

2015

Problemática de contaminación en la zona agrícola de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México

Maritza López-Herrera

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Leticia Romero-Bautista

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Nahara Ayala-Sánchez

Universidad Autónoma de Baja California

Irma E. Soria-Mercado

Universidad Autónoma de Baja California

Amelia Portillo-López

Universidad Autónoma de Baja California

Follow this and additional works at: <http://digitalcommons.unl.edu/biodiversidad>



Part of the [Biodiversity Commons](#), [Botany Commons](#), and the [Terrestrial and Aquatic Ecology Commons](#)

López-Herrera, Maritza; Romero-Bautista, Leticia; Ayala-Sánchez, Nahara; Soria-Mercado, Irma E.; and Portillo-López, Amelia, "Problemática de contaminación en la zona agrícola de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México" (2015).

Estudios en Biodiversidad. 12.

<http://digitalcommons.unl.edu/biodiversidad/12>

This Article is brought to you for free and open access by the Parasitology, Harold W. Manter Laboratory of at DigitalCommons@University of Nebraska - Lincoln. It has been accepted for inclusion in Estudios en Biodiversidad by an authorized administrator of DigitalCommons@University of Nebraska - Lincoln.

Problemática de contaminación en la zona agrícola de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México

Maritza López-Herrera, Leticia Romero-Bautista, Nahara Ayala-Sánchez,
Irma E. Soria-Mercado, y Amelia Portillo-López

Resumen

El presente trabajo se generó con el objetivo de dar a conocer la problemática que existe actualmente en una zona agrícola de gran importancia en el estado de Hidalgo, la "Vega de Metztitlán", zona que forma parte de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, sitio declarado como reserva federal. El aporte de agua residual que se hace a través de los acuíferos que irrigan a la zona, ha generado que este sitio se vea expuesto a un gran riesgo de contaminación por metales pesados, hidrocarburos y demás contaminantes, los cuáles quedan biodisponibles para las plantas e indirectamente existe una alta posibilidad de entrar a la cadena alimenticia de animales y finalmente el ser humano, con los riegos que esto generaría para los habitantes y consumidores finales de los productos agrícolas que ahí se generan.

Palabras clave: metales pesados, aguas residuales, Barranca de Metztitlán, contaminación

Introducción

El agua es un elemento esencial para la vida, por ello, su uso adecuado, manejo y preservación permitirá que la población actual y futura pueda disponer de este recurso en la cantidad y calidad requerida.

El crecimiento de las diferentes regiones de México no ha sido congruente con la disponibilidad de agua: el 77% de la población vive en las zonas centro y norte del territorio nacional, donde se genera sólo el 32% del escurrimiento natural ocasionado por la lluvia, en contraste en la zona sureste se genera el 68% del escurrimiento y en ella habitan tan solo el 23% de la población.

La escasez del recurso agua, su distribución desfavorable, el desperdicio y la progresiva contaminación, han hecho que en algunas zonas, las fuentes superficiales de abastecimiento sean insuficientes y que existan acuíferos sobreexplotados.

Actualmente existen más de un millón de sustancias que son introducidas al ambiente y a las aguas naturales (ríos, lagos, mares, estuarios, etc.) producto de la actividad del hombre. Un gran número de ellas no son consideradas tóxicas, sin embargo, sí pueden alterar las características fisicoquímicas del agua, causar efectos negativos en el ecosistema además de ser directamente dañinas para el hombre (Forstner *et al.*, 1993).

Los metales pesados son un claro ejemplo de contaminación y en contraste con muchos de los contaminantes orgánicos, no se eliminan de los cuerpos de agua por procesos naturales ya que tienen la característica de no ser biodegradables (Murray, 1996). Debido a su carácter no biodegradable, tienden a bioacumularse y así se pueden tomar como indicadores de contaminación y calidad ecológica en los cuerpos de agua (Purves, 1985).

Los metales también tienden a acumularse en los sólidos de los sustratos y sedimentos, y se ha observado que se acumulan en los tejidos vegetales de algunas especies de plantas. La adsorción, coprecipitación y bioacumulación, son algunos de los mecanismos por los cuales los metales pesados se acumulan en algunas especies de vegetales, sedimentos y cuerpos de agua. Estos procesos minimizan el transporte y propagación de los metales pesados provocando así a largo plazo algunas alteraciones medioambientales puesto que pueden lixiviarse en cantidades considerables y de este modo quedar disponibles para la biota. La acumulación de estos metales en tejidos vegetales puede causar daños genotóxicos en las células, y pueden entrar a los animales a través de la cadena alimenticia, de tal forma el hombre no es la excepción y puede ser vulnerable de la ingesta de alimentos contaminados con metales pesados.

Como es de notarse, existe un peligro latente para humanos y para algunos ecosistemas biológicos puesto que los metales pesados en concentraciones significativas, pueden provocar grandes efectos negativos. Este trabajo documenta la problemática de contaminación en la zona agrícola de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México, considerando la contaminación del agua de riego y suelo agrícola de la zona por la presencia de metales pesados.

La Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán

El estado de Hidalgo se ubica entre las coordenadas 19° 35' 52" y 21° 25' 00" de latitud Norte, y los 97° 57' 27" y 99° 51' 51" de longitud Oeste. Limita al Norte con el estado de San Luis Potosí, al Noreste y Este con Veracruz, al Este y Sureste con Puebla, al Sur con Tlaxcala y México, y al Oeste con Querétaro.

En el estado de Hidalgo, se ha utilizado el agua residual para riego de los cultivos desde hace más de 100 años, como consecuencia se han acumulado paulatinamente algunos metales pesados en los suelos agrícolas; cabe destacar que el agua que se ha utilizado para fines agrícolas, en su mayoría proviene de la Ciudad de México y Zona Metropolitana (Vázquez-Alarcón *et al.*, 2001).

La Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán se ubica en el estado de Hidalgo, se localiza entre los paralelos 98° 23' 00" y 98° 57' 08" longitud Oeste y 20° 14' 15" y 20° 45' 26" latitud Norte, con elevaciones entre 1,000 y 2,000 msnm. A su vez, la zona de reserva está comprendida en la Región Hidrológica Río Pánuco (RH26), la cuenca del Río Moctezuma y

comprende parte de las subcuencas Río Calabozo, Río Los Hules, Río Amajac y Río Metztitlán. Según la CONANP (2003), el principal rasgo hidrológico superficial de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán lo conforma el Río Venados (Río Grande Tulancingo al Sur de la reserva y Río Metztitlán al Norte). El Río Venados corre de SE a NO y al norte de la reserva desemboca en la Laguna de Metztitlán.

En general el clima de la zona es seco y semiseco cálido en diferentes partes, está determinado por el efecto de sombra de lluvia que la Sierra Madre Oriental ejerce sobre esta región. En época de lluvias, en verano, los vientos alisios descargan su humedad sobre la zona y las partes elevadas donde se encuentran bosques de pino y encino, entre otros tipos de vegetación templado-fría. En la zona agrícola, denominada Vega de Metztitlán la altitud fluctúa entre 1,200 a 1,300 msnm en las cercanías de la laguna (Figura 1).

Hidrografía de la zona

Tres son los sistemas hidrográficos que existen en Hidalgo, todos son tributarios del Golfo de México; el primero es el Amajac que nace en la Sierra baja y se precipita sobre Omitlán, donde recibe diversos afluentes, sigue bordeando los municipios de Actopan y Atotonilco el Grande, donde se une con el Río Tizahuapan y más adelante constituye el límite de los municipios de Metztitlán e Ixmiquilpan, y continua por el rumbo de Chalpuhuacán y Tepehuacán de Guerrero para salir por el estado de Veracruz.

El otro sistema es el del Río Metztitlán que nace con el nombre de Tulancingo y recoge en primer término las aguas de algunos afluentes conectados con las lagunas de Apan, Atocha y Tecocomulco, cruza por Acatlán, Huasca y Atotonilco el Grande hasta llegar a la barranca de Metztitlán, donde humedece las tierras de la fértil vega de ese nombre y vierte sus aguas en la laguna Metzca, de donde sale para unirse con el Amajac a la altura del municipio de Tlahuiltepa (Vega-Isuhyaylas *et al.*, 2006).

El río Tulancingo nace en los límites del estado de Puebla con el nombre de Río San Lorenzo, su caudal es regulado por la presa La Esperanza, que tiene una capacidad de 2.5 millones de m³, cambiando de nombre a Río Santa María, Río Tulancingo, Río Grande, en este trayecto el agua es aprovechada para la irrigación de tierras del Distrito de Riego 028, de Tulancingo (de 250 a 500 l/s, sin considerar los escurrimientos máximos). También toma los nombres de

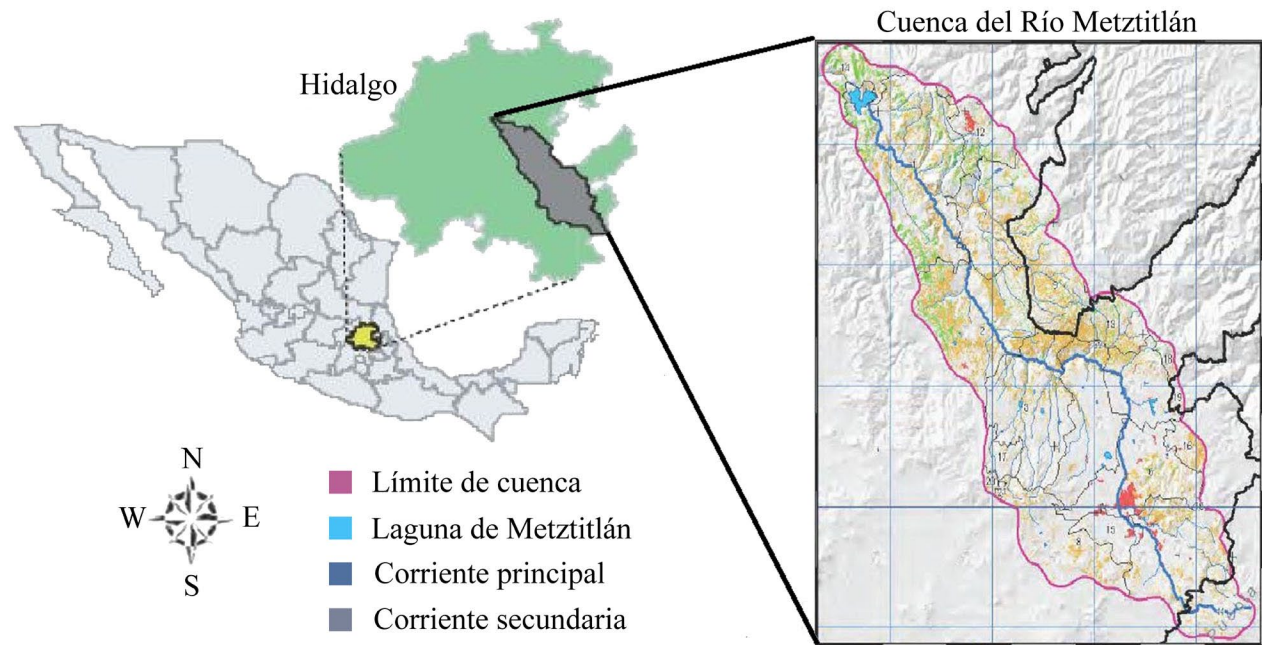


Figura 1. Cuenca del Río Metztitlán, Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México.

Río Acoculco, Río Mesillas, Río Metepec, Río Meco, hasta su cruce con la carretera México-Tampico, en el poblado Puente de Venados cambia nuevamente su nombre a Río Venados, llegando finalmente a la laguna de Metztitlán, donde es aprovechado para uso piscícola. En su recorrido se acumulan sólidos disueltos y suspendidos (Rubiños *et al.*, 2005).

El tercer sistema hidrográfico está constituido por el Río Moctezuma, originado al Noroeste de la ciudad de México, que penetra al estado de Hidalgo por el municipio de Tepeji de Ocampo, donde recibe el nombre de Río Tula. A lo largo de este recorrido recoge las aguas de varios afluentes, hasta llegar a los límites con el estado de Querétaro, donde se le une el gran caudal del Río San Juan y las aguas del Tecozautla, en este sitio cambia su nombre a Río Moctezuma. Al margen de estos sistemas existen otras corrientes de agua autónomas, como las de los ríos Candelaria, Garcés, Atlapexco, Hule, Tlacolula y Yahualica, que nacen en la sierra Alta y riegan los terrenos de la Huasteca Hidalguense.

Actividad Agrícola de la Vega de Metztitlán

La actividad económica de mayor importancia en la región es la agricultura, en ella se ocupa el 73% de la población de los municipios que conforman el área de la Vega y se desarrolla en la modalidad de riego y

temporal. La agricultura de temporal se realiza en los suelos más pobres, en terrenos de tepetate y lomeríos, se cultiva con técnicas tradicionales y fuerza de trabajo familiar, el beneficio que la familia obtiene es en la cosecha, cuando toman parte del producto para satisfacer sus necesidades de alimento y los excedentes los canalizan al mercado. El ingreso que obtienen por las ventas de sus productos es usado para abastecerse de bienes que no producen, complementar la dieta alimenticia, comprar vestido, calzado y la adquisición de insumos para el siguiente ciclo agrícola. Los cultivos que más se siembran son maíz y frijol. En esta modalidad es común la asociación de cultivos de maíz-frijol, maíz-calabaza y maíz-haba. Los productores realizan esta práctica buscando alcanzar dos objetivos: el primero es satisfacer sus necesidades de alimento y el segundo es fertilizar los suelos de forma natural (Vega-Isuhuaylas *et al.*, 2006). Un rasgo importante de este tipo de agricultura es que la gran mayoría se utiliza para el autoconsumo familiar (Figura 2).

La agricultura de mayor importancia económica se realiza en el valle agrícola de Metztitlán; en el que se siembran: frijol, maíz, ejote, calabacita, jitomate y chile, además de otros cultivos como sorgo. Así mismo, se encuentran establecidos huertos de nogal y otros frutales en asociación con cultivos anuales, sobre todo en la parte norte de la barranca. Este



Figura 2. Sitios de colecta de plantas de interés agrícola dentro de la zona agrícola de la Vega de Metztlán, en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán, Hidalgo, México.

tipo de agricultura también se lleva a cabo en las comunidades que están asentadas cerca de los ríos Almolón y Amajac.

La superficie de los predios con riego en el régimen de propiedad privada y ejidal en la vega del río Metztlán, van de 2 a 20 hectáreas, aunque existen agricultores que poseen mayor superficie. Los productores hortícolas de la región en mucho tiempo no han introducido innovaciones tecnológicas como las que se han desarrollado en otras regiones de México que cuentan con horticultura de exportación. Sin embargo, a pesar del atraso tecnológico, la región es considerada una de las zonas agrícolas de mayor importancia en el estado de Hidalgo. El desarrollo de esta área se debe a los factores naturales y a la

infraestructura de riego, como es la construcción en 1953 del Distrito de Riego de Metztlán, el cual funciona mediante la derivación de aguas de Río Metztlán, por medio de dos presas derivadoras y una red de canales; cuenta además con una capacidad para regar más de 4,859 ha.

En Metztlán existe una amplia zona inundable, que se extiende desde el sureste al noroeste de dicho municipio, en la misma dirección del río Venados hasta llegar a la Laguna de Metztlán, que abarca una superficie aproximada de 7,739.36 ha. El periodo de retorno es del orden de 30 años, aunque puede ser menor dependiendo de lo que se entienda por inundación, es decir, qué superficie cubre y a qué profundidad. Este tipo de disturbios afecta a la vegetación riparia, que está adaptada a los mismos. Un ejemplo es el *Salix* spp., que es capaz de tolerar inundaciones, se pueden encontrar también en algunas partes del río troncos de árboles enteros que fueron arrancados por la corriente. Algunos árboles aunque estén derribados y no sean muy jóvenes, si mantienen parte de su raíz en contacto con los sustratos de las márgenes, emiten rebrotes que con el tiempo formarán otro árbol. Las inundaciones también afectan una banda delgada sobre las laderas (CONANP, 2003).

Las últimas inundaciones en este municipio se han presentado en los años de 1999 y 2005. La primera tuvo lugar desde la comunidad de Venados hasta la Laguna de Metztlán, causando daños importantes en la infraestructura caminera, las viviendas ubicadas en el valle, las tierras agrícolas y a la vegetación natural. La segunda inundación, de menor intensidad y magnitud, se presentó en la localidad de Jilotla (Figura 5).

De los principales problemas que enfrenta la RBBM están la extracción ilegal de cactáceas y/o depredación, saqueo de material vegetal, y la contaminación de cuerpos de agua por el uso inadecuado y excesivo



Figura 3. Zonas de cultivo en la vega de Metztlán, Hidalgo.



Figura 4. Aplicación de insecticidas en una zona agrícola de la Vega de Metztlán, Hidalgo.

de agroquímicos en cultivos agrícolas, las descargas de aguas residuales y el cambio de uso de suelo con fines agrícolas.

Aún cuando se encuentra prohibido en la reserva verter o descargar aguas residuales, aceites, grasas, combustibles, desechos sólidos y/o líquidos, usar explosivos o cualquier otra sustancia que pueda ocasionar alguna alteración a los ecosistemas, además de arrojar sobre los cauces y vasos, o infiltrar en los mantos acuíferos aguas contaminadas que excedan los límites establecidos por las normas oficiales mexicanas, o cualquier otro tipo de contaminantes, la realidad es que esto sucede a lo largo de todos los causes de la zona (CONANP, 2003).

El agua de Río Venados es turbia, con abundantes sedimentos. Dada la alta productividad agrícola en la vega, el uso de agroquímicos como fertilizantes, insecticidas, herbicidas, acaricidas y fungicidas es intenso (Figura 3). Desde luego, una parte de estos productos van a dar al río, donde aparentemente se presentan procesos de sedimentación y de

eutroficación, además de algunos efectos tóxicos que afectan al ecosistema acuático, representando riesgos a la flora y la fauna, pero sobre todo para las poblaciones que habitan en las márgenes del río (CONANP, 2003) (Figura 4).

Tanto más cerca se esté de la laguna, el cauce del río habrá recibido más sedimentos de las laderas, más fertilizantes y agroquímicos de las zonas agrícolas en la vega y más descargas de drenajes de los poblados establecidos en las márgenes, con impactos en el contenido de sedimentos, patógenos, productos químicos orgánicos y nutrientes. En efecto, la turbidez del agua es notablemente mayor al acercarse a la laguna; asimismo, diversos nutrientes como el fósforo, los bicarbonatos y la conductividad eléctrica, aumentaron su concentración cerca de ella. Se considera que los mantos freáticos están más contaminados si se encuentran cerca de la Laguna de Metztlán. Se piensa que estos factores pueden implicar contaminación y mortalidad de los peces, efecto que es mayor en la cercanía de la laguna (CONANP, 2003).



Figura 5. Cauce del Río Metztlán en la localidad de Jilotla, Hidalgo.

El cauce del Río Venados, en el poblado Puente Venados, queda encañonado con un pequeño valle fluvial de uso agrícola y cultivo de frutales. Después de esa población se interna en el valle de Metztlán. A su paso capta las afluencias del río Metzquitlán y los escurrimientos laterales del valle, hasta descargar su caudal en la laguna de Metztlán, donde es aprovechado para uso piscícola (Camargo, 1999).

Problemática de contaminación de la zona

El empleo de las aguas residuales

El problema de la contaminación del agua, tiene sus orígenes desde hace aproximadamente 200 años, cuando se dio la Revolución Industrial (Dekov *et al.*, 1998). Debido al surgimiento de una gran cantidad de industrias, surgieron zonas urbanizadas y así también grandes problemas con la calidad y cantidad de agua (Forstner *et al.*, 1990). La gente se trasladó hasta las zonas ya urbanizadas en busca de trabajo, surgiendo la contaminación del agua principalmente por residuos fecales y contaminantes orgánicos y por la falta de tratamiento de aguas residuales en estas zonas.

Desde siempre, los depósitos naturales de agua han sido receptores de una gran cantidad de contaminantes, y aunque en un principio los cuerpos de agua gozaban de un carácter auto depurador, con el paso del tiempo y hasta nuestros días la gran mayoría de esos cuerpos de agua han perdido esa propiedad y ahora existen graves alteraciones en la calidad del agua, además de un gran riesgo para la población en general, puesto que las enfermedades deben su origen a ciertos patógenos transportados por la materia orgánica que acarrea el agua.

Las aguas residuales, según la norma oficial NOM-001-ECOL-1996, son aquellas de composición variada, provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos o de cualquier otro uso así como la mezcla de ellas.

Generalmente los depósitos disponibles de agua por muchos años han sido vulnerables al depósito de un gran número de contaminantes de distintos tipos, y entre estos se encuentran los metales pesados como Cromo (Cr), Níquel (Ni) y Plata (Ag), los cuales pueden ser indicadores de contaminación antropogénica asociados a descargas industriales (Fernández *et al.*, 1997), por otro lado, la presencia de metales como el Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Plomo (Pb) y Zinc (Zn), pueden indicar contaminación por actividad minera (Salomons, 1995).

Los metales pesados contenidos en las aguas residuales, son transportados y se acumulan por lo menos inicialmente en los horizontes superficiales de los suelos (García y Méndez, 2003). De esta forma, pueden ser absorbidos por algunas plantas y en concentraciones elevadas se acumulan en tejidos de estas o por los microorganismos que los requieren para sus funciones metabólicas (Kabata-Pendias, 2011).

La Sub-Cuenca del Río Amajac

Se ubica en el estado de Hidalgo y pertenece al Consejo de Cuenca del Pánuco - Región Hidrográfica IX-3. Consta de 37 municipios, que están representativamente dentro de la Subcuenca, entre los que tenemos: Chapulhuacán, La Misión, Jacala, Tepehuacán de Guerrero, Tlanchinol, Lolotla, Molango, Tlahuilepa, Juárez Hidalgo, Zimapán, Nicolás Flores, Eloxochitlán, Cardonal, Metztlán, Atotonilco, Mineral del Chico, Mineral del Norte y Omitlán de Juárez, entre otros. Los principales cauces son: el río Cocula que después se transforma en el río Metztlán y que se une con el río Amajac. Los tres usos principales de éstas aguas son: agrícola, industrial y doméstico.

Esta subcuenca tiene un área de 6,954 Km² y es un sistema de drenaje que ha experimentado evolución en el tiempo, debido a la gran demanda del recurso hídrico por los usuarios de esta zona.

La mayor parte de las aguas utilizadas en la zona, son vertidas directamente a las corrientes o a fosas sépticas, y en muchas comunidades ya están causando problemas de contaminación por su mal diseño como en el caso del municipio de Juárez de Hidalgo, en donde las fosas sépticas están drenando hacia las corrientes contaminándolas. Esto ha ocasionado algunos conflictos con las comunidades a las que les llega el agua contaminada. Asimismo, otro problema que agrava la contaminación de las corrientes es el vertimiento de basura. En ese sentido, los ríos principales de la subcuenca: Amajac y Metztlán, están contaminados principalmente por bacterias originadas por las descargas domésticas que afectan a los usos acuícola y agrícola (producción de hortalizas) (Mendoza, 2010).

En la subcuenca del Amajac tenemos dos zonas de agricultura de riego importantes, los distritos de riego: Tulancingo y Metztlán. El distrito de riego Metztlán, ubicado en la parte media de la subcuenca, utiliza para riego el agua almacenada en la laguna de igual nombre, además de bombeos directos del río Metztlán. En la época de estiaje, la demanda de riego no es

abastecida en este distrito de riego, los usuarios del distrito utilizan las pozas de acumulación de agua.

En cuanto a contaminación de cauces, el agua utilizada para riego llega contaminada en época de avenidas ya que arrastra las aguas de descargas residuales, industriales, domésticas y de riego, de la zona alta de la subcuenca. Sin embargo en época de estiaje, esta agua contaminada no llega por que el cauce principal ya que se seca en el camino, y las aguas que llegan a este Distrito de Riego son las aportadas por los manantiales y afluentes de esta zona intermedia.

Al final del distrito de Riego Metztlán, se forma una laguna-presa, la cual tiene dos túneles y un resumidero que de modo natural filtra agua todo el año aguas abajo y va a dar hasta el río Moctezuma; cuando el nivel de la laguna empieza a crecer, trabaja el primer túnel, y en caso de crecientes el flujo de agua no se puede controlar lo cual trae tanto problemas al Distrito de Riego como a la parte baja de la cuenca (Mendoza, 2010).

Los pobladores asumen que la corriente, aguas abajo de la laguna, es más cristalina por el filtro natural de los cerros, y por ello, las aguas contaminadas que pudieran llegar de la zona alta de la subcuenca, como desechos de los sueros de los establos y pesticidas desaparece, sin embargo, cuando hay vertimiento directo por el túnel, se estima que llega el agua contaminada a la corriente aguas abajo (Mendoza, 2010).

Por otro lado, el Distrito de Riego Tulancingo, ubicado en la parte alta de la subcuenca, se riega con aguas de la presa La Esperanza, con aguas residuales procedentes de la ciudad de Tulancingo y de municipios aledaños que descargan en la corriente principal, y con el bombeo de pozos profundos, particulares en su mayoría. En las zonas que no cuentan con agua para riego o pequeños canales de irrigación, la agricultura practicada es la de temporal que es complementaria en su economía y básicamente para autoconsumo.

Los mayores volúmenes están concentrados en la zona alta de la subcuenca la actividad textil y la fabricación de productos lácteos, que está contaminado zonas de cultivos y acuíferos, y por consiguiente las corrientes de agua. A los volúmenes de descarte de las industrias se añade los proporcionados por los sistemas de drenaje municipales, a través de las redes de abastecimiento para uso público urbano. A los usuarios de agua para uso industrial, se les cobra solo la tarifa por uso de agua para industrias, pero no hay un cobro por contaminación de las corrientes. Sólo en el área de los municipio de Tulancingo y de Cuahutepec

de Hinojosa hay cierto tratamiento del agua de drenaje antes de ser vertido nuevamente a las corrientes. En otros municipios, los organismos operadores se encargan del servicio de alcantarillado de la zona, pero no se realiza el trabajo de tratamiento de aguas para regresarlas a las corrientes por la falta del recurso financiero para realizar esta actividad.

Un aspecto interesante en esta zona es que los usuarios del módulo de riego de aguas negras del Distrito de Riego de Tulancingo no están de acuerdo con el tratamiento de las aguas residuales que llegan hacia su módulo, ya que eso le quitaría la materia orgánica al agua y sus cultivos se verían perjudicados (Hernández-Acosta *et al.*, 2006).

En el análisis realizado con base en la información proporcionada por informantes claves y usuarios de los diferentes usos de agua, el concepto de cuenca hidrográfica no es manejado por la población la cual tiene una participación tangencial al problema del agua, además de poco conocimiento y conciencia de la contaminación de las corrientes. Los problemas de contaminación de las zonas altas preocupan a zonas aledañas a nivel Municipal, autoridades e instituciones, más no tanto a nivel poblacional.

Si consideramos que el recurso agua en la zona alta de la cuenca es escaso, que además es la zona de mayor consumo de agua por el uso industrial, riego y uso poblacional y que es en donde se concentra la mayor cantidad de población de la subcuenca, se genera toda una problemática en la gestión del recurso ya que las zonas medias carecerán de agua sobre todo en la calidad adecuada para la población que habita en esas zonas y que utiliza el recurso de las corrientes, como por ejemplo en el caso del distrito de Riego del Metztlán que se alimenta de las aguas del río del mismo nombre.

Dada esta situación, existen estudios realizados en la zona que están arrojando información relacionada a las consecuencias de la contaminación del agua en la zona agrícola de la región. De esta zona se han reportado algunos trabajos sobre la calidad del agua, como los de Hernández-Acosta *et al.* (2006), donde se indica que las aguas del Río Tulancingo, están muy contaminadas. Se han determinado valores por encima de la norma de sólidos solubles, sólidos totales, oxígeno disuelto y coliformes fecales y totales. El 59% de los cuerpos de agua están en la categoría de contaminados dentro del intervalo de ICA = 30 a 49, valores con los que el líquido solo podría tener uso industrial o agrícola con tratamiento. Esta es la situación para la presa

La Esperanza de la Ciudad de Tulancingo y la Laguna de Metztitlán (Amado-Álvarez *et al.*, 2006, 2008).

Se ha documentado que la zona del Valle del Metztitlán presenta una gran cantidad de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs). Esto ha generado gran preocupación a diversos grupos ambientalistas y la Secretaría de Salubridad del estado, siendo el sector más afectado el de los agricultores, vendedores, consumidores, pobladores y, las grandes hectáreas de tierra cultivable. Se ha demostrado que los suelos de esta zona están contaminados por compuestos tóxicos que superan los límites máximos permisibles (García *et al.*, 2005). Ésta contaminación proviene de compuestos derivados del petróleo y la producción y/o manejo de los mismos. Es de suponerse que las actividades humanas del sector de la refinería en el municipio de Tula, Hidalgo, podrían estar involucradas en el evento, debido principalmente a la cercanía y conexión geográfica e hidrológica con la zona de Metztitlán. Los contaminantes interactúan con el agua de la refinería antes de llegar a la Barranca de Metztitlán, el suelo podría adsorber los HAPs que son transportados por el agua. De esta manera se puede explicar que el agua, utilizada para el riego, contenga cierta concentración de HAPs, debido a su baja hidrosolubilidad, se adhieren a partículas sólidas, tanto en el suelo como el sedimento (Vázquez-Larios *et al.*, 2013).

En otro estudio se observó como los metales pesados entran a la cadena alimenticia por su bioacumulación dado su persistencia en el entorno. Se determinó la bioacumulación de diversos metales pesados en *Cyprinus carpio*, especie cultivada en la laguna de Metztitlán, Los resultados mostraron una alta concentración de Al en todos los tejidos, así como Pb en la piel y huesos, debido posiblemente a una sustitución de éste por el Ca en rutas metabólicas (Lozada-Zarate *et al.*, 2005).

En un estudio realizado en la vega de Metztitlán para determinar la presencia de metales en suelo y agua de la zona se detectaron Al, Cd, As y Pb en el agua de riego, destacando de éstos el Al por encontrarse por arriba de los valores permitidos por la norma. Por otro lado, en el estudio realizado a suelos agrícolas de la zona, se determinó la presencia de Pb, Cd, As, Al, Mg y Mn, éstos sin embargo no se encuentran fuera de las concentraciones permitidas (López-Herrera y Gordillo-Martínez, 2008). En este mismo estudio se realizó una evaluación para determinar la presencia de estos metales en frijol y chile, plantas que son de interés agrícola y que son cultivadas en la zona de estudio

y se detectó la presencia de Al, Cd y Pb en raíz, tallo, hojas y fruto de esas especies.

Conclusiones

Las descargas que son vertidas al río han modificado las propiedades fisicoquímicas de los suelos agrícolas de la zona que son alimentados por dicha agua. Esto ha causado menores cosechas y una disminución en la economía de la población que depende directa o indirectamente de la producción agrícola.

Los metales pesados aportados por las diferentes formas de contaminación, no son biodegradables por lo que quedan de alguna manera, biodisponibles para las plantas que crecen en la zona y de éstas, muchas son de interés agrícola y base de la alimentación de los pobladores de la región y de zonas aledañas.

Los metales generalmente tienden a acumularse en los sólidos de los suelos, sedimentos y cuerpos de agua. Estos procesos minimizan el transporte y promueven que los metales pesados permanezcan en el sitio debido a que pueden lixiviarse en cantidades considerables y de este modo quedar biodisponibles. La acumulación de estos metales en tejidos vegetales puede causar daños en las células, pudiendo entrar así a la cadena alimenticia de los animales consumidores de estas plantas los cuales a su vez asimilarán éstos en cantidades significativas quedando finalmente en sus tejidos. De esta forma el hombre quedará expuesto a la ingesta de alimentos contaminados con estos metales.

La presencia de contaminantes en el ambiente, es un riesgo latente para el hombre para la biota puesto que se pueden provocar grandes efectos negativos.

Bibliografía

- Amado-Álvarez, J. P., J. E. Rubiños-Panta, C. Ramírez-Ayala, y E. Hernández-Acosta. 2008. Calidad integral del agua superficial en la cuenca hidrológica del Río Amajac. *Información Tecnológica* 19:21-32.
- Amado-Álvarez, J. P., E. Rubiños-Panta, F. Gavi-Reyes, J. J. Alarcón-Cabañero, E. Hernández-Acosta, C. Ramírez-Ayala, E. Mejía-Saenz, F. Pedrero-Salcedo, E. Nicolas-Nicolas, y E. Salazar-Sosa. 2006. Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México: diagnóstico y predicción. *Revista Internacional de Botánica Experimental* 75:71-83.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2003. Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo. Página en red: <http://www.metztitlan.com.mx/ReservaBiosfera/ProgramaDidactica/PCMDidactica.htm>; (consultada 10 septiembre. 2014).

- Dekov, V. M., F. Araujo, R. Van Grieken, y V. Subramanian. 1998. Chemical composition of sediments and suspended matter from the Cauvery and Brahmaputra rivers (India). *The Science of the Total Environment* 212:89-105.
- Fernández, J. C., F. Ruíz, y E. Galan. 1997. Clay mineral and heavy metal distributions in the lower estuary of Huelva and adjacent Atlantic shelf, SW Spain. *The Science of the Total Environment* 198:181-200.
- Forstner, O., y W. Calmano. 1993. Sediment quality objectives and criteria development in Germany. *Water Science Technology* 28:37-316.
- Forstner, U., W. Ahlf, W. Calmans, y M. Kersten. 1990. Sediment criteria development. In: Holding, D., R. P. Forstner, y P. Stoffers (Eds). *Sediment and Environment Geochemistry*. Springer-Verlag, Berlin, Germany. pp. 311-333.
- García, J. C., y F. R. Méndez. 2003. Aplicación del análisis multivariante al estudio del comportamiento de suelos de cultivo de regados con aguas residuales urbanas no depuradas. 27 Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa Lleida, 8-11 de abril. pp. 1-13. Página en red: http://web.udl.es/usuarios/esi2009/treballs/o3_4_1.pdf; (consultada 10 septiembre 2014).
- García, J., J. A. Gordillo-Martínez, G. Pulido-Flores, S. Monks, J. R. Villagómez-Ibarra, y O. A. Acevedo-Sandoval. 2005. Evaluación de la concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos en las aguas de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán. Página en red: http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/memorias/Extenso/CA/EO/CAO-59.pdf; (consultada 18 septiembre 2014).
- Hernández-Acosta, E., E. Rubiños-Panta, J. Amado-Álvarez, A. Ramírez-A., y F. Gavi-Reyes. 2006. Contaminación del agua en el río Tulancingo (Hidalgo, Estado de México). En: Gallardo-Lancho, J. F. (Ed.). *Medioambiente en Iberoamerica: visión desde la física y la química en los albores del siglo XXI*. Tomo I, Badajoz, España. pp. 335-341.
- Kabata-Pendias, A. 2011. Trace elements in soil and plants. 4th. Ed. CRC Press, Inc. Boca Ratón. Florida, USA. 534 p.
- López-Herrera, M., y A. J. Gordillo-Martínez. 2008. Bioacumulación de metales pesados en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y chile (*Capsicum annum* L.) en la reserva de la Biosfera "Barranca de Metztitlán", Hidalgo, México. Página en red: http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/congresos/Ciudad%20Oaxaca/oral_contambiental.html; (consultado 28 septiembre 2014).
- Lozada-Zarate, E., S. Monks, G. Pulido-Flores, A. J. Gordillo-Martínez, y F. Prieto-García. 2007. Determinación de metales pesados en *Cyprinus carpio* en la Laguna de Metztitlán, Hidalgo, México. En: Pulido-Flores, G., y A. L. López Escamilla (Eds.). *IV Foro de Investigadores por la Conservación y II Simposio de Áreas naturales Protegidas del Estado de Hidalgo*. Ciencia al día 5. Universidad Autónoma del Estado del Hidalgo. pp. 91-94.
- Mendoza, M. C. 2010. Evaluación de impacto ambiental por el método Batelle Columbus del túnel de desfogue de la Laguna de Metztitlán, Estado de Hidalgo. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo, Texcoco, Estado de México. 150 p. Página en red: http://www.biblio.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/145/Mendoza_Carino_M_MC_Hidrociencias_2010.pdf?sequence=1; (consultada en 29 septiembre 2014).
- Murray, K. S. 1996. Statistical comparisons of heavy metal concentrations in River sediments. *Environmental Geology* 27:54-58.
- Norma Oficial Mexicana (NOM). 1996. NOM-001-ECOL-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Diario Oficial de la Federación 24 de junio.
- Purves, D. 1985. Trace Element Contamination of the Environment. Elsevier. Amsterdam. 260 p.
- Rubiños-Panta, E., J. Amado-Álvarez, C. Ramírez-A., E. Hernández-Acosta, F. Gavi-Reyes, E. Mejía-Saenz, y E. Salazar-Sosa. 2005. Contaminación del agua en el río Tulancingo, Estado de Hidalgo, México. Página en red: http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/memorias/Resumen/CA/RC/CAC-09.pdf; (consultado 28 septiembre 2014).
- Salomons, W. 1995. Environment Impact of Metals derived from mining activities: process, predictions. *Journal Geochemical Exploration* 52:5-23.
- Vázquez-Alarcón, A., L. Justin-Cajuste, C. Siebe-Grabach, G. Alcantar-González, y M. L. de la Isla de Bauer. 2001. Cadmio, Níquel y Plomo en agua residual, suelo y cultivos en el Valle del Mezquital, Hidalgo, México. *Agrociencia* 35:267-274.
- Vázquez-Larios, E., B. Ramírez-Hernández, P. I. Badillo-Lagunes, T. A. Fregoso-Aguilar, C. H. Hernández-Rodríguez, César Hugo, y J. A. Mendoza Pérez. 2013. Caracterización de suelos contaminados con HAPs en el valle de Metztitlán, Hgo., y aplicación de un proceso de biorremediación con membranas limitantes de oxígeno. *Química Hoy* 3:18-25.
- Vega-Isuhyaylas, G., L. Jiménez-Sánchez, E. Rubiños-Panta, F. Manzo-Ramos, A. Quispe-Limaylla, y B. Maraño-Pimentel. 2006. Gestión del agua de la subcuenca del río Amajac Estado de Hidalgo-México, considerando su entorno socioeconómico y ambiental. Congreso Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Página en red: http://www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/cong_nal_o6/tema_01/o3_griselle_vega.pdf; (consultado 10 octubre 2014).