitando su tendencia al desarrollo y crecimiento personal y social; representando a la Facultad de Ciencias Químicas, zona Xalapa, se integró al equipo de trabajo con la finalidad de apoyar a alcanzar las metas planteadas en el proyecto. El trabajo permitió cumplir con uno de los principales objetivos de la formación universitaria, y la de integrar de forma satisfactoria los conocimientos adquiridos por los alumnos interactuando multidisciplinariamente, demostrando habilidades tales como: la creatividad, la capacidad para resolver problemas, para el manejo adecuado de información, importante en un entorno cada vez más demandante de profesionales competentes y comprometidos con una sociedad que así lo requiere.

MÉTODOS

Este trabajo se efectuó en la población de Miahuatlán, donde una de sus principales actividades económicas es la producción de quesos, se procesan alrededor de 20 mil litros de leche a diario, proveniente de las poblaciones colindantes, lo que

conlleva a la generación de litros de lactosuero, tomando en cuenta que a partir de 10 litros de leche se pueden producir de 1 a 2 kg de queso, con la consecuente producción de lactosuero que puede ser de 8 a 9 kg, lo que significa un 90% del volumen de la leche (Valencia y Ramírez, 2009).

El suero de leche o lactosuero es el líquido resultante de la coagulación de la leche durante la elaboración de queso. Se consigue después de la separación de las caseínas y de la grasa, compone un 90% del volumen de la leche y contiene la mayor parte de los compuestos hidrosolubles de esta. Su composición cambia dependiendo del tipo de queso elaborado; en términos generales contiene: 4.9% de lactosa, 0.9% de proteína cruda, 0.6% de cenizas, 0.3% de grasa, 0.2% de ácido láctico, y 93.1% de agua (García *et al.*, 2004). El tipo de quesos que se elaboran en esta localidad son sueros dulces y medio ácidos (García *et al.*, 2004a).

El lactosuero es vertido, por la mayoría de las queserías directamente al drenaje, sin tratamiento alguno. Esto representa un grave problema de contaminación ambiental, además de que este subproducto aún conserva alrededor de 25% de las proteínas de la leche y cerca de 95% de la lactosa de la misma, esto representa un enorme desperdicio de nutrimentos y de materia prima útil. El factor económico ocupa un lugar preponderante en este tipo de situaciones, por lo que es importante no recomendar su reutilización ni presentar propuestas en las que se analice el posible mercado y costo de producción del o de los productos elegidos por parte de los productores de queso.

Al establecer la metodología de trabajo por parte del equipo de colaboradores, se estableció como primer paso visualizar al lactosuero como una materia prima donde es importante conocer sus propiedades nutricionales y buscar la mejor manera de conservarlas, para ello se realizó un análisis de las técnicas que tienen esta finalidad, tomando en cuenta en primer lugar el número de componentes que se obtienen, y en segunda instancia el volumen tratado y costos de producción. La ultrafiltración ofrece la ventaja de mantener en su estado natural a las proteínas, sin alterar sus efectos por calor ni por efectos de calor ni por efectos de acidez; y a su vez proteínas obtenidas se pueden, reintegrar al proceso de producción de queso.

Posteriormente, se obtuvo un concentrado proteico a partir de lactosuero. Se realizó un análisis de los métodos utilizados para este fin, tomando en cuenta su factibilidad en las instalaciones de la facultad, lo que llevo al desarrollo de com-

petencias por parte del alumno participante. El procedimiento utilizado para la determinación de proteína fue el de Bradford (Arias, 2000), ya que es uno de los métodos más sensibles y tiene muy poca interferencia con otros productos. El resultado obtenido fue la muestra de lactosuero concentrado con un contenido de sólidos totales de 6,4 g de los cuales 4 352 g son proteínas y 2 048 g son algún otro componente como lo puede ser carbohidratos y lípidos, entre otros. El proceso se realizó en pequeña escala, en una segunda parte de este trabajo donde se puede considerar implementarlo a una escala industrial para estar en condiciones de proponerlo a las personas encargadas en la elaboración de queso, con un estudio de costos y de mercado.

Otras alternativas más se presentaron a través de analizar la factibilidad para la instalación de una planta para elaborar queso Mysost, una bebida refrescante y un queso tipo Ricota a partir de lacto suero, tras realizar la elaboración del producto en pequeña escala, evaluar las propiedades organolépticas del mismo; ejecutando un estudio de mercado preliminar y determinando el costo de inversión y de producción. En esta etapa del trabajo participaron tres alumnos, apoyados en conocimientos de la ingeniería de proyectos, entendiendo a un proyecto como un proceso de inversión que surge a partir del momento en que se genera la intención de aprovechar determinado recurso y concluye cuando se inicia la operación del proyecto (Cortazar, 2001). Las características básicas de un proyecto son: identificación de las necesidades existentes; recolección de la información pertinente; formulación de soluciones posibles; análisis de las soluciones; valuación física y económica de las soluciones; optimización de las soluciones y diseño detallado del sistema. Una vez que se tiene la solución optimizada, se puede proceder a elaborar el diseño detallado, que consta de los planos correspondientes y la enumeración del conjunto de especificaciones necesarias (Erossa, 2006). La mayoría de los autores establecen tres grandes etapas en un proyecto: estudio de viabilidad, proyecto preliminar y el diseño final o detallado. Los trabajos estuvieron en el contexto de estudios preliminares de factibilidad para la instalación de una nueva planta, por lo tanto, nos enfocaremos al estudio de viabilidad.

En estos trabajos, los alumnos identificaron el segmento del mercado a la cual va dirigido el producto, aplicaron encuestas para realizar un análisis de precio y de fortalezas y debilidades del producto (FODA), una evaluación física, la determinación de la maquinaria y mano de obra para el manejo de la planta, una evaluación

económica, en la que se determina el costo de producción, lo que permitirá presentarles a los productores la inversión requerida para la producción de este tipo de alimentos.

Un análisis sistemático de la labor de docentes y alumnos aporta un mayor conocimiento de la propia realidad y de lo que la rodea. En el caso de la ingeniería, donde el interés es fundamentalmente práctico, de intervención técnica, es muy importante la descripción de los fenómenos en los que se desea intervenir; es importante entonces contar con modelos de análisis que permitan describir con objetividad los datos reales, como es este caso, provocando en los alumnos el deseo de conocer y correlacionar conceptos útiles en su formación.

PRODUCTOS

En lo que respecta a la elaboración del queso Mysost (Scott, 1991), cuya composición, textura y color varía de acuerdo a los ingredientes, a las condiciones de proceso y al contenido final de humedad. El producto consiste en un queso untable obtenido a partir del lacto suero por concentración de sólidos. El sabor que poseen este tipo de quesos es un tanto dulce, la variante principal es la cantidad de crema adicionada al lacto suero. Presenta un olor proveniente del suero, pero es apenas perceptible. El rendimiento del queso Mysost con respecto a la cantidad de lacto-suero utilizado es 20% del producto final. Durante el desarrollo del producto se pudo observar que puede omitirse el uso de crema para su elaboración, obteniendo los mismos resultados al final y aumentando así la economía del proceso. El estudio preliminar de mercado mostró que hay un margen de la población que puede considerarse como clientes potenciales, ya que en la actualidad la tendencia es la de buscar productos nutritivos que contribuyan a cuidar nuestra salud, pero que además tengan un sabor agradable. En este aspecto el queso Mysost cumple con esos requisitos buscados por los compradores.

Los factores físicos que fueron tomados en cuenta dan la seguridad de poder continuar a la siguiente etapa del proyecto, ya que el municipio de Miahuatlán cuenta con la infraestructura y los servicios necesarios para la instalación de una planta procesadora de lacto suero. Se demostró que existen proveedores y maquinaria disponible en el mercado para la elaboración del queso Mysost. Se estimó

además el costo de producción por cada 200 gramos, a nivel industrial estos precios pueden variar de acuerdo a variaciones en el precio de luz eléctrica, de diésel, mano de obra o de la misma materia prima. Se concluye que es un proyecto viable al término de esta primera etapa, y puede aspirar a continuar con la siguiente fase que corresponde a la realización de un anteproyecto.

Algo similar ocurrió con la bebida refrescante y el queso tipo ricotta. Para la elaboración de la bebida refrescante se utilizaron distintas concentraciones de lactosuero: 75%, 60% y 50%, La que obtuvo mejores resultados fue de 50% debido a su mejor aceptación por la población encuestada. El análisis de los aspectos del mercado mostró que la bebida refrescante tiene una buena aceptación entre la población encuestada. Se identificó que la bebida en comparación con otras similares es más nutritiva debido a su alto contenido proteico, vitamínico y de minerales, esto proporciona una ventaja pues la tendencia en la actualidad es la de buscar productos nutritivos que contribuyan con la salud, pero que además posea un sabor agradable. La bebida también puede ser elaborada a nivel artesanal, con un bajo costo ya que los productores de queso solo tendrían que invertir en la compra de dos tanques de 120 litros de acero inoxidable y en saborizantes, ácido cítrico, azúcar y sorbato de potasio. Al término de esta primera etapa, el proyecto se muestra como viable a los productores de queso, debido a que las presentaciones de 500 y 250 mililitros pueden competir en el mercado, por lo que se puede aspirar a continuar con la siguiente fase que corresponde a la realización del anteproyecto.

El queso ricotta es uno de los varios tipos de queso que existen. Se produce a partir de la coagulación de la proteína (lactoglobulina) en un medio ácido y con aplicación de calor a la leche entera con suero o al suero. Cuando el ingrediente principal del queso ricotta es la leche, la coagulación de la proteína se puede llevar a cabo mediante la adición de sustancias ácidas o la aplicación de temperatura. Sin embargo, cuando el ingrediente principal en la elaboración del queso ricotta es suero, la coagulación de la proteína se realiza mediante la adición de una sustancia ácida y el aumento de temperatura simultáneamente (Scott, 1991). Al elaborar el queso, se obtiene un rendimiento tomando el volumen de lactosuero empleado de 40% de producto final. El análisis preliminar de factibilidad muestra que debido a que el material utilizado es el mismo para la elaboración de quesos, la inversión por equipo sería mínima; por lo tanto, los beneficios económicos para la empresa serían importantes, previo trabajo de promoción. La manufactura del queso ricotta

provoca una disminución de la demanda biológica de oxígeno al utilizar parte de la materia orgánica presente en el suero.

Otra opción consistió en elaboración de un abono orgánico fermentado tipo magro (Starr, 1997). Los abonos orgánicos fermentados líquidos se originan a partir de la fermentación de materiales orgánicos, como estiércol de animales, desechos de plantas verdes y frutos (Restrepo, 2007). La fermentación es la degradación anaeróbica de los compuestos orgánicos realizada por las enzimas de ciertos microorganismos como bacterias y protistas, llamados fermentos. En consecuencia, la fermentación es un proceso de liberación de energía en ausencia de oxígeno. La biofermentación es un tipo de fermentación en la cual se produce la degradación de materiales orgánicos tales como el estiércol, el suero de leche, el jugo de caña o de frutas (Starr, 1997). La metodología, consistió de dos etapas: se elaboró un abono fermentado tipo Magro a base de lactosuero para su uso como sustrato en la germinación de semillas de lechuga, observando resultados favorables en cuanto a su crecimiento. También se evaluaron las condiciones recomendadas para la prueba de toxicidad, lo que permitió desarrollarlas en condiciones similares a las que se presentan en suelos para cultivo. El abono fermentado Magro es una alternativa favorable en los sistemas de fertilización para la producción de diferentes cultivos; debido a su facilidad de manejo en un tiempo corto de elaboración. Al aplicar el abono Súper Magro utilizando como materia prima suero lácteo, se observó una toxicidad nula, teniendo una alta eficiencia en su funcionalidad. Se evaluó la efectividad en los cuatro tratamientos de prueba (25%, 50%, 100% y testigo) en combinación con el abono tipo Magro, se encontró que al compararse con el tratamiento testigo, el método a 50% fue el más efectivo durante el estudio, debido al mayor índice de germinación de semillas. No obstante, al medir las semillas germinadas, el tratamiento a 25% fue el que tuvo el mayor promedio de elongación de la radícula e hipocótilo, es decir, el mayor crecimiento de la raíz de la semilla.

CONCLUSIÓN

Se realizó una plática informativa titulada “Lactosuero: posibles aplicaciones”, esta fue impartida a la Sociedad de Queseros de la Región de Miahuatlán. En esta sesión informativa también estuvieron presente personal del COVECYT para darle

seguimiento a los avances del proyecto y para atender oportunidades para futuros proyectos. Durante la sesión se puso en perspectiva una nueva forma de percibir al lactosuero, debido a que los productores de queso lo consideran un desecho. Se informó de forma gráfica y sencilla de los daños que causa al medio ambiente este subproducto y de las diferentes y muy variadas alternativas que se existen para emplearlo como materia prima o bien para tratarlo antes de desecharlo. Se hizo hincapié en las ventajas económicas y medioambientales que tendrían de implementar en sus empresas alguna de las opciones presentadas en esta plática y quedo abierto el diálogo para los interesados.

El aprovechamiento de este subproducto presenta un futuro prometedor tal como se demostró mediante los proyectos presentados pues se demostró que la reutilización del lactosuero como materia prima mediante la elaboración de diversos productos con características sensoriales aceptables para una población de consumidores. El análisis preliminar de la factibilidad de la elaboración de todos los productos aquí presentados dio como resultado, que su manufactura adaptada a líneas de producción ya existentes hacen que los procesos en costos sean factibles.

La manufactura los productos presentados provoca en el suero una disminución de la demanda biológica de oxígeno de forma que los beneficios para la empresa que estaría elaborando el producto no solo serían económicos, sino que además de repercusión directa en el grado de contaminación por materia orgánica en los cuerpos de agua en donde se desecha. El estudio preliminar de mercado mostró que hay un gran margen de la población que puede considerarse como clientes potenciales, ya que en la actualidad la tendencia es la de buscar productos nutritivos que contribuyan a cuidar nuestra salud, pero que además tengan un sabor agradable.

El municipio de Miahuatlán cuenta con la infraestructura y los servicios necesarios para la instalación y adaptación de las líneas de producción a partir de lactosuero aquí mencionadas. Se ha demostrado que existen proveedores y maquinaria disponible en el mercado y la mano de obra necesaria para llevar a cabo el proceso no se requiere capacitación especializada. Bajo el lema del desarrollo sostenible, la Universidad Veracruzana, ha buscado alternativas intelectuales y prácticas para superar el actual estado de caos en que se encuentra nuestro estado. El desafío para la ciencia, la tecnología y la pedagogía es superar la igno-

rancia sobre las implicaciones ambientales del uso incontrolado de los recursos naturales. Para resolver estas problemáticas derivadas de los fenómenos sociales, económicos y ambientales ubicados en las diferentes localidades, es necesario propiciar una nueva forma y modo de producción del conocimiento, como lo es la modalidad interdisciplinaria, ya que esta se dirige a comprender la complejidad de las problemáticas socio-económica-ambientales (Mechaca, 2005), desde los entornos reales y en contacto directo con las personas involucradas e interesadas en solucionar los problemas que en este momento los aquejan y que para generaciones futuras representaran situaciones drásticas mucho más difíciles de atender.

REFERENCIAS

- Arias, E. (2000). *Biomoléculas*. España: Ediciones Universidad de Salamanca. España.
- Cortázar, A. (2001). *Introducción al Análisis de Inversión*. Editorial Trillas. México.
- Erossa, V.E. (2006). *Proyectos de Inversión en Ingeniería. Su Metodología*. Editorial Limusa. México.
- García, M., Quintero, R. y López-Munguía, A. (2004). *Biotechnología Alimentaria*. Editorial Limusa. México.
- García, G. Revah, M. y Gómez, R. (2004a). Productos Lácteos. En: García, M., Quintero, R. y López-Munguía, A. (Eds). *Biotechnología Alimentaria* (pp. 153-224). Editorial Limusa. México.
- Leff, E. (2007). *Saber ambiental. Sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder*. Siglo XXI Editores. México.
- Lezama J. L. y Graizbord B. (2010). *Los grandes problemas de México IV*. Medio Ambiente. El Colegio de México. México.
- Menchaca, M. (2005). Pertinencia de la Educación Superior: Desarrollo Interdisciplinario como medio para la producción de conocimientos socialmente útiles. [Tesis de doctorado. Universidad Autónoma del Estado de Morelos]. <https://www.uv.mx/oabcc/files/2018/11/tesis-pertinencia-de-la-educacion-superior.pdf>
- Restrepo, J. (2007). *El ABC de la agricultura orgánica y harina de rocas*. Editorial Managua. Nicaragua.
- Scott, R. (1991). *Fabricación de queso*. Zaragoza: Editorial Acribia. Zaragoza, España.

Starr,C. (1997). *Biology, concepts and applications*. Wadsworth Publishing Company. USA.

Valencia, D.E. y Ramírez, C.M.L. (2009). La industria de la leche y la contaminación del agua. *Elementos: Ciencia y cultura*, 16(73): 27-31. <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=29411996004?>

UNA EXPERIENCIA DE CULTIVO DE TRUCHAS ARCO IRIS EN LA MICROCUENCA: LOS DESAFÍOS PARA LA SUSTENTABILIDAD

MARGARITO PÁEZ RODRÍGUEZ¹
ANTONIO DE JESÚS POZOS VÁZQUEZ²

INTRODUCCIÓN

El municipio de Miahuatlán se encuentra enclavado en la zona serrana de la región centro del estado de Veracruz, rodeada de pequeños lomeríos, donde la principal actividad humana, hasta hace 20 años aproximadamente, fue la agricultura; hoy relegada a segundo término por el cultivo de pastizales, debido al crecimiento excesivo de la ganadería. Estos cambios han traído como consecuencia la desaparición de los bosques de tipo mesófilo, importantes en la captura del agua para el mantenimiento y conservación de las corrientes superficiales. A pesar de este deterioro, aún su riqueza hidrológica sigue siendo una de las más abundantes e importantes de la región, ya que estos afluentes dan origen a una corriente principal que es el río Naolinco y que abastece a poblados importantes para el desarrollo de economías de aglomeración, como lo es el caso de la localidad del mismo nombre, en la que han florecido la industria zapatera y el turismo.

La expansión de la ganadería en la zona posibilitó la incursión de los pobladores de Miahuatlán en la agroindustria del queso. Los cada vez más abundantes desechos de estas actividades productivas han propiciado el deterioro de la calidad

¹ Académico de la Facultad de Biología-UV, (mapaez@uv.mx).

² Licenciado en Biología por la UV.

del agua del río, lo que la ha hecho no apta para satisfacer la demanda doméstica de poblaciones que se encuentra asentadas cuenca abajo. Tal situación obliga a buscar alternativas de diversificación de actividades que permitan el desarrollo económico, pero aprovechando y conservando la riqueza hidrológica de esta microcuenca. De allí la importancia de la propuesta que aquí se analiza y que tuvo como objetivo fomentar el cultivo de la trucha arco iris en esta región, como una alternativa productiva que permitiera la generación de ingresos y empleos. La idea fue aprovechar la presencia de arroyos para dicha práctica, haciendo un buen manejo y un uso sustentable de los recursos naturales. Las posibilidades de éxito para esta iniciativa se basaban en las tendencias de crecimiento que esta actividad mostraba durante las dos últimas décadas, periodo en el cual experimentó un crecimiento de 6% a nivel mundial (Espinal *et al.*, 2005). El capítulo presenta algunos antecedentes, continúa haciendo referencia al proceso ocurrido en la zona de estudio y concluye señalando las dificultades que enfrenta la academia cuando trabaja con comunidades rurales.

ANTECEDENTES

La acuicultura es una contribución importante para la nutrición humana en muchas partes del mundo, ya que se puede elevar la productividad de las cosechas cuando se hace un manejo óptimo de los organismos acuáticos. El producto representa una proteína de bajo costo (Klontz, 1997). En este sentido, algunas especies acuáticas pueden ser un mejor alimento básico que los rumiantes, aves o incluso cerdos. Para que la acuicultura sea rentable es necesario mejorar las condiciones para la aplicación científica, tecnológica, de infraestructura, administrativa y contar con el financiamiento que la actividad requiere (Bardach *et al.*, 1986, SEPESCA 1994).

En el municipio de Miahuatlán abundan corrientes de agua intermitentes y perennes, las cuales son utilizadas en gran medida como abrevaderos para satisfacer las necesidades del ganado. La propuesta hecha por la Universidad Veracruzana a las personas que habitan en el municipio partió de considerar que es posible dar un uso adicional a dichos afluentes, contando con la asesoría técnica adecuada, con el objetivo de cultivar peces en forma intensiva. Las condiciones ecológicas y climáticas del municipio son idóneas para el cultivo de trucha arco

iris, incluso para que los individuos alcancen un peso entre los 250 y los 300 g, en un período de siete a 12 meses, dependiendo del manejo. De allí el potencial que los arroyos encierran para la acuicultura, pues en ellos los peces pueden transformar la energía contenida en organismos de niveles tróficos inferiores, en energía capaz de ser aprovechada por las personas en su dieta diaria (Cházari, 1994).

La especie considerada, la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) (figura 31), es originaria de los ríos tributarios del río Sacramento en California (USA). Pertenecce a la familia Salmonidae, presenta cuerpo alargado, fusiforme y cabeza que termina en una boca grande puntiaguda, con una fila de dientes fuertes en cada una de las mandíbulas que le permiten aprisionar las presas. *Oncorhynchus* significa nariz ganchuda, característica que se manifiesta con mayor énfasis en los machos en la época de reproducción (Castro, *et al.*, 2004). Se caracteriza por ser un pez que alcanza entre 1 y 3 kg de peso en su edad adulta. Habita zonas con temperaturas entre los 10°C y 18°C, razón por la cual se consideró que su producción podría llevarse a cabo con éxito en la región.



Figura 31. Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Fotografía: Pozos-Vázquez, 2010.

Los individuos de estos peces presentan un color verde olivo oscuro en el dorso, con tinte más claro en los flancos donde se observan reflejos rosas, azules, violetas y cobrizos. Tiene una franja iridiscente que refleja la luz, de donde deriva su nombre, y con manchas negras y pequeñas distribuidas en todo su cuerpo, el cual es alargado, comprimido, de una longitud promedio de 40 a 60 cm. La longitud de la cabeza es 20% de la longitud total; esto es sobre todo en machos, dependiendo del grado de madurez sexual. Los ojos de tamaño moderado, boca terminal oblicua, algunas veces grande: premaxilar protractil, maxilar largo pasando el ojo, dientes bien desarrollados sobre las dos mandíbulas (premaxilar, maxilar y dentario). Presenta de dieciséis a veintidós Branquiespinas, de seis a nueve en la rama superior y de once a trece en la rama inferior. Presenta dos aletas dorsales, la primera aleta a mitad de cuerpo, mediana, con radios blancos de 10 a 12 principales y la segunda aleta es un repliegue dérmico, sin radios, conocida como aleta adiposa. La aleta caudal es mediana, moderadamente furcada en los individuos grandes, aleta anal corta y baja, borde derecho con ocho a 12 radios, aletas abdominales pequeñas, aleta pectoral no larga, más bien puntiaguda con once a diecisiete radios, escamas cicloides pequeñas, pero en número variable según las poblaciones, línea lateral completa, encorvada; de cien a ciento cincuenta escamas perforadas en la línea lateral. La columna vertebral con sesenta a setenta y seis vertebrae. El aparato digestivo consta de un estómago con un número de ciegos pilóricos de veintisiete a ochenta y un corto intestino. Los órganos de los sentidos incluyen la vista, el oído muy rudimentario en la cabeza que sirve para el equilibrio, el tacto desarrollado en todo el cuerpo y el olfato muy desarrollado (Blanco, 1994).

Las truchas son peces dulceacuícolas que viven en variadas masas de agua con un mínimo de condiciones de espacio, persistencia y calidad. Incluso algunos especímenes han experimentado adaptaciones que conducen a formas de resistencia, capaces de soportar condiciones de vida en extremo severas (como espacios reducidos y de moderada persistencia, muy bajas concentraciones de oxígeno o altas concentraciones salinas entre otras). En su hábitat natural prefieren aguas que fluyan constantemente, aunque en muchas de las ocasiones se pueden mantener con cierto éxito en aguas estancadas como presas y lagos. Su alimentación se basa en insectos, caracoles y los invertebrados más comunes que existen en los ríos. Es un organismo muy voraz que persigue a su presa; a la hora de comer se encuentra

en las corrientes, ya que prefieren en esos momentos las zonas abiertas y donde la corriente es más fuerte. Por lo general se les encuentran en cuerpos de agua ubicados en las partes altas de las montañas, donde buscan el cobijo que le puede ofrecer un tronco sumergido o una rama colgante de un árbol. Son organismos ágiles y pueden recorrer grandes distancias en un solo día. Su reproducción en libertad es muy difícil y por esto se considera como una especie semidomesticada (Aguilera, 1988).

El macho alcanza la madurez sexual al año, mientras que la hembra lo hace a los dos años. Su época de reproducción se presenta en los meses de septiembre a febrero. El macho se diferencia por su mandíbula inferior alargada y en forma de gancho. El número de óvulos por Kg. de hembra es de 1 000 a 2 800. La mortalidad de huevo en incubación hasta su eclosión varía de 10 a 30% (Hernández, 2006). La cantidad de peces que incluirá el sistema depende del tipo de estanquería, flujo de agua, temperatura, altitud y oxígeno disuelto, entre otros factores. Se recomienda introducirlos con una talla de 3 a 6 cm, con la finalidad de que la tasa de mortalidad durante el manejo y transportación sea mínima. En su cultivo se pueden obtener rendimientos superiores a los 50 Kg/m², aunque los más comunes oscilan entre los 10 y 30 Kg/m² (Hernández, 2006).

Se realizaron varios recorridos por la microcuenca del río con el fin de identificar los sitios más adecuados para la construcción de la infraestructura necesaria para el cultivo de la trucha; se buscaban las mejores condiciones ambientales, topográficas y de calidad del agua, así como el fácil acceso y la cercanía con el pueblo. La pendiente del terreno debía ser moderada, donde el cauce del arroyo tenga un flujo constante para la generación de oxígeno, y que además permita el llenado y vaciado de los estanques cuando el cultivo lo requiere. La vegetación debe ser abierta, sin piedras ni árboles muy grandes. El suelo debe ser arcilloso, para evitar las fugas de agua por filtración. El fácil acceso es importante para poder transportar a los organismos hacia su comercialización (Coche *et al.*, 1997).

Independientemente de las condiciones topográficas favorables, precisas para la construcción del estanque, es necesaria una cantidad suficiente de agua para compensar las pérdidas por escapes, filtración y evaporación en los estanques (Huet, 1983). Para determinar la cantidad de agua que proporciona la corriente del caudal, dependiendo de las variaciones del cauce, se utilizaron dos métodos: el del aforo volumétrico y de flotadores.

La calidad del agua es fundamental en un criadero de truchas, lo que implica un seguimiento continuo que permita mantener los parámetros del agua como: temperatura, oxígeno, turbidez y pH. Todas estas consideraciones determinarán la rentabilidad del cultivo; es decir, que el criadero tenga una buena producción y que las truchas cosechadas en la granja sean de las características deseadas (Kapetsky, 1997).

Para la implementación del sistema, el 21 de agosto de 2009, se realizó el primer recorrido por la parte alta del río, que abarca los siguientes ríos y arroyos: El Mirador, El Durazno, La Puente, Los Pies, La Cumbre, Unión Pedregal-Coralillo, La Mina y La Ermita.

En el trayecto se identificó un sitio con posibilidades de construirse allí el estanque de cultivo. El 18 de septiembre de ese mismo año, durante la temporada de lluvia, se llevó a cabo un segundo recorrido que abarcó la parte media y baja del río. Los ríos y arroyos que se inspeccionaron en esta segunda ocasión fueron: San Marcos, La Toma y La Mina (donde se ubica la represa de Naolinco y el puente colgante). Ninguno de estos reunía las características adecuadas para la implementación de la truticultura.

El último recorrido se realizó el 6 de noviembre, en esa ocasión se ubicaron dos arroyos con potencial acuícola: El Roble y arroyo de San Lorenzo en el municipio de Miahuatlán.

La toma de muestras para evaluar la calidad del agua se efectuó durante los tres recorridos por el área de la microcuenca, registrándose los valores *in situ* de los siguientes parámetros fisicoquímicos: temperatura del agua (con un termómetro marca Brannan 76 mm de 0° a 50° C); concentración de oxígeno disuelto (con el método Winkler y con un oxímetro; HANNA HI 98168) y el pH con un potenciómetro (marca CORNING-10). También se tomó una muestra de agua en una garrafa de dos litros para valorar turbidez en el laboratorio (con turbidímetro marca HANNA HI 93703, con un Rango de 0.00 a 1,000 FTU) (figura 32). Las coordenadas geográficas se registraron con un GPS (marca GARMIN).

El registro de los valores obtenidos para el agua de los arroyos aparece en la tabla 18 y corresponde al promedio de los datos obtenidos en los tres recorridos realizados a las afluentes del río (agosto, septiembre y noviembre). Los resultados mostraron que el agua era de buena calidad y con condiciones aptas para cubrir las necesidades de la especie y lograrse un buen desarrollo corporal.



Figura 32. Colecta de muestras, medición de concentración de oxígeno disuelto con el método Winkler. Fotografías: Barrera Bernal, 2009.

Tabla. 18. Promedio de los parámetros físicos y químicos de los arroyos idóneos para el cultivo de trucha (agosto, septiembre y noviembre, 2009).

Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
Temperatura	7.2 - 17°C para crecimiento 7.2 - 12.8°C para incubación y reproducción	Alcalinidad	20-200 mg/L (como CaCO ₃)
Oxígeno disuelto	>5 mg/L	Amonio	<0.012 mg/L como NH ₃
pH	6.7-9.0	Nitrito	<0.55 mg/L
Dióxido de Carbono	<2 mg/L	Nitrógeno	<110% de saturación total
Turbidez	Aguas cristalinas libres de sedimentos ó materia orgánica		

Fuente: Elaboración Pozos-Vázquez, 2010.

Para lograrse un crecimiento óptimo de la trucha es necesario que la temperatura del agua se mantenga dentro del rango de 15 a 18°C (Phillips *et al.*, 2008). Las condiciones de temperatura que presentaron los arroyos y ríos visitados oscilaban entre 15 a 17 °C, lo que implicaba que existía estabilidad en este parámetro y sin riesgo de afectación para la especie en este rubro.

Se estima que los peces en crecimiento requieren que la concentración de oxígeno no fluctúe más allá de 5 a 9 mg/L (Phillips *et al.*, 2008). Los datos obtenidos reportaban que en el arroyo El Roble este parámetro era de 5.2 mg/L, en San Lorenzo de 6.12 mg/L y en el caso del río Los Pies su concentración de oxígeno registró un valor de 4.98 mg/L. Fue así que se pudo constatar que estos sitios se encontraban dentro del rango que requiere la especie para su cultivo. A pesar de tener esta seguridad, se consideró el hecho de que la concentración del oxígeno se puede mejorar si se implementan técnicas o métodos en la construcción de la estanquería, de manera que faciliten un mejor flujo del agua, lo que incrementa las posibilidades de sobrevivencia y potencia el crecimiento de los organismos.

En cuanto al pH, los valores oscilaron entre 8 y 8.44. No se observaron variaciones significativas en los cinco sitios. Para este tipo de cultivo, es necesario que el pH se mantenga dentro del intervalo de 6.5 a 9.0, ya que las variaciones podrían estresar a la trucha. Las aguas neutras o ligeramente alcalinas son las mejores para la crianza, siendo el rango para el desarrollo satisfactorio de 6.5 a 8.6 y el óptimo de 7.0 a 8.5 (Phillips *et al.*, 2008). De lo anterior fue posible determinar que este parámetro se encuentra dentro de las exigencias del organismo para su cultivo en estos cuerpos de agua. La trucha arco iris habita zonas donde el agua es limpia y cristalina. En los arroyos en cuestión no se encontró una presencia en exceso significativa de sólidos y materia orgánica, por lo que este parámetro correspondió con el de agua con apariencia transparente y cristalina. Como se sabe, en la temporada de lluvias podría incrementarse la turbidez, debido al arrastre de sólidos y materia orgánica. La presencia excesiva de materia orgánica en los estanques puede crear una disminución en la absorción de oxígeno, causando una respuesta inflamatoria en los tejidos lamerales de las branquias de los peces.

Otro factor a considerar fue que el flujo de agua de los arroyos y ríos debe de tener una velocidad constante para el mantenimiento de la estanquería. La cantidad de agua que fluía en este momento por el río Los Pies era de 19 L/seg., mientras que en el arroyo El Roble era de 14 L/seg. Estos valores registrados indican que el cauce proporciona la cantidad de agua necesaria para llevar a cabo el llenado del estanque y mantener estable la circulación de agua (Camacho *et al.*, 2000).

SITIOS IDENTIFICADOS COMO IDÓNEOS PARA EL CULTIVO

A continuación, se describen los arroyos y ríos que se consideraron (figura 33) como sitios idóneos en la zona para implantar los sistemas de acuicultura.

- *Río Los Pies*. Se encuentra ubicado a 100 m de la cabecera del municipio de Miahuatlán, en este, se localiza una poza con flujo constante de agua y pendiente adecuada a los requerimientos del proyecto. Los habitantes del lugar comentaron que años atrás existían organismos como charales y camarones, la presencia de estos sugiere que la calidad del agua es la

adecuada para el cultivo de la trucha; pues las características de pendiente y terreno plano hacen factible la construcción de los estanques. La cobertura vegetal es mediana y de poca altura, la vegetación de mayor presencia comprende pastizales que son usados como forraje para la ganadería, y es de fácil acceso a través de un camino de terracería.

- *Arroyo El Roble*. Cuenta con cauce amplio y una pendiente adecuada, desembocando en una pequeña poza donde el terreno se hace más plano, lo que permite que el flujo del agua sea constante y la producción de oxígeno se mantenga estable. La porción más plana permitiría la construcción de los estanques. La cobertura vegetal es mediana y de poca altura, la vegetación de mayor presencia comprende a pastizales que son usados como forraje para la ganadería, y es de fácil acceso con una parte del camino de terracería y con una vereda que comunica con el terreno.
- *Arroyo San Lorenzo*. Este arroyo tiene una caja de captación que años atrás surtía de agua potable al Municipio de Naolinco, en la actualidad ya no se usa con este fin. El arroyo continúa fluyendo, por lo que la corriente intermitente siempre está presente. Se consideró como adecuado para el cultivo de trucha, de acuerdo con los parámetros fisicoquímicos registrados para el sitio. Sin embargo, su pendiente, ubicación y difícil acceso no permiten que sea viable para llevar a cabo el cultivo de la trucha. Con la implementación de caminos o veredas y algunos métodos para el abastecimiento, este cuerpo de agua se podría utilizar.
- *Arroyo San Marcos*. Presenta dos cajas dentro de las cuales se encuentra un nacimiento de agua que se pudo observar ha disminuido un poco su caudal. Con la aplicación de una buena tecnología para la retención del agua en mayores cantidades, este arroyo podría funcionar muy bien para cultivar truchas. En la actualidad, estas aguas son utilizadas para el mantenimiento del ganado pues forman parte de ranchos particulares. El suelo no presenta erosión y la pendiente del lugar es moderada. El lugar es de fácil accesibilidad. Un aspecto a tomar en cuenta es que en los alrededores se cultiva maíz, lo que podría causar un deterioro en la calidad del agua.
- *Arroyo La Mina*. Es una represa que surte de agua potable al Municipio de Naolinco. Sus características fisiográficas indicaban que podría servir para



Figura 35. Arroyos considerados como sitios idóneos para el cultivo. Imágenes superiores, de izquierda a derecha: Los Pies y El Roble Imágenes inferiores, de izquierda a derecha: San Lorenzo y San Marcos. Abajo, La Mina. Fotografías: Barrera Bernal, 2009.

el establecimiento de una pequeña piscifactoría. Del arroyo principal se podría desviar una pequeña corriente que diera mantenimiento de agua a la estanquería. La pendiente del lugar es semiplana, con un suelo arcilloso. La vegetación de mayor presencia en el sitio comprende pastizales utilizados como forraje para la ganadería. El sitio es de fácil acceso a través de un camino de terracería.

CONFORMACIÓN DEL COMITÉ DE PISCICULTURA

De manera simultánea a la toma de datos en el campo, se convocó a la población de Miahuatlán para realizar reuniones con el objetivo de sensibilizarlos sobre el aprovechamiento de los ecosistemas acuáticos (manantiales y arroyos) que se encuentran en la zona y hacer la propuesta de construcción de infraestructura para el cultivo de trucha arco iris en la región. A continuación, se presenta de manera detallada el proceso de los talleres que se llevaron a cabo con la comunidad.

En el mes de diciembre de 2009 se realizaron dos talleres, los días 1 y 20, en los que se dialogó con las y los asistentes sobre la importancia de los recursos naturales con los que cuenta la región y los problemas de deterioro y contaminación que enfrentan. Estos talleres fueron coordinados por el maestro Francisco Domínguez Canseco y la doctora Clementina Barrera Bernal, quien presentó el proyecto “Programa para la Restauración Integral de la Microcuenca del Río Naolinco”. Entre los temas que se abordaron estuvieron: la importancia de la reforestación, los beneficios de la piscicultura y la recuperación del río Naolinco (Planta de tratamiento de aguas residuales), a través de estrategias de educación ambiental. A partir de estos talleres se formaron grupos de trabajo, que tomaron la forma de comités, para llevar a cabo actividades específicas del proyecto de manera colaborativa.

La conformación de un comité para cada uno de los ejes del proyecto se realizó el día 28 de enero del 2010, dando lugar a la toma de protesta de los participantes ante la presencia del regidor René Salamanca y el síndico Alberto Salamanca, representantes del H. Ayuntamiento de Miahuatlán; por parte del proyecto, la doctora Clementina Barrera Bernal y el maestro Francisco Domínguez Canseco. En esta ocasión se plantearon los compromisos de ambas partes y se definieron las tareas a cumplir dentro de cada comité.

El comité de piscicultura quedó integrado por Herlinda González Llanos, Rubén González Llanos, Zoila Llanos Suárez, Barush Cabrera y Nicodemo Ramírez, habitantes de Miahuatlán. Se realizó una reunión el día 15 de mayo del 2010 en la que se habló de los beneficios que puede producir el cultivo de trucha arco iris, tomando como referencia la comunidad de Matlalapa, perteneciente al municipio de Xico, donde funcionaba una piscifactoría desde hacía varios años. El objetivo principal de esa junta fue hacer una invitación para que las y los integrantes del comité visitaran dicha iniciativa y compartir conocimientos basados en la experiencia de las personas involucradas en el manejo de esa pequeña piscifactoría. La visita a la comunidad de Matlalapa se llevó a cabo el día 21 de mayo del 2010, bajo la tutela del M. en C. Margarito Páez Rodríguez. En ese lugar, se estableció un diálogo entre personas de Matlalapa y los visitantes de Miahuatlán. La conversación giró en torno a una serie de preguntas y respuestas sobre las implicaciones del cultivo de trucha en términos de trabajo y financiamiento. Se habló de la rentabilidad y el tiempo que se requiere para recuperar lo invertido. También se refirieron los cuidados que se tienen que llevar a cabo al desarrollar esta actividad para lograr un buen manejo de los organismos. Todas las preguntas tuvieron una respuesta expedita y útil. Los acuicultores de Matlalapa siempre estuvieron en la mejor disposición de ayudar a sus visitantes. Con el objetivo y meta alcanzada en la visita, los integrantes del comité, con asesoría del equipo de la Universidad Veracruzana, procedieron a elegir el arroyo que en Miahuatlán cumplía con las características más adecuadas en cuanto a topografía y calidad de agua, y de este modo proceder a hacer el diseño y construcción de la estanquería.

PLANEACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DEL ESTANQUE

Para llevar a cabo el diseño y construcción de los estanques, se optó por el sitio El Roble, mismo que pertenece a Herlinda González Llanos, del municipio de Miahuatlán. Se convocó a una junta con los integrantes del comité y, con su consentimiento, se programó la construcción del estanque. Se pasó a la etapa de elaboración de los planos para la construcción de los estanques, lo que se hizo gracias a la coordinación del maestro José Luis Pérez Chacón y los alumnos de la facultad ingeniería: Francisco Barradas Torres y Magdiel Celaya Rodríguez. El primer

plano contempló un estanque de forma circular, con un canal para su llenado. El estanque contaría con una sala de incubación en donde se llevaría a cabo la reproducción de los organismos y la obtención de alevines en un futuro próximo. A estos trazos se agregó un diseño 3D con la finalidad de visualizar la construcción del estanque antes de llevarlo a cabo (figura 34). Obtenidos los planos finales, se hicieron los cálculos económicos que implicaría la construcción (tabla 19).

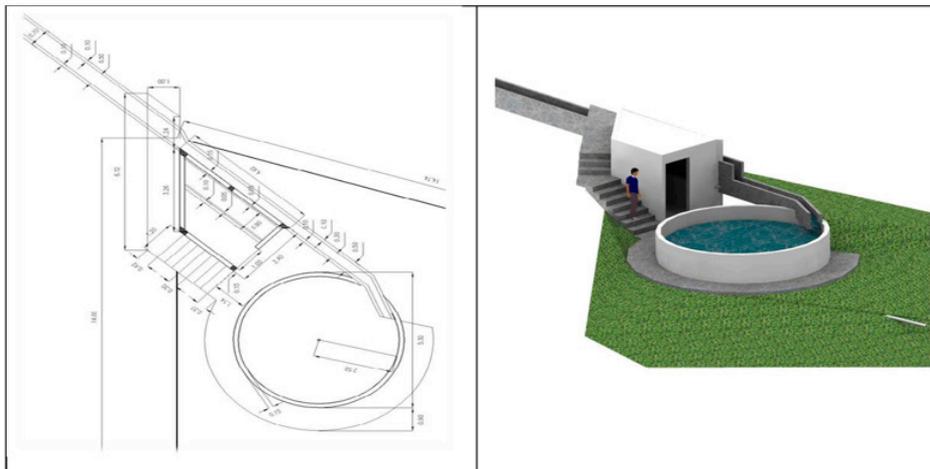


Figura 34. Plano de la estanquería para el cultivo, de la Trucha Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*), se muestra un estanque de engorda y una cámara de incubación. Se incluye el diseño 3D de la instalación Piscícola. Fuente: Pozos-Vázquez, 2010.

Tabla 19. Costos de la implementación de la Infraestructura para la construcción del estanque para el cultivo de la trucha Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*).

Cimentación, estructura y albañilería	\$ 43,586.61
Preliminares	\$ 1,031.09
Acabados finales	\$ 16,172.01
Total de criaderos de trucha en Miahuatlán, Ver.	\$ 60,789.71

Fuente: Pozos-Vázquez, 2010.

EXPERIENCIA DE COGESTIÓN

Como se ha mencionado, se efectuaron una serie de reuniones orientadas a que las personas del lugar pudieran apropiarse del proyecto. Al principio la asistencia fue nutrida y se contó con puntualidad, pero a medida que las sesiones se hicieron un poco más distanciadas, las reuniones iniciaban con cierto retraso. En las primeras reuniones se contó con la presencia de las autoridades municipales; a las siguientes asistirían otros representantes del ayuntamiento. Los habitantes mostraron en un inicio gran interés en hacerse cargo de un estanque; sin embargo, los requisitos para el cultivo restringieron las posibilidades para muchos de ellos. Estos requerimientos eran: ser propietario de un terreno por donde pasara un arroyo y que este estuviera registrado en el Registro Público de la Propiedad; además de tener poca pendiente y fácil acceso.

Fue así como la familia González Llanos, representada por Herlinda, reunió los requisitos y se hizo acreedora a que, en su terreno, por el que pasa el arroyo denominado El Roble, se efectuará la construcción de un estanque. Se hicieron todos los trámites que permitirían tener acceso a financiamiento. En ese momento era necesario contar con un acuerdo, entre la Universidad y los beneficiarios, para poder desarrollar las tareas de diseño de los planos para la construcción de los estanques. La dirección de vinculación de la Universidad Veracruzana colaboró en esta tarea. A pesar del avance que se tenía, la familia González Llanos enfrentó un problema familiar que les impidió continuar con el proyecto.

Se convocó a nuevas reuniones de trabajo y se expuso la problemática surgida durante el proceso anterior. En una de estas reuniones, Nicodemo Ramírez manifestó estar en la mejor disposición de que en su terreno, por donde pasa el arroyo Coralillo, se construyera un estanque. Las condiciones ambientales de ese lugar eran las adecuadas; sin embargo, al revisar los documentos de propiedad, su terreno no contaba con el aval del Registro Público de la Propiedad. Se ofreció la ayuda necesaria para gestionar este registro, pero al final Nicanor expresó no poder seguir adelante.

Ante esta situación, se tuvieron que elaborar nuevos planos, para lo que se contó con la colaboración de la arquitecta, Ana María Moreno Ortega, quien comisionó al alumno Carlos Medel Guevara para hacer un nuevo diseño. De nuevo, el desinterés del posible beneficiario fue un obstáculo para continuar con la propuesta.

Se convocó entonces al comité para el cultivo de trucha a una nueva reunión y se expuso la serie de obstáculos que se habían encontrado. Hubo diversas opiniones a este respecto e inclusive se comentaron algunas dudas sobre la distribución de los recursos económicos. En esta charla surgió la propuesta del señor Hugo Bárcena Villa, quien dijo ser dueño de un terreno por el que pasaba el arroyo Coralillo y ubicado río arriba del terreno del señor Nicodemo Ramírez; por lo que las condiciones eran similares e incluso mejores en términos de concentración de oxígeno y temperatura.

Para este nuevo proyecto se contó otra vez se contó con el apoyo de la facultad de Arquitectura, en este caso en la persona del maestro Vázquez Honorato, quien se mostró colaborativo y comisionó a los alumnos Cécica Vidal García, Arlette Santiago Serrano y Carlos Medel Guevara, prestadores de Servicio Social, para que diseñaran los nuevos planos de construcción. En ese momento se tuvo la visita de dos investigadores en el área de hidrología de la Universidad de Auburn, Alabama, quienes ofrecieron asesoría en el cultivo de peces (trucha, tilapia, etc.) e hicieron observaciones al proyecto. Ellos sugirieron que se debería de considerar en la construcción de los estanques la formación de un pequeño vado en el fondo para que las heces de los animales se confinaran allí y poder desalojarlas de manera fácil. Esta medida permitiría que el agua reincorporada a la corriente principal fuese menos contaminada y que las excretas reunidas pudieran ser utilizadas como fertilizante orgánico, obteniéndose un beneficio adicional para los truticultores. Esta consideración hizo que los planos tuvieran que ser replanteados.

Con los planos concluidos, en el mes febrero del año 2012, se convocó nuevamente a junta para tomar acuerdos con el dueño del terreno. En esta ocasión asistieron los integrantes del comité y todos estuvieron de acuerdo de que, al comenzar el cultivo, las tareas para el cuidado de los peces se tendrían que repartir de forma equitativa, entre todos. La idea era que el comité debía mantenerse unido y ser ejemplo para el resto del poblado, sobre todo para aquellos que más adelante quisieran incursionar en esta actividad.

El señor Hugo Bárcena Villa proporcionó fotocopia del documento que lo amparaba como dueño legítimo del terreno avalado por el Registro Público de la Propiedad.

También se acordó que, en el mes de marzo, del mismo año, se impartiría un curso sobre el cultivo de la trucha a la comunidad de Miahuatlán. A esta capacita-

ción asistieron catorce personas, entre quienes estaban seis integrantes del comité para el cultivo de la trucha.

Como monitores en esa ocasión estuvieron los académicos Margarito Páez Rodríguez, Juan Gaudencio Barreda Herrera y Antonio H. Maruri García. El curso tuvo una duración de seis horas. A los asistentes se les proporcionó un CD y un dossier con contenidos temáticos sobre la truticultura.

En el mes de abril de 2012, comenzaron los primeros trabajos de acondicionamiento del terreno, situado en las inmediaciones del poblado de Miahuatlán, para la construcción de dos estanques. A principios del mes de mayo se concluyeron las tareas de construcción de los estanques. Se llenaron de agua y se dejaron reposar por espacio de quince días; pasado este tiempo, se lavaron y se volvieron a llenar. El agua se dejó ahí por dos semanas más, procurando mantener el flujo ininterrumpido.

El día 6 de junio, de ese mismo año, se sembraron 500 alevines. Al sitio se le denominó entonces como granja-escuela para el cultivo de trucha, pues se consideraba que sería un modelo para la capacitación de otras personas interesadas en el cultivo de la trucha y donde también estudiantes de la facultad de Biología de Xalapa podrían realizar prácticas de campo, lo que redundaría en una mejor formación profesional.

El proyecto continuó a cargo del señor Hugo y del comité. Se decidió entonces iniciar un proceso de autogestión comunitaria. El equipo académico se fue retirando poco a poco, aunque ofreciendo estar disponibles siempre para cualquier asesoría o para colaborar en la solución de problemas concretos con el cultivo. Por comunicación con el maestro Alfredo Aguirre, habitante de Miahuatlán, los responsables del proyecto en la parte académica nos enteramos de que, una vez que los peces alcanzaron un buen tamaño --aunque aún no la talla comercial--, un grupo de personas saqueó los estanques, vaciándolos hasta la mitad de su nivel para poder extraer los organismos con el riesgo de que ocurriera la muerte de toda la población.

Esta serie de acontecimientos muestra las dificultades que implica el trabajo de intervención y colaboración comunitaria desde la academia. Sobre esta base, es necesario mantener un análisis permanente de las posibles interacciones entre todos los factores involucrados --ecológicos, sociopolíticos, económicos y culturales-- y adecuar o rectificar las estrategias a lo largo del proceso.

REFERENCIAS

- Aguilera P. (1988). *¿Qué es la acuicultura?* FONDEPESCA, México.
- Bardach, J. E., Ryther, J. H., y McLaren, W.O. (1986). *Acuicultura: crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce*. ECOSUR. México. <https://biblioteca.ecosur.mx/cgi-bin/koha/opac-MARCdetail.pl?biblionumber=20430>
- Blanco, M. (1994). *La trucha, cría industrial*. Ed. Mundi-prensa. España-México.
- Camacho E., Moreno M., Rodríguez M., Luna C. y Vázquez M. (2000). *Guía para el cultivo de la trucha*. Dirección General de Acuicultura, Semarnap, México.
- Castro, A., Forero, E. y Guillot, G. (2004). *El cultivo de la trucha en Colombia*. Truchas del ártico. Colombia.
- Cházari, E., 1984. *Piscicultura en Agua Dulce*. Secretaría de Pesca. Miguel Angel Porrúa Librero. México.
- Coche A., Muir J.y Laughlin T. (1997). *Construcción de estques para la piscicultura en agua dulce*, Roma: FAO México.
- Espinal, C., Martínez, H. y González, F. (2005). La cadena de la piscicultura en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica (1995-2005). Documento de trabajo núm. 72. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Observatorio Agrocadenas, Colombia.
- Hernández R. (2006). *Truticultura: alternativa de desarrollo rural integral: estudio de caso: la granja acuícola comunitaria (GAC), Xico, Ver. Xalapa, Veracruz*. [Tesis de Licenciatura, Fac. de Economía, Universidad Veracruzana].
- Huet M. (1983). *Tratado de piscicultura*. Mundi-prensa. España.
- Kapetsky J. (1997). *Una evaluación estratégica de la potencialidad para la piscicultura dulceacuícola en América Latina*. FAO, Roma.
- Klontz W. (1997). *Producción de trucha arco iris en granjas familiares*. El pedregal, Silver Cup. Edo. de México.
- Phillips V., Tschida, R. Hernández, M. y Aquino, G. (2008). *Manual básico para el cultivo de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss)*. GEM-TIES Ciencias Sanas y Modos de Vida Sustentables. Series de Manuales de Capacitación. Estudios Rurales y Asesoría, A.C., Global Environmental Management Education Center, Higher Education for Development, Instituto Tecnológico de Oaxaca, ITESM, Universidad Autónoma de Chapingo, University of Wisconsin (Collage of Natural Resources), USAID.

- Pozos-Vázquez, A.J. (2010). *Propuesta de construcción de estanquería para el cultivo de la trucha Arcoiris (Oncorhynchus mykiss) en el municipio de Miahuatlán, Veracruz*. [Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Veracruzana]. https://www.researchgate.net/publication/279483417_Propuesta_de_construccion_de_estanqueria_para_el_cultivo_de_la_trucha_arco_iris_oncorhynchus_mykiss_en_el_Municipio_de_Miahuatlan_Veracruz
- SEPESCA /Secretaría de Pesca y Acuacultura. (1994). *Cultivo de trucha arco iris*. Dirección de publicaciones de Comunicación Social de la Secretaría de Pesca. México.

FORMACIÓN DE DOCENTES EN EDUCACIÓN AMBIENTAL: UN PROGRAMA SOBRE EL BUEN USO DEL AGUA EN LA MICROCUENCA

SANDRA LUZ MESA ORTIZ

INTRODUCCIÓN

La experiencia de este trabajo se centra en la formación de profesores de enseñanza básica en la educación ambiental como modelo didáctico. El docente debe participar, construir y propiciar procesos reflexivos en torno a una problemática ambiental local, enfatizando la responsabilidad, la actuación individual y colectiva de alumnos y educadores, sobre su entorno escolar y su localidad. La propuesta educativa se enfocó para maestros de educación básica primaria de la zona escolar 013 del municipio de Naolinco. Si bien se reconoce que la intervención y proceso educativo es necesario en los diferentes niveles, en este capítulo se aborda la experiencia del trabajo desarrollado en la implementación de un programa de formación en educación ambiental, con la propuesta de construir un modelo didáctico vinculado al currículo de primaria, con la finalidad de integrarlo a la formación y apoyo educativo del profesor en el tema ambiental.

Si bien el trabajo con maestros de educación básica primaria implica un desafío, si consideramos que los profesores tienen a su cargo una serie de necesidades, demandas y lineamientos institucionales que son parte de su quehacer y carga laboral, como el programa “escuela segura” (PNES, 2010) o el “programa de salud alimentaria” (PNES, 2010), por mencionar algunos. Estos programas se derivan de políticas públicas en educación, en respuesta a las necesidades de la población estudiantil que la Secretaría de Educación Pública (SEP) propone, son incorpora-

dos durante del ciclo escolar en cada entidad del país, lo que implica que el profesor frente a grupo tenga que atender diversos temas como prioritarios, cuente o no con la información o capacitación pertinente para abordarlos.

Sobre esta base, el trabajo en el aula y ante un eminente problema ambiental presente en la localidad de Naolinco, como lo es la contaminación del río, se propuso trabajar en un programa de Educación Ambiental (EA) dirigido a la formación docente en vinculación con Secretaría de Educación de Veracruz (SEV), la cual facilitó y favoreció el trabajo desarrollado. El vínculo directo fue con la Subsecretaría de Educación Básica y la Dirección General de Enseñanza Primaria Estatal (DGEPE). Gracias a su intervención y apoyo se tuvo acceso a las escuelas primarias de la zona. Un aspecto relevante que se debe señalar son los antecedentes que refieren la incorporación de la EA al Sistema Educativo Nacional (SEN), señalados en la siguiente tabla.

Tabla 20. Incorporación de la Educación Ambiental al sistema educativo nacional.

1986. Programa Nacional de Educación Ambiental.	Se propone el programa elaborado por la propia SEP en coordinación con la entonces Secretaría de Desarrollo Urbano (SEDUE) y la actual Secretaría de Salud (SSA), dirigido a todos los niveles educativos para plantear la promoción de acciones que se insertaran en un proceso educativo continuo y permanente (Sánchez, 1998).
1989. Recomendaciones para la incorporación de la dimensión ambiental en el Sistema Educativo Nacional (Libro)	Esfuerzo a través del cual la entonces SEDUE da a conocer las aportaciones teóricas y metodológicas sobre el proceso de la incorporación de la dimensión ambiental en el Sistema Educativo Nacional (González-Gaudiano, 1997).
1992. En colaboración con otras instituciones la SEP se elaboró documento guía para docentes: <i>Medio Ambiente y Educación Primaria</i>	Documento que daba cuenta de la relevancia de que la EA pasara de ser un sesgo ecologista a una visión más integral (Semarnat, 2006).
1992. Se publica el libro <i>Equilibrio Ecológico de la República Mexicana</i>	Publicado y elaborado por la SEP, SSA y la SEDUE, con el objetivo de plantear y cooperar en la solución de los graves problemas ambientales de nuestro país.

<p>2006. El Centro de Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU), crea la Estrategia Nacional de Educación Ambiental para la Sustentabilidad en México (Semarnat)</p>	<p>Documento que recopilara y diera muestra del estado de la EA en el país y desde donde se recopilaron las experiencias, trabajo, recomendaciones y acuerdos que en materia de EA se llevan a cabo en cada uno de los estados que integran México</p>
<p>2004. la Estrategia Veracruzana de Educación Ambiental (EVEA)</p>	<p>Documento en el cual se hace referencia del camino que ha seguido la incorporación de la EA en la educación básica primaria en Veracruz, su incorporación a los contenidos programáticos de la asignatura de Ciencias Naturales y su vínculo con la EA en el sistema educativo</p>

Fuente: Elaboración propia, 2023.

En resumen, la EA ha sido abordada desde la escuela primaria a través de proyectos y acciones específicas como, reforestación de jardines y parques de la ciudad, parcelas escolares, separación de basura y reciclaje, compostaje, limpieza y colecta de basura en el aula, la escuela y algunos sitios públicos en la comunidad de la escuela (EVEA, 2004). González-Gaudiano hace referencia a que después de muchas reuniones y recomendaciones, la EA en el sistema educativo mexicano ha seguido, en el mejor de los casos, subordinada a los contenidos de ciencias naturales olvidando la dimensión social y la formación de ciudadanía, (González-Gaudiano, 2003: 01).

EXPERIENCIA DE INVESTIGACIÓN

Selección de planteles

Considerando la relevancia de la educación en los procesos formativos y en los cambios necesarios de formas de ver y de atender las problemáticas ambientales contemporáneas, se planteó desarrollar un proyecto de EA con docentes de educación básica primaria. Para la selección de escuelas primarias se tomó en cuenta la ubicación de los municipios que componen la microcuenca del río Naolinco: Miahutlán, Naolinco, Acatlán, Chiconquiaco y Tonayán.

El trabajo implicó tener acuerdos con la supervisión escolar, lo que modificó la selección de planteles, incluyendo a los profesores y planteles que integran la zona escolar 013 y que participaban en el programa SUMA. De este modo, la muestra con que se trabajó en los talleres de formación quedó integrada por las escuelas primarias ubicadas en los municipios de Tonayán, Chiconquiaco, Tepetlán, Coacoatzintla, Acatlán, Miahuatlán y Naolinco, escuelas que aplicaban el programa SUMA, atendiendo en total a 71 educadores, quienes se esperaba pudieran trabajar después con sus estudiantes.

El vínculo desde donde se enlazaron las actividades propuestas en materia de educación ambiental con los contenidos del programa educativo oficial fue el programa Somos una comunidad comprometida con: Una alimentación sana, Manejo adecuado de los residuos y Agua para nuestro futuro (SUMA). Este programa era avalado por la SEP y abordaba problemas como nutrición y salud, incluyendo temáticas relacionadas con el manejo de residuos sólidos y del agua. En su momento, el programa SUMA propuso impulsar procesos de participación social en la tarea educativa, planteando como objetivos: la construcción de valores y actitudes de respeto hacia el medio ambiente y el cuidado de la salud.

Su implementación implicó la integración de acciones basadas en competencias y contenidos programáticos que favorecerían el desarrollo de una cultura ambiental, fundamentada en el uso racional del agua, el procesamiento de desechos orgánicos e inorgánicos y el cuidado de la salud, específicamente la alimentación (Aguilar *et al.*, 2007).

METODOLOGÍA

La propuesta metodológica en que se apoyó el estudio correspondió a un planteamiento cualitativo, utilizando como instrumentos demoscópicos el cuestionario, talleres y pláticas y haciendo uso de la parte cuantitativa como dato y registro de participación, así como otros datos cuantitativos de apoyo al análisis cualitativo.

Se dividió en etapas para ordenar y facilitar el trabajo, se utilizó el cuestionario como forma de registro de la información requerida, lo que originó el diseño de tres formatos de cuestionario diferentes en los que se recopiló la información necesaria para el análisis de cada etapa propuesta.

Cuestionario exploratorio

Este instrumento de acuerdo con Sandoval (1996), es utilizado para obtener información, que permite delinear y planear el trabajo de intervención. Con este instrumento se recabo información que fue de utilidad para diseñar la propuesta de trabajo que se planteara a los instructores. La información además brindo datos que dieron la pauta para guiar su trabajo en relación con:

- Elementos para priorizar los problemas ambientales que el maestro observa en su escuela y su comunidad.
- Temas del plan y programa de estudio de la SEP que son susceptibles de ser abordados transversalmente, de modo que sea posible atender desde el currículo un problema ambiental local.
- Iniciativas y labor docente, así como propuesta y soluciones generadas por los propios educadores.

La aplicación de los cuestionarios ocurrió en dos momentos diferentes del proceso de formación: una al inicio del proceso, que correspondió al diagnóstico o pretest; y segunda al final del proceso de la formación como una manera de evaluación del proceso. El cuestionario exploratorio o diagnóstico, se aplicó a profesores de cinco escuelas de Naolinco y Miahuatlán, localidades de zona escolar 013. La estructura del instrumento lo integraron once preguntas que se agruparon en dos apartados. La primera comprendió seis preguntas encaminadas a obtener información subjetiva en relación con la información que tienen sobre la localidad donde laboran, el plantel escolar asignado y cómo entienden o definen la educación ambiental. La segunda parte, comprendió cinco preguntas abiertas que buscaban recopilar información acerca de su opinión con respecto al uso de los recursos naturales y los problemas ambientales que reconocen en su localidad y en la escuela, así como la vinculación que encuentran entre educación ambiental y el currículo oficial (Sandoval, 1996).

Cuestionario de evaluación

Este se enfocó en reunir información del proceso en el desarrollo del programa para la formación en EA. Fue aplicado a 59 integrantes del consejo técnico (SEV,

consultado 2020), en este grupo también se encontraban maestros, a quienes se les aplicó el cuestionario exploratorio o diagnóstico. Siguiendo el modelo utilizado en el diseño y aplicación del cuestionario diagnóstico, para el cual García (2003:02), describe como un procedimiento clásico de las Ciencias Sociales, que puede ser utilizado como instrumento de investigación y evaluación, tanto de personas, procesos y programas de formación.

El cuestionario de evaluación se integró con 63 variables, 57 registraban datos cualitativos y cinco que aportaban datos cuantitativos y de control (número de talleres que han tomado, grados que atienden, pláticas a las que asistieron, alumnos con los que realizan la información). Las variables se ordenaron en tres categorías: I) Variables generales o de control; II) Variables de actividad instructora sobre EA; y III) Variables de opinión.

Categoría I. Variables generales o de control, ocho, donde se incluyó información sobre los maestros (nombre, género, escuela de procedencia, tiempo de laborar en la escuela, localidad, municipio, grado (s) escolar que atiende y ciclo escolar que cursaba).

Categoría II. Actividad docente, integrada por 12 variables, que a su vez se subdividieron en seis de respuesta abierta y seis de respuesta cerrada, de las que derivó o se agruparon en cinco subcategorías: 1) Actividades en las que participaron los profesores; 2) Actividades realizadas con sus alumnos; 3) Número de estudiantes participantes en la actividad; 4) Grado escolar atendido por el educador; y 5) Contenidos curriculares con que se vinculó la actividad.

Categoría III. La opinión del instructor sobre el trabajo desarrollado, integrada por 28 preguntas de opinión: 14 de respuesta abierta y 14 de respuesta cerrada, orientadas a obtener información sobre la opinión de los instructores, relativa a: 1) Su participación en los talleres; 2) Participación de autoridades escolares e instructores en el programa de EA; 3) Temática y contenidos de los talleres; 4) Limitantes observadas en los talleres desarrollados durante el proceso de formación; 5) Conocimientos de los profesores, sobre tema ambiental y problemas ambientales; 6) Conocimiento de los alumnos sobre tema ambiental o problemas ambientales; y 7) Propuestas.

Un segundo proceso metodológico fueron los talleres que Sandoval (1996), describe como procesos que aportan riqueza que fundamenta la posibilidad de abordar un grupo desde una perspectiva integral y participativa; partiendo de la

información generada en un diagnóstico y posibilitando la formulación de un plan específico de cambio o desarrollo, enfatizando en la importancia de proyectos de investigación participativa.

De esta forma los talleres aportaron información que se utilizó para dirigir el diseño de actividades favorables o encaminadas a dar alternativas sobre el problema de contaminación del río Naolinco, planteando como fortaleza principal la posibilidad de abordar desde una perspectiva integral y participativa, situaciones sociales que requieren de algún cambio o desarrollo, y tal como lo menciona Sandoval, (1996), avanzando más allá del simple aporte de información, los talleres además permitieron adentrarse en la identificación activa y analítica de líneas de acción que permitieran y dirigieran hacia la transformación de una situación objeto de análisis.

Partiendo de lo anterior, los talleres se diseñaron tomando en cuenta cuatro etapas que Sandoval (1996) propone en el desarrollo de talleres para y en el proceso de un proyecto: 1) encuadre; 2) diagnóstico-valoración; 3) formulación de las líneas de acción requeridas; y 4) la estructuración y concertación del plan de trabajo.

En el mismo contexto se considera la propuesta de Domínguez (1998) donde refiere que los talleres representan una herramienta que permite plantear una estrategia metodológica en la cual apoyar un trabajo. Partiendo de esta base, se diseñaron y realizaron seis talleres que se trabajaron con los grupos de docentes durante el ciclo escolar para educación básica primaria 2009-2010.

Taller 1/Diagnóstico. Se planteó como objetivo configurar una estrategia basada en la identificación de problemas ambientales y en la suposición de que es necesario identificar estos antes de proponer y plantear programas de EA. Bajo la hipótesis de que un proceso participativo motiva a la comunidad o grupo a quien se dirige, para que sea más competitivo desde el punto de vista de la atención a los problemas observados (Ramírez, 2004). Como metas del taller se plantearon:

- Introducir y brindar información a los maestros relacionada con la problemática ambiental de contaminación del río Naolinco.
- Generar una lista de problemas ambientales observados por los profesores en la escuela y en la comunidad.

- Generar información para la planeación de una estrategia de atención al problema de contaminación del río Naolinco desde la escuela primaria y vincularla con el currículo oficial.

Taller 2/Planeación. De acuerdo con la información obtenida en el taller diagnóstico, que tuvo como hallazgo el programa SUMA, programa e información que resultó una de las fuentes y/o vínculo para llevar a cabo el proceso de formación en EA, el taller de planeación propuso como objetivo general: Reconocer la importancia de la planeación del trabajo enfocado a acciones de conservación y respeto del medio ambiente, con la finalidad de brindar a los alumnos oportunidades formales para adquirir, desarrollar y emplear los conocimientos, las habilidades, actitudes y valores necesarios en los cuales tener las bases para desempeñarse de manera activa y responsable consigo mismos y con la naturaleza.

Teniendo como meta el identificar los aprendizajes esperados y registrados en el programa de estudio 1993 y 2009, materiales y documentos diseñados por la SEV como insumo de enseñanza para los maestros en el tema ambiental y su cuidado, en específico la contaminación del agua, la basura y el bosque.

Dado que el taller proyectaba como objetivo la planeación del trabajo con educadores en las escuelas, se resolvió iniciar la capacitación con el grupo de integrantes del Consejo Técnico Escolar quienes participaban o llevaban a cabo la capacitación y aplicación de la estrategia SUMA en las escuelas, apegándose a la metodología con que la SEP desarrolla la capacitación de su plantilla. Estrategia que de acuerdo con Medrano (2015) responde al proceso de formación continua implementado por la SEP, desde la Ley General del Servicio Profesional Docente (LGSPD) (SEP, 2013) y que a su vez corresponde, a lo que años más tarde fuera el Programa Nacional de Actualización Permanente de maestros de Educación Básica (PRONAP); que consiste en que los educadores reciben la información y la transmiten y reproducen en el plantel donde laboran.

Tomando en consideración lo anterior, el taller de planeación fue desarrollado y dirigido a integrantes del consejo técnico escolar, a través de la representación de tres escuelas de la localidad de Naolinco, una escuela de la localidad de San Marco Atexquilapan y una más de la localidad de Miahutlán, que en un inicio eran las escuelas y los municipios foco de atención en el problema de contaminación del río.

La dinámica de taller atendió tres momentos.

- Plenaria, presentación de integrantes y toma de acuerdos para trabajo en equipo.
- Trabajo en equipo concentrado a la revisión de los planes y programas de estudio de educación básica primaria e identificación de contenidos y temas relacionados con el tema ambiental, desde donde vincular el currículo al tema ambiental para la construcción de mapas de aprendizaje.
- Trabajo individual, propuesta que cada docente llevaría a su centro de trabajo (plantel escolar) para compartir, basada en la actividad práctica desarrollada en la escuela o en el grupo escolar.

Taller 3/Capacitación técnica y aplicación. Derivado del taller de planeación y la propuesta individual hecha por los instructores para trabajar en su escuela, se generó un listado de actividades prácticas para desarrollarse. Estas se concentraron en cuatro temas que reflejaban una necesidad de atención o problema ambiental que, de acuerdo con la opinión de los profesores, debía ser atendido.

Los temas incluidos fueron: basura, tala inmoderada, huerto escolar y nutrición y salud. Cada uno de estos temas se trabajó en talleres específicos de capacitación, a fin de brindar información básica y pertinente para proponer y desarrollar actividades educativas con sus alumnos organizadas en manejo de residuos sólidos urbanos; reforestación; hortalizas y huerto escolar; y, nutrición y salud.

El desarrollo y ejecución de cada uno de estos talleres estuvo a cargo de especialistas en el tema, lo que implicó hacer vínculos con otras instituciones quienes colaboraron en la impartición y capacitación de los profesores. La información generada en los talleres fue canalizada a una base de datos de Excel para facilitar su concentración a partir de una matriz. En el análisis de datos se utilizaron los programas Statistica versión 7.0 (2000-2007) con el cual se elaboraron gráficos y el programa IBM SPSS versión 7 para el análisis descriptivo, así como para la elaboración de tablas de frecuencia y porcentuales.

RESULTADOS

El resultado del proceso de formación en educación ambiental se presenta en dos partes. La primera muestra el proceso de vinculación del programa de la formación

en EA con el programa oficial y los contenidos propuestos por la SEV, la selección de planteles, el grupo meta y el diagnóstico que resultara del primer cuestionario aplicado. La segunda parte muestra el proceso de formación, desarrollo de estrategias educativas y pedagógicas desde donde los maestros pudieran vincular la EA con el currículo oficial en atención a problemas ambientales locales, de esta forma tenemos que:

El Taller diagnóstico en el que participaron cinco escuelas, cuatro pertenecientes a Naolinco y una a Miahutlán, asistieron 75 profesores, 21 hombres y 54 mujeres son escuelas generales con seis grados escolares de educación básica primaria. Derivado del taller diagnóstico y los resultados obtenidos, la propuesta de formación docente en EA original se replanteó, tomando en cuenta la propuesta de Sandoval, en relación a que los talleres dan insumos e información que permiten construir mejores propuestas de trabajo participativo. Esto implicó se incluyera la opinión y aportes de los maestros, atendiendo a las necesidades y requerimientos expresados por los participantes en el taller. Como resultado se agregaron temas que en la propuesta inicial no habían sido considerados, temas prioritarios de nutrición y salud y manejo de residuos sólidos urbanos.

En cuanto al análisis de los datos, el cuestionario diagnóstico se dividió para su análisis en tres bloques enfocados a analizar la formación de los instructores en EA, la problemática ambiental y recursos naturales, y el currículo y actividad de estos.

Bloque 1- Formación docente.

La información recopilada nos ofreció una idea de los conocimientos que los profesores tenían sobre educación ambiental, si bien, tienen noción de qué pretende y/o propone la EA, no cuentan con una definición fundamentada o específica. Es posible observar, desde sus respuestas afirmativas que se relacionan con el tema de naturaleza, medio ambiente o ecología. “Hasta ahora la respuesta más recurrente para abordar la dimensión ambiental en la educación en sus diferentes niveles y modalidades, ha sido la de incluir cursos, unidades o lecciones sobre temas de ecología, problemática y cuidado ambiental (Cruz, 2015:2).

Sí consideran relevante la inclusión del tema ambiental en su formación, ya que reconocen que es un tema que preocupa a la sociedad en general. A continuación, algunas definiciones de educación ambiental expresadas por ellos:

- “Para crear conciencia que vivimos todos en una sola casa y que lo que hagamos o dejemos de hacer repercute en el mundo. Para la conservación y restauración de áreas verdes, proteger la fauna y en fin todos los recursos que nos da la naturaleza”, (Anónimo, 2015).
- “Es el futuro de cada lugar. Los problemas que existen en el mundo en la actualidad, consecuencia de la contaminación excesiva. Necesitamos una educación de protección al medio ambiente pero obligatorio para todos”, (Anónimo, 2015).
- “Porque es un tema que preocupa a la sociedad en general, puesto que ya se hacen presentes los estragos del impacto ambiental que tiene sobre nuestra vida a consecuencia del descuido y maltrato que le hemos ocasionado a nuestro ambiente”, (Anónimo, 2015).

Tomando como base el análisis de Sauvé (2004), una cartografía de corrientes de EA, donde la autora hace un recorrido acerca de las formas y abordajes que generan una categoría sobre su enfoque y las propuestas educativas, la información aportada por los maestros dio la pauta para agrupar sus definiciones en cinco corrientes de las que describe Sauvé en su investigación: conservacionista/recursista; moral/ética, humanista; naturalista y sostenible (figura 35).

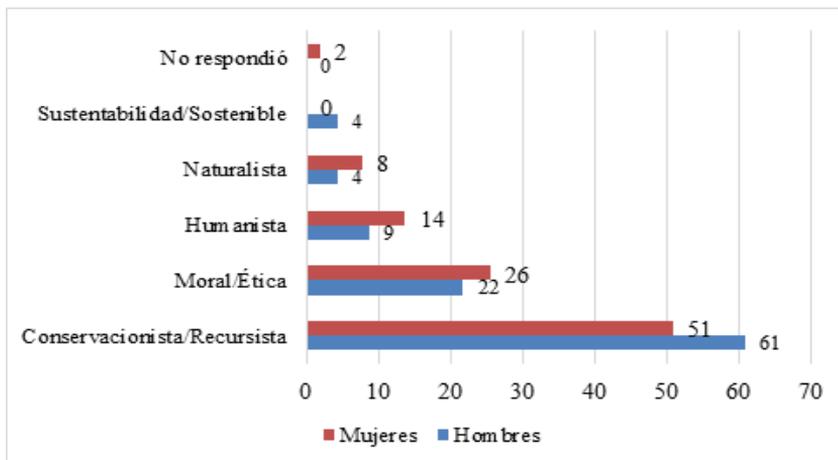


Figura 35. Cartografía de las corrientes de Educación Ambiental (Sauvé, 2004).

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Bloque II - Problemática ambiental y los recursos naturales.

Con el objetivo de indagar la forma en que los maestros observaban los recursos naturales, refiriéndose a su estado actual, estos expresaron son más escasos, se encuentran en alto riesgo, están descuidados, empobrecidos, deteriorados y reducidos por mencionar algunas respuestas.

En particular, sobre el tema del agua, su respuesta fue que observan los manantiales de la localidad más contaminados por drenaje y producción agrícola, señalan que el agua no es potable, es escasa y de baja calidad; observan especies de animales y de vegetales en extinción.

Los problemas ambientales que relacionan con el agua son la escasez, la contaminación, el desperdicio, las inundaciones, los ríos con malos olores y contaminados por el drenaje; arroyos y mantos acuíferos descuidados y sucios.

Señalan el problema de la basura ha ido en aumento debido al mal manejo de desechos, la contaminación por basura en las calles y en las escuelas, los tiraderos abiertos, la quema y la falta de contenedores para la separación.

Bloque III- Currículo y actividad docente.

Este bloque se encaminó a conocer la actividad en progreso del ambiente, la relación que estos establecen con su práctica cotidiana y si incluyen contenidos ambientales y/o abordan el tema de problemas ambientales en su práctica como parte del programa de estudio.

Lo que expresaron fue que “Si” realizan una serie de actividades como son; concientización refiriéndose a actividades como observación de la naturaleza, videos, elaboración de carteles, pláticas con padres y alumnos sobre el tema, como parte de la materia de civismo, solidaridad sobre el cuidado del medio ambiente, campañas de limpieza, ahorro de energía y evitar el uso de bolsas de plástico, actividades relacionadas con la basura, como clasificación, reciclado, reutilización, la práctica de las RRR y limpieza del salón de clases y patio escolar y otras actividades relacionadas con las dos anteriores, en el tema del agua mencionan actividades encaminadas al ahorro y cuidado del líquido (figura 36). Sin embargo, no se tiene evidencia ni sistematización de tales actividades.

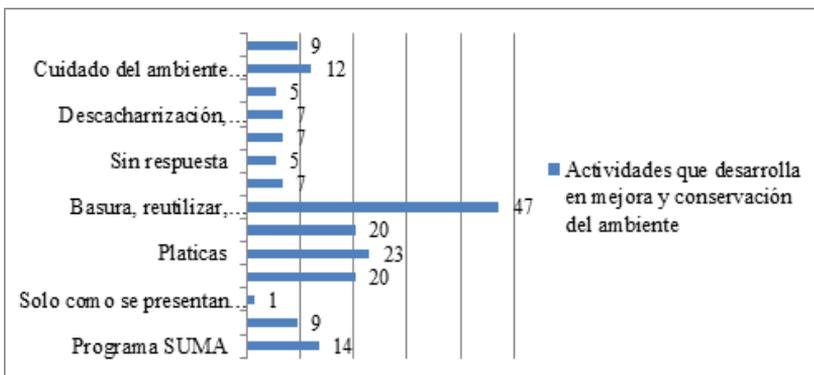


Figura 36. Actividades desarrolladas por docentes en mejora del Medio ambiente.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Taller de planeación

El taller de planeación fue atendido por un grupo de 15 profesores, integrado por directivos y representantes técnicos del programa SUMA, que a su vez estaban adscritos a las cinco escuelas que representan el foco de atención por el problema de contaminación del río Naolinco. La asignación de los asistentes al taller de planeación fue decisión de cada director de plantel invitado y no por elección propia, situación que es común en el sistema educativo a la hora de otorgar comisiones para la atención de temas o programas determinados y no por elección o afinidad.

El taller se concentró en la construcción de mapas de aprendizaje de cada grado escolar y de cada materia que integra el currículo de educación primaria. Se hizo uso de algunos materiales diseñados y elaborados por la SEP proporcionados por la supervisión escolar de zona. La búsqueda y selección de temas afines o desde donde vincular el programa de EA con el currículo, incluyó las asignaturas de español, matemáticas, exploración de la naturaleza y la sociedad, formación cívica y ética, educación artística y educación física para cada grado escolar de primer a sexto año (figura 37).

El resultado del taller arrojó una lista de nuevos temas, contenidos que les interesaba desarrollar en actividades con sus alumnos dentro de los planteles escolares.



Figura 37. Taller de planeación. Fotografía: Mesa, 2011.

Esto derivó cuatro talleres de capacitación para atender la necesidad y demanda; los talleres fueron hortaliza y huerto escolar, manejo de residuos sólidos urbanos (basura), reforestación y alimentación y salud, (tabla 21).

Tabla 21. Talleres de capacitación para docentes de la zona escolar 013.

Taller	Escuelas	Localidades	Profesores
Taller hortalizas y huerto escolar e hidroponía	17	17	17
Taller reforestación	5	5	7
Taller nutrición y salud	15	15	15
Taller manejo de residuos sólidos urbanos	9	9	9

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Talleres de capacitación

Dando continuidad y atención por los educadores se programaron cuatro talleres de capacitación con los temas señalados y fueron impartidos por invitados, especialistas en cada contenido.

Taller 1. Hortaliza y Huerto Escolar

El diseño y ejecución de este taller estuvo a cargo de la Unidad de Capacitación para el Desarrollo Rural (UNCADER) perteneciente a la Dirección General de Enseñanza Tecnológica Agropecuaria de la Dirección General de Enseñanza Técnica Agropecuaria (DEGETA) de la SEP. Dirigido a un grupo de 17 participantes, siete hombres y diez mujeres, con el objetivo de brindar información acerca de la organización, el diseño y el desarrollo de un proyecto de huerto escolar. Se brindó información básica para que pudieran implementar dicha actividad en su plantel sin necesidad de muchos requerimientos.

Taller 2. Reforestación

El taller, a cargo del vivero forestal de la UV, participó con el tema “Establecimiento de un vivero”. Planteó la metodológica de producción de una planta forestal de calidad mediante un sistema tradicional. Este se rigió bajo la línea de investigación de reforestación, misma que participaba en el proyecto integral de saneamiento de la microcuenca del río Naolinco, a la que también se vincula el proyecto de EA. Solo dos educadores asistieron y fue por interés personal que se unieron al grupo de la línea de investigación en reforestación.

Esta actividad, desde el programa de EA, planteó como objetivo el adquirir conocimientos sobre técnicas y estrategias para la siembra de árboles con potencial de reforestación.

Enfatizando la relevancia de la participación escolar en las campañas de reforestación y la importancia ambiental, así como la educativa, estrategias de participación social para resolver problemas ambientales locales como la deforestación de la microcuenca del río Naolinco.

Taller 3. Nutrición y salud

En el programa de formación en EA se integraron los temas abordados en este taller y que no habían sido considerado en su inicio, sin embargo, fue por interés y propuesta de los maestros que se agregaron. Este fue atendido por una nutrióloga con la participación de 15 profesores, cuatro hombres y 11 mujeres, planteando los objetivos: 1) Colaborar en la instauración de buenos hábitos alimentarios en los alumnos y la higiene desde la edad temprana; 2) Transmitir conocimientos acerca de la buena nutrición y su importancia en forma explicativa, didáctica y vivencial; y 3) Sentar las bases necesarias para que los educadores frente a grupo sean capaces de transmitir el conocimiento a sus alumnos a través de lecturas, dinámicas y reflexiones. Cabe mencionar que, la nutrióloga que desarrolló esta clase es egresada de la Facultad de Nutrición UV, región Xalapa.

Taller 4. Residuos Sólidos Urbanos

La actividad se desarrolló en dos sesiones de trabajo, una atendiendo las generalidades del manejo y separación de los residuos sólidos urbanos y otra sobre reutilización de residuos, este último impartido por el Grupo BIO, organización no gubernamental que se contrató para impartir las sesiones. Asistieron nueve educadores, cuyo objetivo planteó el análisis y la construcción de estrategias de trabajo con para atender problemas ambientales que afecten a la escuela y a la comunidad. Teniendo como meta que los profesores implementen estrategias educativas para desarrollar en clase que aborden temáticas sobre EA y los introduzcan en el programa escolar. Se propusieron objetivos particulares: 1) Abrir círculos de reflexión acerca del tema de la basura que permita a los maestros analizar el problema; 2) Brindar herramientas didácticas que los educadores puedan utilizar con sus estudiantes e incluirlas en su programa de estudios; 3) Proporcionar técnicas que les permitan integrar acciones para corregir el tema de la *basura*; y 4) Detonar un proceso de intervención que ponga en marcha programas y actividades concretas una posible solución a la producción de basura en las escuelas.

De esta forma, la capacitación brindada a los representantes, la propuesta de planeación y la información recabada en el taller diagnóstico se integró a través de

los cursos y capacitación que oferta la SEP a los educadores del país y que se denomina “capacitación por cascada” (RIEB, 1993). Cada participante en el taller y los representantes del consejo técnico deben llevar la información y replicarla con sus compañeros y plantilla de cada escuela, así generan y comparten el conocimiento. Lo anterior responde a la tarea que tienen los enlaces técnicos dentro de la estructura de la estrategia SUMA.

Evaluación del proceso

La evaluación del proceso se llevó a cabo con la finalidad de recopilar información sobre el impacto generado por el programa de formación en EA, los datos recopilados se agruparon en tres categorías que se describen a continuación:

Categoría 1. Actividad docente en el tema ambiental. Esta concentró la información que registran las actividades que los profesores reportaron como las actividades desarrolladas con sus alumnos, parte del programa de formación en EA. En este apartado se indagó sobre la asistencia a los talleres realizados como parte del programa de formación en EA, muchos educadores solo asistieron a un taller de los siete impartidos. En orden de asistencia de mayor a menor, la actividad con mayor asistencia fue el de nutrición y salud, siguió la de diagnóstico, la de planeación y la de hortalizas y huerto escolar. Como parte complementaria del proceso de formación en EA se dieron pláticas sobre temas: basura (manejo de residuos sólidos urbanos) y nutrición y salud; encontrando que fue el tema de nutrición y salud el más solicitado y de interés para los asistentes, seguido del de manejo de residuos sólidos urbanos.

La mayoría de los evaluados considera importante vincular la información recibida en el programa de formación en EA, con la actividad curricular que deben desarrollar en el aula, en el caso específico con el programa SUMA; estrategia aplicada durante ese periodo escolar por parte de la Dirección General de Enseñanza Básica en el Estado (DGB). En relación con las actividades relacionadas con la contaminación del río, la mayoría de los instructores (56%) respondió no haber realizado actividades enfocadas o relacionadas con el problema de la contaminación del río, mientras que una minoría (8%) dijo sí haber realizado una actividad y, un tercio (36%) no respondió la pregunta.

Categoría II. Obstáculos en la implementación de actividades derivadas del programa de formación en EA. Como obstáculos a la implementación de actividades y trabajo de los maestros en EA, señalaron que en su mayoría fueron la crítica y la resistencia de los padres de familia sobre algunos temas, en este caso la contaminación del río, así como la falta de tiempo y la carga de trabajo. Los temas señalaron como posible enlace del tema ambiental con el currículo fue el cuidado de la salud y el cuidado ambiental (tabla 22).

Tabla 22. Temas donde los docentes enlazan actividades de EA desde el currículo

Categoría	Frecuencia	Porcentaje
Cuidado ambiental	6	12.5
Cuidado de la salud	10	20.8
Fomento de valores	1	2.1
Es transversal	3	6.3
En hortalizas	5	10.4
Formación Cívica y Ética	2	4.2
Español	4	8.3
Matemáticas	3	6.3
Reforestación	2	4.2
La basura (manejo de desechos)	2	4.2
Uso del agua	1	2.1
Ciencias Naturales	4	8.3
Geografía	2	4.2
Recursos Naturales de México	1	2.1
Contaminación	1	2.1
Exploración al Medio Ambiente y Sociedad	1	2.1
Total	48	100.0

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Categoría III. Opinión docente sobre el trabajo desarrollado. En cuanto a la opinión sobre el trabajo realizado en el proceso de formación en EA, el taller de nutrición y salud fue el de mayor agrado. Lo anterior se basó en tres preguntas dirigidas a conocer la aceptación sobre los talleres impartidos, el que consideraran de mayor conocimiento y el que otorgaba mayor formación para su trabajo en el aula. Sobre la temática y materiales utilizados 22.9% no respondió o dijo no saber. En el tema de la contaminación del río se cuestionó la relevancia de incluirlo como parte de las actividades y contenidos curriculares, la mayoría respondió que sí consideran importante tratar el tema de contaminación del río con sus alumnos desde el currículo. Acerca de las actividades electas para trabajar con los alumnos, la respuesta fue variada (tabla 23).

Tabla 23. Razones ofrecidas por los profesores para elegir una actividad durante el programa de formación en EA.

Por qué eligió la actividad	Porcentaje
Es un tema de interés para el docente.	4.2
Es un tema que interesa a los alumnos.	12.5
Es un tema que marca el programa oficial.	6.3
Es un tema importante de atender para la escuela.	20.8
Es un tema importante de atender en la comunidad.	29.2
Es un tema que atiende un problema ambiental.	25.0

Fuente: Elaboración propia, 2023.

La participación general de los educadores se encontró que en algunos planteles si se llevó a cabo la capacitación en cascada, esto es que los enlaces del consejo técnico dieron la información a sus compañeros y se trabajó en conjunto. La evaluación acerca de la instrucción del programa de formación en EA, mostró que la mayoría dijo que fue claro, mientras que 40% no respondió la pregunta. Si

consideraron la participación de maestros, directivos y supervisores escolares en el programa de formación en EA, la mayoría no respondió o no supo responder la pregunta (tabla 24). Al final, 40% de los profesores dicen haber participado en el programa por interés propio, 15% asistió porque fue comisionado y 45% no sabe o no respondió.

Tabla 24. Participación de docentes, directores y supervisión escolar en el programa de formación en EA.

Pregunta	Respuesta positiva				Respuesta negativa
	Excelente	Muy buena	Buena	Regular	No sabe / no respondió
¿Cómo considera su participación en el proyecto?	10%	15%	29%	8%	35%
¿Cómo fue la participación y apoyo del director del plantel en relación a su trabajo?	23%	13%	27%	2%	38%
¿Cómo fue el apoyo recibido por la supervisión escolar de zona en el desarrollo del proyecto?	4%	17%	33%	8%	38%

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Categoría IV. Opinión sobre conocimientos adquiridos. En este apartado se concentró la información que ofrecieron los educadores acerca de los conocimientos adquiridos en el tema ambiental. La mayoría respondió que los talleres fueron una

herramienta de apoyo muy útil, considerando que el tiempo destinado a estos fue adecuado, aunque recomendaron que debe darse más tiempo y espacio para su atención y tratar con más detalle algunos temas. En cuanto a los cambios que pudo generar el programa de formación en EA y la información que compartieron con los alumnos, 58% dijo sí haber observado cambios en el conocimiento adquirido y transmitido a sus alumnos.

Sobre la importancia de atender el tema de contaminación del río, 56% consideraron que es un tema importante y relevante, sin embargo, sugirieron se incluya en la formación otros temas que, desde su punto de vista, también son relevantes. Para finalizar se dio el espacio para que expresaran o dieran sugerencias que mejoraran o facilitaran la participación de la supervisión escolar de zona, a lo que sugirieron:

- Debe involucrarse el trabajo práctico con los problemas de las escuelas.
- Dar continuidad y seguimiento de programas de formación.
- Mejorar las vías de comunicación supervisión escolar, maestros y planteles.

CONCLUSIONES

De acuerdo con el trabajo realizado se concluye que es posible reconocer el planteamiento inicial del programa de formación en EA para la atención de un problema ambiental local. Se tuvo que adaptar el proyecto para poder vincularlo con la estrategia educativa SUMA. Estas adecuaciones respondieron a cambios en las estrategias de formación, desarrollo de los talleres y el vínculo con el programa SUMA, propuesta que emanó de los propios docentes y las necesidades observadas por estos.

El acuerdo con la estrategia SUMA se modificó. En un inicio, se planteó un trabajo con maestros de educación primaria de escuelas ubicadas en los municipios de Miahuatlán y Naolinco, los cuales comparten de manera directa el problema de contaminación del río; sin embargo, la supervisión escolar solicitó ampliar e integrar a todos los profesores que desarrollaban el programa SUMA, esto incluyó a siete municipios de la zona escolar 013: Acatlán, Coacoatzintla, Tepetlán, Chiconquiaco, Naolinco, Miahuatlán y Tonayán.

La información generada en el cuestionario diagnóstico mostro que los educadores abordan el tema ambiental coincidiendo con algunas de las categorías que Sauvé, (2004) propone en su cartografía de la EA. En esta obra, la autora hace un recorrido de las formas y abordajes de la EA, agrupándolas en las categorías conservacionista/recursista; moral/ tica, humanista; naturalista y sustentabilidad.

De ahí que el trabajo desarrollado en los talleres fue un aporte de material suficiente y valioso que permitió detallar y dirigir los vínculos para la alianza entre el programa oficial o trabajo curricular, con el proyecto de educación ambiental, desde el cual dar atención al problema local de contaminación del río.

Es claro que los educadores cuentan con estrategias didácticas que les permite identificar los contenidos del plan y del programa de estudios, desde estos, enlazarlos con contenidos de educación ambiental. Además de que cuentan con la información teórica básica sobre temas ambientales, sin embargo, el trabajo en los talleres y el desarrollo de las actividades planteadas refleja que requieren mayor apoyo en la planeación de actividades de educación ambiental con sus alumnos, así como recibir asesoría y capacitación.

Resulta difícil la vinculación y puesta en marcha de propuestas de EA en el sistema educativo formal, para este caso la educación primaria, no se observa una completa apertura al cambio y a las nuevas propuestas y estrategias educativas por parte del sistema educativo.

Lo anterior obliga a reflexionar y cuestionar por qué si los maestros identifican donde pueden enlazar la EA con el plan y programa de estudio, las asignaturas, bloques y/o aprendizajes esperados, no son palpables en el quehacer y prácticas docentes de educación básica primaria. Debe existir un vínculo entre la formación en EA y el currículo, pero más aún debe reflejarse en la práctica. El seguimiento de los programas de EA y la evaluación sigue siendo en muchos casos un punto débil, del cual se tiene poca información y al cual no se le da seguimiento.

La aportación de esta investigación al campo de la educación ambiental en el sistema educativo nacional es reforzar las voluntades que se han hecho desde la SEP y otras instancias, sobre todo aumentar la participación de los educadores, involucrarlos en las propuestas y soluciones a la problemática ambiental local desde su quehacer y compromiso cotidiano.

En cuanto al vínculo que debió construirse y fortalecerse entre el programa de saneamiento FOMIX y el programa de EA, es importante mencionar que solo el pro-

grama de reforestación y el de EA, se vincularon a través del trabajo realizado por una maestra de la localidad de Miahuatlán un grupo de alumnos de sexto grado; quienes trabajaron en horario extra por interés personal.

Quedan varias interrogantes a responder: ¿Qué pasa con la información y capacitación recibida? ¿Por qué el tema del agua, que resultó un tema prioritario en el diagnóstico comunitario al inicio del proyecto, no fue un tema que propusieran para trabajar con los alumnos en los planteles?

Por último, se espera que la información aquí compartida sea un aporte al campo de la EA y al trabajo docente, que es un elemento clave en la formación de los estudiantes y en la atención de los problemas ambientales locales.

REFERENCIAS

- Aguilar, V. (2007). Programa SUMA. Material inédito. DGEPE. SEP. México.
- Cruz, S. G. E y González-Gaudiano, E.J. 2015. Educación ambiental y escuela: una difícil integración. En: Cruz Sánchez y González Gaudiano. *Educación ambiental y escuela: una difícil integración* (ingurugelamontrealen.blogspot.com)
- EVEA. (2004). Estrategia Veracruzana de Educación ambiental. Semarnat. Gobierno del Estado de Veracruz. UV. SEC. SEDERE. México. <http://repositorio.veracruz.gob.mx/medioambiente/wp-content/uploads/sites/9/2018/02/EVEA-Estrategia-Veracruzana-de-Educaci%C3%B3n-Ambiental.pdf>
- García, M.T. (2003). El cuestionario como instrumento de Investigación/evaluación. https://www.academia.edu/8713679/EL_CUESTIONARIO_COMO_INSTRUMENTO_DE_INVESTIGACION_EVALUACION
- González-Gaudiano, E.J. (1997). *Educación ambiental. Historia y conceptos a veinte años de Tbilisi*. Sistemas Técnicos de Edición. México.
- . (2003). Por una escuela no con medio ambiente, sino con ambiente completa. *Revista Agua y Desarrollo Sustentable*, 1(3):19-27. <http://www.anea.org.mx/por-una-escuela-no-con-medio-ambiente-sino-con-ambiente-completo/>.
- Medrano, C. F., (2015). *Evaluación de los programas de educación ambiental*. Ayuntamiento de Sevilla. España. Sin título-11 (dipalme.org).
- Ramírez, G.G.A. (2004). *Guía metodológica para la formulación y evaluación de proyectos de educación ambiental bajo un enfoque participativo*. Centro Regional Universitario del Noreste. Universidad Autónoma de Chapingo. Estado de México.

- Ruíz-Cuéllar, G. (2012). La Reforma Integral de la Educación Básica en México (RIEB) en la educación primaria: desafíos para la formación docente. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 15(1), 51-60. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=217024398004>
- Sánchez, M.A. (1998). Contenidos ambientales en la educación básica. Dirección General de Materiales y Métodos Educativos. En: *Aproximaciones Nacionales a un asunto complejo: el caso mexicano en Educación y consumo*. Semarnat, SEP, Taller OCDE sobre Educación y consumo sustentable. París, Francia.
- Sandoval, C. C. A. (1996). *Investigación Cualitativa. Programa de Especialización en Teoría, Metodología y Técnicas de Investigación Social*. Instituto Colombiano para el fomento de la educación superior, ICFES. Bogotá, Colombia.
- Sauvé, L. (2004). *Una cartografía de corrientes en educación ambiental. Canadá: Cátedra de investigación de Canadá en educación ambiental*. Universidad de Quebec, Montreal. Canadá.
- Semarnat. (2006). Estrategia de Educación Ambiental para la Sustentabilidad en México. Semarnat. Cecadesu. México. http://www.cefimsplp.gob.mx/V2/images/Presentaciones/Foro_San_Luis_Sustentable_2017/Estrategia_Educacion_Ambiental_Sustentabilidad_SEMARNAT.pdf
- SEP. 2015. Artículos 4, numeral XXXII, y 6 de la LGSPD, 11 de septiembre; artículo 3º de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 2015, 3 de febrero). Los docentes en México. Informe 2015. Capítulo 3. Formación de los docentes de educación básica y media superior, p. 85.
- . 2010. Salud alimentaria. Acuerdo Nacional para la Salud Alimentaria, Estrategia contra el Sobrepeso y la Obesidad. Programa de Acción en el Contexto Escolar. http://www.sep.gob.mx/es/sep1/salud_alimentaria
- . 2013. Consejo Técnico Escolar Educación Básica. (<https://www.sev.gob.mx/educacion-basica/consejo-tecnico-escolar/>)

ÍNDICE

Prefacio.....	7
LUISA PARÉ	
Introducción	13
CLEMENTINA BARRERA BERNAL, CLAUDIA ÁLVAREZ AQUINO, ANA ISABEL FONTECILLA CARBONELL Y SANDRA MESA ORTIZ	
Descripción del área de estudio: naturaleza y sociedad en la microcuenca . .	31
CLEMENTINA BARRERA BERNAL	
Las representaciones sociales del agua y las posibilidades de una ciudadanía hídrica	45
ANA ISABEL FONTECILLA CARBONELL	
Monitoreo y evaluación: la calidad del agua en la microcuenca del río Naolinco.....	59
CLEMENTINA BARRERA BERNAL	
Diagnóstico de efluentes de queserías y alternativas para su tratamiento . . .	97
ERIC PASCAL HOUBRON, MICHEL DE LA CRUZ CANUL CHAN Y ELENA RUSTRIÁN PORTILLA	
Acciones para la restauración de bosques en la microcuenca	129
CLAUDIA ÁLVAREZ AQUINO	

Opciones para el reuso del lactosuero	149
BERTHA MARÍA ROCÍO HERNÁNDEZ SUÁREZ	
Una experiencia de cultivo de truchas arco iris en la microcuenca: los desafíos para la sustentabilidad.	59
MARGARITO PÁEZ RODRÍGUEZ Y ANTONIO DE JESÚS POZOS VÁZQUEZ	
Formación de docentes en educación ambiental: un programa sobre el buen uso del agua en la microcuenca	179
SANDRA LUZ MESA ORTIZ	

Siendo rector de la Universidad Veracruzana el doctor Martín Gerardo Aguilar Sánchez,
se publicó EXPERIENCIAS PARA LA RESTAURACIÓN DE LA MICROCUENCA DEL RÍO NAOLINCO,
coordinado por Clementina Barrera Bernal, Claudia Álvarez Aquino,
Ana Isabel Fontecilla Carbonell y Sandra Mesa Ortiz.
Este libro se terminó de producir en mayo de 2024.
En su composición se utilizó la tipografía Life BT de 10/14 puntos.
El cuidado de la edición estuvo a cargo de Itzel García Sedano
y la maquetación es de Aída Pozos Villanueva.

El objetivo principal de este estudio es analizar la contaminación del río Naolinco y otras afluentes de agua, debido al derrame de los lactosueros derivados de la producción de queso, específicamente en el municipio de Miahuatlán. Esta situación, aunada a la considerable deforestación por el desarrollo de la ganadería han provocado una marcada disminución del aforo de agua en manantiales cercanos, lo cual pone en riesgo el suministro del vital líquido para el consumo humano y nos coloca en un escenario peligroso.

Debido a la introducción del drenaje de agua en estos lugares, el lactosuero se filtra en las aguas residuales desembocando en ríos y otras afluentes. Las plantas de tratamiento para abordar el problema son escasas o nulas, problemática que ha originado controversias entre los municipios afectados sin poder llegar a un acuerdo para defender el bien común, más allá de los límites municipales y de sus políticas.

Sin embargo, continúa la esperanza y la lucha para lograr ríos libres y ríos limpios, porque es nuestro derecho y nuestra responsabilidad, aunque también es una encomienda del Estado determinada por la Constitución Política.

