

CONTRIBUCIONES PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE **LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO,** MICHOACÁN

M. Bravo, G. Barrera, M. E. Mendoza,
J. T. Sáenz, F. Bahena, R. Sánchez

CONTRIBUCIONES PARA EL
DESARROLLO SOSTENIBLE DE
LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO,
MICHOACÁN

Editores Técnicos

Miguel Bravo Espinosa
Gerardo Barrera Camacho
Manuel E. Mendoza
J. Trinidad Sáenz Reyes
Fernando Bahena Juárez
Rubén Sánchez Martínez

CONTRIBUCIONES PARA EL
DESARROLLO SOSTENIBLE DE
LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO,
MICHOACÁN

Editores Técnicos

Miguel Bravo Espinosa
Gerardo Barrera Camacho
Manuel E. Mendoza
J. Trinidad Sáenz Reyes
Fernando Bahena Juárez
Rubén Sánchez Martínez

INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIONES FORESTALES,
AGRÍCOLAS Y PECUARIAS
CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL
PACIFICO CENTRO
CAMPO EXPERIMENTAL URUAPAN

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN
GEOGRAFÍA AMBIENTAL

Marzo de 2012

CONTRIBUCIONES PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO, MICHOACÁN.

Bravo-Espinosa, M., G. Barrera-Camacho, M.E. Mendoza, J.T. Sáenz, F. Bahena-Juárez y R. Sánchez-Martínez (eds.). 2012. Contribuciones para el desarrollo sostenible de la cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán. INIFAP-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Michoacán. UNAM-Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. Morelia, Michoacán, México.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
Av. Progreso Núm. 5 Col. Barrio de Santa Catarina.
Delegación Coyoacán.
C.P. 04010 México, D.F.
Tel. (01 55) 38 71 87 00
www.inifap.gob.mx
Correo-e: contactenos@inifap.gob.mx

Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro.
Campo Experimental Uruapan.
Av. Latinoamericana Núm. 1101. Col. Revolución.
Uruapan, Michoacán, México.

Universidad Nacional Autónoma de México (Campus Morelia)
Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental
Antigua Carretera a Pátzcuaro 8701
Col. ExHacienda de San José de la Huerta
C.P. 58190, Morelia, Michoacán, México

ISBN: 978-607-02-2914-5

Primera edición 2012.
Impreso en México.

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la Institución.

Disponible en versión digital y de forma gratuita
en la sección editorial de la página web del CIGA-UNAM:
www.ciga.unam.mx

Índice

• Prologo

• Caracterización y Problemática

- La vida en la Laguna: Cambio y rutina en la Isla de Tzirio
P. A. Castañeda-Hernández 15
- Disponibilidad de las aguas subterráneas en El Valle Morelia-Queréndaro
J. A. Rodríguez-Castro, J. J. Silva-Corona, R. García-Acevedo y R. Ruiz-Chávez 25
- Estudio histórico-técnico sobre las inundaciones y el saneamiento del Valle de Morelia, 1868-1935
F. Ojeda-Torres, C. E. Bravo-Nieto y F.J. López Castro..... 33
- Efecto de las tuzas en la conductividad hidráulica de suelos ignimbríticos del sur de Cuitzeo, Michoacán
A. Gómez-Tagle Ch., A. F. Gómez-Tagle R., H. Zepeda-Castro y Oliver Felipe..... 49
- Análisis morfométrico de las subcuencas de Los Azufres-Mil Cumbres, Michoacán
F. Mariano-Domínguez, A. Gómez-Tagle Ch. y A. F. Gómez-Tagle R...... 55
- Análisis morfométrico y delimitación de unidades ambientales homogéneas de la subcuenca hidrográfica Umécuaro-Loma Caliente.
M. A. Guevara-Santamaría y A. Gómez Tagle-Chávez..... 63
- Procesos de formación en suelos al sureste de la subcuenca de Cointzio, Michoacán
M. Alcalá de Jesús, C. Prat, A. Ramos-Ramírez, C. Hidalgo-Moreno, A. Cabrera-González y V. H. Garduño-Monroy..... 73
- Suelos de la porción sur de la cuenca de Cuitzeo, Michoacán, México
A. Cabrera-González, J. M. Ayala-Gómez y L. Medina-Orozco..... 81
- Establecimiento de marcadores moleculares dominantes, ISSR, en Yangoquirópteros de la cuenca de Cuitzeo, Michoacán, México
A. Hernández-Jiménez, E. Urbiola-Rangel, K. Oyama y O. Chassin-Moria..... 87
- Las algas, su composición y abundancia en el Lago de Cuitzeo de 1976 a 2002
M. del Rosario Ortega Murillo, I. Israde-Alcantará,

<i>R. Alvarado-Villanueva y M. Arredondo-Ojeda</i>	95
Intercepción pluvial en distintos ecosistemas de la cuenca hidrográfica de Cointzio, Michoacán <i>E. Díaz-Fernández y A. Gómez-Tagle-Rojas</i>	105
Caracterización económica de los sistemas de producción de maíz para la producción sostenible en el municipio de Morelia, Michoacán <i>J. Martín-Arreol-Zarco</i>	113
•Conservación y Restauración de Recursos Naturales	
Contribución al conocimiento de la biodiversidad de insectos parasitoides en el Valle Morelia-Queréndaro, Mich. <i>F. Bahena-Juárez y R. Peña-Martínez</i>	135
Coccinélidos (Coleoptera) depredadores de la cuenca del Lago de Cuitzeo <i>R. Peña-Martínez, G. García-Coapio y F. Bahena-Juárez</i>	141
Dinámica de la erosión en una cárcava en la cuenca de Cuitzeo, Michoacán, México <i>C. Bedolla-Ochoa, A. Cabrera-González, C. Prat y L. E. Medina-Orozco</i>	151
Comunidades vegetales y su variación estructural y florística en la cuenca de Cuitzeo: Un análisis de su estado de conservación y aprovechamiento <i>J. Rodríguez-Velázquez, M. Martínez-Ramos, F. García, S. Arizaga, J. Martínez, R. Velázquez, M. Pérez-Pérez y S. Quijas</i>	161
Variación de la tensión de humedad bajo el sistema tradicional de Año y Vez en un suelo de charanda, cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán <i>M. Bravo-Espinosa, C. Prat, L. Medina-Orozco y B. Serrato-Barajas</i>	169
Simulación del impacto de las descargas de agua residual en el Río Grande de Morelia <i>J. A. Rodríguez-Castro, R. García-Acevedo y R. Ruiz-Chávez</i>	177
La erosión en cárcavas en la subcuenca de Cointzio, Michoacán: Características, impacto y control <i>M. Bravo-Espinosa, L. Medina-Orozco, B. Serrato-Barajas, M. E. Mendoza y J. T. Sáenz-Reyes</i>	187
Comportamiento del cultivo de canola (<i>Brassica napus</i> L.) en riego bajo diferentes fechas de siembra para la cuenca del Lago de Cuitzeo <i>M. A. Cepeda-Villegas, B. L. Gómez-Lucatero y H. E. Martínez-Flores</i>	199
Efecto de inductores de resistencia a sequía sobre el rendimiento de canola bajo riego deficitario y labranza reducida en la cuenca de Cuitzeo <i>B. L. Gómez-Lucatero y M. A. Cepeda-Villegas</i>	211

Simulación hidrológica de la cuenca del Lago de Cuitzeo, con apoyo de un sistema de información geográfica

J. A. Rodríguez-Castro, R. R. Chávez y R. García-Acevedo.....225

•Gestión Socioeconómica

Perspectivas de solución a los problemas ambientales de la cuenca del Lago de Cuitzeo, Mich.

G. Vargas-Uribe, H. Merlos-Aritzemendi, A. Santos-Contreras, A. Topete-Betancourt, J. C. Carrillo-Amezcu.....235

Lucha y organización por el agua en el ejido de San Antonio Coapa, municipio de Morelia, Michoacán: La construcción del capital social en torno a sus recursos

M. de la Luz Romero-Valderrama.....245

Planta Potabilizadora de Morelia, Michoacán

F. J. Barboza-Ornelas.....263

Áreas potenciales para plantaciones forestales comerciales en la cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán

J. T. Sáenz-Reyes, J. Anguiano-Contreras, H. J. Muñoz- Flores, F. J. Villaseñor-Ramírez, A. Rueda-Sánchez y J. J. García-Magaña.....269

Programa de rehabilitación y mantenimiento del Lago de Cuitzeo

G. A. Barajas-Mendoza, R. Zarazúa-Sánchez y E. Fuentes-Rodríguez.....279

El enfoque de sistemas complejos coevolutivos como marco referencial para el manejo sustentable de la cuenca del Lago de Cuitzeo

Y. M. Méndez de Martínez y A. N. Martínez-García.....293

Uso de técnicas multicriterio para la gestión de recursos y aplicación de políticas ambientales en la cuenca de Cuitzeo, Michoacán

D. I. González-Terrazas, M. E. Mendoza y D. Geneletti.....301

Ordenamiento ecológico territorial de la cuenca del Lago de Cuitzeo

M. A. Acosta Villegas, R. Aguirre-López y A. Torres G......309

La investigación ambiental en la cuenca del Lago de Cuitzeo: Una revisión de la bibliografía publicada

G. Bocco, E. López-Granados y M. E. Mendoza.....317



PRÓLOGO

Las disfunciones y desequilibrios de una cuenca ocurren porque los recursos son utilizados más allá de la capacidad de carga o de renovación y porque la generación de residuos y efluentes rebasan la capacidad de asimilación del ecosistema. En nuestro país las mayores aglomeraciones urbanas, que se localizan en trece de las 41 regiones hidrológicas, tienen un área de influencia del 60 % del territorio nacional. En este contexto, es innegable que en la gran mayoría de las cuencas de nuestro país la disponibilidad de agua presente niveles críticos, que las aguas residuales y los desechos sólidos sigan contaminando los flujos de agua subterránea y superficiales, que por el uso indebido de tierras y el mal manejo de los suelos y la ganadería se estén incrementando las emisiones de bióxido de carbono, metano, óxido nítrico, etc., a la atmósfera, y en general, que la degradación de la tierra comprometa la estabilidad ambiental, y con ello, el bienestar de la sociedad y de los ecosistemas en el mediano y largo plazo.

Al respecto, los esfuerzos de las políticas ambientales en el país no han logrado corresponder eficientemente a esta situación de deterioro, por ello es que se deben seguir buscando respuestas a los problemas de desabasto de alimentos, agua insuficiente y de mala calidad, y en general a la degradación del ambiente, con estrategias consensuadas con la sociedad, corresponsables e incluyentes, conducentes a la conservación y utilización sostenible de los recursos naturales. Esta forma de trabajo es una condición necesaria para la creación y fortalecimiento de alianzas estratégicas entre instituciones y las comunidades rurales y urbanas, para mantener una infraestructura permanente de diagnóstico, seguimiento, generación y transferencia de tecnología sustentable focalizada tanto a la solución de problemas ambientales urbanos, como los relacionados con los servicios de los ecosistemas, abasto de agua, efectos del cambio climático, restauración ecológica, entre otros. En la actualidad, el manejo de nuestros recursos hídricos, sobre la base del concepto de cuenca, es quizá el tópico de mayor consenso para reducir la vulnerabilidad de la sociedad ante el cambio climático.

En la cuenca del Lago de Cuitzeo, que pertenece al sistema Lerma-Chapala, uno de los sistemas hidrológicos más importantes del país, la degradación de los recursos naturales es evidente porque: (a) la deforestación afecta el 12% concentrándose en las áreas de bosque y a pesar de que se han aumentado los programas de

reforestación, persiste un enorme déficit de capa vegetal; (b) la erosión del suelo se intensifica con niveles de degradación extrema en la subcuenca de Cointzio, fuente productora de agua para el basto de la ciudad de Morelia; (c) en los últimos años el lago ha mostrado un comportamiento de desecación que está relacionado con fluctuaciones de la lluvia y temperatura que ocurren en el año inmediato anterior; y (d) los niveles de contaminación de los cuerpos de agua son elevados, originados por las descargas residuales. Ante estos escenarios, un grupo de instituciones de investigación, enseñanza superior, e instituciones de los gobiernos federal y estatal asumieron el compromiso para convocar y realizar el Simposio: Acciones y Resultados para el Desarrollo Sostenible de la Cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán, el cual se llevó a cabo el 8 de Octubre de 2007, en Morelia, Michoacán, con el objetivo central de promover el intercambio y discusiones plurales y de propuesta que impulsen el desarrollo sostenible de la cuenca del Lago de Cuitzeo, a través de una agenda con siete temas principales: I. Marco Normativo e Institucional, II. Conservación y Restauración de los Recursos Naturales; III. Actividades Económico/Ambientales Productivas; IV. Participación Ciudadana y Divulgación de la Ciencia; V. Generación de Conocimiento; VI. Gestión Ambiental y, VII. Problemática del Uso y Manejo del Agua.

La discusión que se generó durante la sesión plenaria giró en torno a dos temas centrales. El primero fue que a medida que se persigue un mayor desarrollo en la cuenca, la disponibilidad y calidad de los recursos naturales está disminuyendo, que la demanda creciente se realiza sobre estos recursos disminuidos, y que los impactos acumulativos sobre el medio ambiente y los sistemas sociales se agravan. El segundo tema de discusión fue sobre la necesidad de mejorar nuestro entendimiento, capacidad y cultura para responder con mayor eficacia a estos retos.

El presente libro se ubica en esta segunda preocupación porque incluye una parte importante de los trabajos presentados en el simposio ya mencionado, que por la temática que abordan, contribuyen al conocimiento y a la solución de algunos problemas de la cuenca del Lago de Cuitzeo, sobre bases más sostenibles. Este libro fue dividido en tres partes. La primera integra aportaciones sobre el contexto físico y social, y problemática de la cuenca. La segunda parte incluye trabajos en el tema de degradación y conservación de los recursos naturales, y la última parte, se concentra en la gestión socioeconómica para el desarrollo sostenible de la cuenca. Corresponde al lector el análisis de la información que cada autor le pone a su consideración, siendo este último el responsable del contenido de cada trabajo. Los autores y editores técnicos agradecerán cualquier comentario así como la difusión del contenido de esta obra.

Morelia, Michoacán, Marzo de 2012

CARACTERIZACIÓN Y PROBLEMÁTICA

LA VIDA EN LA LAGUNA: CAMBIO Y RUTINA EN LA ISLA DE TZIRIO

Pavel Alejandro Castañeda Hernández.
Facultad de Historia de la UMSNH
pavelaca@hotmail.com

RESUMEN

La Isla de Tzirio es una comunidad de recolectores en la riberia de la laguna de Cuitzeo, cuya actividad principal es el corte, el secado y la venta de *tule*. Además de eso hay actividad pesquera y de caza en menor escala. En mucho menor escala también se siembra el maíz. La comunidad no ha cambiado su modo de vivir desde hace ya muchas generaciones, ya que siguen explotando el mismo producto natural que la laguna les ofrece. Junto a este oficio y la vida misma de los habitantes aparece muy marcadamente una miseria generalizada. El esfuerzo invertido en su trabajo les ha dado como resultado una precaria existencia. Allí colabora la presencia añeja de intermediarios y acaparadores que se quedan con la ganancia de la comercialización del *tule*. Por otro lado, la laguna y el paisaje han sufrido drásticas transformaciones. Debido a la actividad humana el nivel de agua ha bajado algunos metros y el nivel del suelo ha subido, por lo que ahora la laguna en esa zona parece haber desaparecido. Sólo se ven pantanos donde crecen los tulares alrededor de la isla. La contaminación provocada por los ríos de desagüe que desembocan cerca de Tzirio también ha influido en la vida cotidiana de sus habitantes que se enfrentan a múltiples agentes patógenos que afectan su salud en diversas formas. En el trabajo propuesto la historia oral es utilizada como la herramienta para recrear la vida y transformación de la isla y de sus habitantes.

Palabras clave: Tule, Isla de Tzirio, Cuitzeo.

INTRODUCCIÓN

La Isla de Tzirio se encuentra en el municipio michoacano de Álvaro Obregón, se localiza en la riberia de la laguna de Cuitzeo y es una comunidad de recolectores cuya actividad principal es el corte, el secado y la venta de *tule*. Además, hay actividad pesquera y de caza en pequeña cantidad. En menor escala también se siembra el

maíz. Los orígenes del poblamiento o uso ritual del lugar parecen remontarse varios cientos de años en la historia (Williams, 2006). Michoacán era conocido en el mundo prehispánico como un lugar de lagos y pescadores. Algunos de esos lagos han sido desecados para aprovechar sus tierras en la agricultura.

La laguna o lago de Cuitzeo tiene una amplia historia de vinculación con la vida humana a su alrededor. Nos damos una idea de lo anterior cuando al caminar por las calles de la comunidad encontramos entre la tierra pedazos de cerámica y obsidiana que parecen muy antiguas. Se habla de una continua pérdida de objetos prehispánicos de mayor o menor valor, un saqueo hormiga. Se cree que la zona era usada antiguamente como lugar para enterrar, como una especie de panteón.

Existe en el imaginario colectivo una larga historia de conflictos con otras comunidades, debido al aprovechamiento del tule y la tenencia de la tierra. El problema de los terrenos es uno de los principales de la comunidad, ya que el espacio es reducido y la población isleña aumenta sin que haya espacio suficiente, por lo que cada vez se sufre más hacinamiento, el crecimiento poblacional está rebasando la capacidad del espacio disponible en la isla. A la carencia de espacio y la pobreza extrema de la mayoría de sus habitantes, se adhiere un problema ambiental severo, asociado directamente con la grave contaminación que también se padece.

La zona en que se ubica nuestra exploración es parte del hinterland de la capital michoacana (Vargas-Uribe, 2006). El hinterland es el espacio fundamental del cual la ciudad obtiene sus satisfactores básicos y sus elementos vitales, como lo son los alimentos y el agua. Allí desemboca la principal cuenca hidrográfica que atraviesa la ciudad de Morelia: el río Grande, que además de encargarse de drenar las aguas urbanas hasta que llegan a la laguna de Cuitzeo, constituye uno de los ocho distritos de riego que existen en Michoacán (Sánchez-Rodríguez y Boehm, 2006):

“...el río Grande de Morelia es el escurrimiento principal que drena la mayor parte de la región, en tanto que el cuerpo de agua donde desemboca éste es el lago de Cuitzeo.” (Vargas-Uribe, 2006)

La exposición prolongada de la microregión (de la Isla misma) a las aguas urbanas, cargadas de agentes contaminantes, ha traído múltiples consecuencias observables en la vida cotidiana de los habitantes. El empobrecimiento de su medio ambiente ha venido acompañado de una modificación de su paisaje, que de unas décadas para acá ha sido drástico¹.

En el presente texto la historia oral es utilizada como la herramienta para recrear la vida de los habitantes de la Isla de Tzirio. Con la reconstrucción de trayectorias individuales se analiza también la historia familiar y comunitaria de los habitantes de ese pequeño pueblo.

La parte medular del trabajo se basa en una exploración de campo, en un trabajo etnográfico que ha combinado las entrevistas formales con la integración activa a la dinámica propia de la comunidad. El interés principal es vislumbrar los elementos, características o condiciones de vida en la zona, así como sus diversos efectos en las transformaciones y continuidades de lo cotidiano².

1 Aquí hay que hacer la aclaración de que con el funcionamiento de una planta tratadora de aguas, ubicada en Atapaneco, se cree se reducirá bastante la contaminación aunque, esto no es visible aún en el momento de escribir esto.

2 Las visitas a la Isla de Tzirio han sido realizadas en equipo, por lo tanto agradezco a mis compañeros Iván Mendoza, Alejandra Ceja, Iván y Tania Murillo, así como a Gilberto Pérez por su colaboración.

LA VIDA EN LA ISLA

Según la historia oral en la isla, alguna vez, cuando nadie habitaba el lugar, alguien dejó allí una pareja de puercos, lo que daría origen a una comunidad salvaje de los mismos, de allí el nombre con que aún actualmente suele designarse: la Isla de los Puercos. La Isla de Tzirio se conoce como tal por los habitantes de la región, sin embargo, también se señala como Isla de los Puercos en los mapas oficiales (Correa, 1978).

La historia familiar en la isla parece estar muy vinculada a la historia de la comunidad ya que en la actualidad sólo 4 ó 5 viejos quedan y la mayoría es gente nueva descendiente a su vez de tres o cuatro ramas de familias de San Lorenzo.

Don Pancho nació en el año de 1953 en la comunidad de San Lorenzo, en la rivera de la laguna de Cuitzeo. Más tarde se trasladó a la entonces conocida como Isla de los Puercos. Los padres de Don Pancho salieron de su pueblo natal con fines de pesca en un éxodo multifamiliar en una de las sequías de la laguna. La comunidad de la Isla de Tzirio se comenzó a formar a mediados de los años cuarenta del siglo pasado, cuando gente de San Lorenzo desmontó la zona para iniciar su poblamiento (Don Pancho, 2006). No toda la gente se quedó definitivamente en la isla, muchos regresaron a su comunidad de origen, la madre misma de don Pancho fue de las personas que volvió a su comunidad.

Don Pancho dice haberse dado cuenta de que el pueblo no era para él, ya que no tenía nada, y para quedarse a vivir allí, se imagina, debió haber tenido algún negocio o algo. A la isla también llegó sin nada pero, allí la situación pudo ser otra, quizás porque todos los habitantes estaban en igualdad de circunstancias, quizás, simplemente se quedó al conocer a quien sería su esposa.

Al principio, nos cuentan en la isla, la gente se quedaba en el campo abierto y poco a poco fueron construyendo pequeñas casas de tule. Algunos de los que regresaron a San Lorenzo lo hicieron por lo hostil que resultó la abundancia de mosquitos en la zona durante la época de aguas, cuando esta nublado.

En el pasado las habitaciones eran largas construcciones de tule donde llegaban a vivir dos o tres familias. Luego se repartieron lotes, "se urbanizó" y fue del modo que cada quien fue haciendo su casita, a como dios le dio licencia. En el presente las casas son pequeños cuartos de ladrillo o adobe en su mayoría. Uno, dos o tres cuartos conforman una casa donde pueden vivir una o varias familias. Todavía se pueden observar algunos cuartitos de tule.

Cuando don Pancho llegó a Tzirio, sólo en canoa se podía llegar porque todo estaba limpio, todo lo que es tular estaba limpiecito hasta San Lorenzo. Actualmente la mayor parte de esa zona es sólo pantano con alto grado de contaminación. En otros tiempos don Pancho recuerda cortar el tule en las orillas de la laguna para luego ir a venderlo al pueblo. Ese era y es el modo para sobrevivir de los habitantes de la isla, su vida productiva gira alrededor de este vegetal que en un segundo momento es utilizado para hacer artesanía o para otras labores del campo como el amarre de la lechuga.

La travesía para ir a vender el tule iniciaba un día antes, en que se acomodaban los bultos del vegetal en la canoa y, se continuaba en la madrugada, como a las tres o cuatro de la mañana, en que se partía por entre la laguna para llegar a San Lorenzo

en el transcurso de la mañana. En ese trayecto el mayor peligro lo representaban las olas que levantadas por el fuerte viento eran capaces fácilmente de voltear las canoas con mercancía y tripulantes encima.



Figura 1. Paisaje mostrando algo de lo que queda de los días en que la laguna era navegable en la zona. Obsérvese el tule en las canoas.

Llevar el tule y el petate para venderlo en San Lorenzo representaba entonces la forma esencial de intercambio de los habitantes de Tzirio con otras comunidades. En ese tiempo todos, hasta los niños, sabían hacer petate (Don Pancho, 2006). Últimamente hacer petate les ha resultado muy desventajoso por lo que han dejado de fabricarlo. Para hacer dos petates se iniciaba a las seis o siete de la mañana para acabar a las 2 o tres de la tarde, por tres pesos. Don Pancho recuerda que el poco dinero que recibían de sus cargas del vegetal y de petate eran utilizadas para surtir la despensa básica, a la que con sus pocos ingresos podían acceder: el maíz, el frijol, el jitomate, el chile y la cebolla eran los productos que los vendedores del tule traían de regreso a sus familias. Don Pancho confiesa: no me explico como sobrevivíamos, pero lo hacíamos. El petate se les pagaba muy barato y era revendido triplicando o cuadruplicando su valor. Ante la insistencia de la interrogante en su pensamiento, don Pancho recuerda que sobrevivían pidiendo prestado un puño de maíz, un puño de sal. En ese entonces nadie en la isla tenía como sembrar el maíz, ya que estaban rodeados de agua. Actualmente, a partir de ciertos procesos recientes de desecación de la laguna, algunas familias pueden sembrar un poco de maíz en los alrededores de la isla.

La comunicación por tierra les llegó cuando se construyó un borde que servía como muro de contención para el río Grande, en la segunda mitad de los años ochenta. (Sánchez-Rodríguez y Boehm, 2006)³. Esa contención fue luego ampliada hasta que actualmente es una carretera de terracería que une a la isla con el pueblo de La Mina. Son 4 km desde el puente de la Mina hasta la antigua isla. Cuando la carretera estuvo lista, los habitantes de Tzirio dejaron de ir al pueblo a vender sus cargas de tule. Fue entonces cuando los intermediarios comenzaron a llegar hasta las puertas

³ La cuenca del Río Grande de Morelia “esta conformada por varias corrientes fluviales” y es muy interesante la historia de sus usos culturales, “así como de los retos que la compleja distribución de sus aguas y valles impuso al ingenio del manejo hidráulico... Con el correr de los años esta cuenca ha adquirido a tal grado un carácter artificial, que el descubrimiento de su naturaleza original no hace más que confirmarlo.”

de sus casas, sólo que ahora les pagan menos por la mercancía debido a las cuentas de gasolina y otros agregados que hacen los compradores y revendedores. En el pueblo se recuerda que por una parte estuvo mejor, aunque les paguen menos por su trabajo, ya que se arriesgaban menos en la laguna. Muchos, hombres y mujeres, quedaron sepultados bajo las aguas debido a que las canoas se volteaban fácilmente al enfrentarse con las olas.

Hay en la comunidad la creencia de que la laguna, como lo contaban los abuelos, se secaba de vez en cuando pero, luego, cuentan los actuales habitantes de Tzirio, metieron una tubería que pasa por la calzada de Cuitzeo, el puente vehicular. Esa tubería estaba destinada a fines muy distintos al drenado de agua, sin embargo, al terminar su instalación se decidió probarla y se comenzó a drenar el agua de la laguna. Desde ese entonces, nos cuentan en Tzirio, la laguna comenzó a secarse más seguido. Esta versión oral de los sucesos podría tener fundamento (Dr. Ricardo Pérez, 2007).



Figura 2. La carga de tule. Nótese que se llena un camión que no pertenece a la comunidad.

En las temporadas en que el lago baja su nivel y se seca, los habitantes de la isla se ven afectados en su fuente de trabajo ya que el tule escasea. Cuando la laguna está en su nivel, además de la mayor abundancia del vegetal, hay pesca y caza de rana, lo que también colabora en el sustento alimenticio de los isleños. Es de notarse que la contaminación creciente, el bajo nivel de agua y la aparición de pantanos en la zona ha afectado gravemente la vida silvestre y, los lugares donde se puede pescar quedan actualmente fuera de los límites de la isla.

Así mismo, el problema derivado del acaparamiento de su producto por unos cuantos comerciantes es otra de las condiciones que mantiene el rezago económico en la isla. Los tuleros llegan a sentirse peones de los acaparadores. Actualmente, a decir de los habitantes de Tzirio, la mayor parte del tule que sacan va a dar al estado de Puebla donde intermediarios lo venden para amarrar la lechuga que se produce allá. Por eso en invierno los isleños venden muy poco tule, ya que las heladas de la temporada hacen bajar la producción de lechuga y por ende la demanda de tule para su amarre.

Tampoco la temporada de lluvias es buena para el corte del vegetal ya que para su secado se ocupan unos ocho días soleados, y al caer la lluvia y mojar el tule este proceso no sólo se retrasa hasta un mes o dos, sino que queda manchado y hasta puede echarse a perder. A final de cuentas el tule es aventarse, no es negocio seguro.

Hoy en día don Pancho tiene unos pequeños pedazos de tierra, ganados a la ciénega, donde siembra maíz que le alcanza para las tortillas de una temporada. Él nos habla de que ocuparían otro bordo de contención para quitarle más agua al lago y poder sembrar más. El pequeño predio del que dice ser dueño fue ganado después de años de litigio con la comunidad de Téjaro. Actualmente existe una disputa por la tenencia de esas tierras con gente de la misma comunidad que en un principio apoyó la lucha agraria pero, según los decires en el pueblo, dejó de apoyarla al ver que Téjaro podía ganar. Esa gente ahora reclama su derecho a poseerla.

Los habitantes de Tzirio sienten esa tierra como suya, ya que en los años setenta abrían desembocaduras al río para que el agua no se estancara y no se inundara la isla, y la tierra que bajaba con el cauce subió el nivel del suelo y le restó profundidad a la laguna, hasta hacer el agua desaparecer. Cuando se rellenó la laguna, entonces creció un monte de jaras y allí duró como unos tres o cuatro años hasta que entre todos los que participaban en las faenas se logró desmontar y preparar la tierra para su cultivo. A decir de Don Pancho, ya cuando estaba desmontado aparecieron los señores de Tejaro diciendo que era suyo. En la comunidad de Tejaro hay quienes rentan tierras ganadas a la laguna para ganaderos que llevan sus animales a pastar.

Para Don Pancho el problema con la gente de Téjaro va mucho más allá de las rencillas por unas cuantas tierras. Ellos se dicen dueños de gran parte de la laguna. Don Pancho reafirma entonces la convicción de su unión y de otras uniones a lo largo y ancho de la laguna que no dejarán que sea desecada, ya de ella se mantienen. En la rivera de la laguna hay bastantes uniones de pescadores que se organizan para enfrentar juntos sus problemas. Esas uniones arreglan los permisos correspondientes con la Comisión de Pesca. Aquí aparece el vínculo entre los ribereños y la laguna misma que se remonta a miles de años. Y aparece también una contradicción, ya que por un lado se piensa en la posibilidad de desecar la laguna para sembrar más y por otro, en no dejar que lo hagan los de Téjaro, porque a decir de don Pancho, sólo quieren apropiarse de los bienes de la naturaleza para hacer negocio y enriquecerse.

Dentro de la organización política, las mujeres juegan un papel esencial. De hecho, son en su mayoría mujeres las que están en constante labor. Actualmente, hay un grupo de señoras demandadas penalmente por la comunidad vecina con la que hay pleito legal por los predios.

La esposa de Don Pancho es una de las principales activistas en pro de la tierra en su comunidad, nació en la Isla y desde entonces ha vivido allí. Ella nos cuenta también de lo difícil que ha sido la vida para ellos, ya que además de la miseria económica, las mujeres tienen que soportar una cultura machista que se expresa en múltiples agresiones de los maridos hacia sus esposas e hijos (Doña María, 2006). En muchas familias hay problemas de alcoholismo y violencia doméstica.

Por otro lado, hay algunas familias, que gozan del privilegio de tener un patio amplio para secar su tule, que tienen una camioneta para transportarlo, que tienen a sus hijos estudiando fuera. Dichas familias en su situación privilegiada suelen reducir el retraso social y la marginación a problemas de alcoholismo y flojera de la mayoría

de los habitantes que no tiene acceso a ninguno de estos beneficios

Una parte de la comunidad está incorporándose a organizaciones campesinas, otra parte sigue sin creer en su importancia. La pobreza en que viven parece ser uno de los factores, ya que entrar a la organización implica, además de esperar tiempo para que haya resultados, una cuota mensual de diez pesos que muy pocas familias están dispuestas a aportar sin que se les asegure la resolución de sus demandas.

Respecto a los servicios, sólo cuentan en Tzirio con luz y agua no potable, no hay drenaje, ni hay teléfono, tampoco hay muchas instalaciones de gas, se sigue cocinando en fogón. No se les ha resuelto para que el camino que llega a su comunidad sea pavimentado, los cuatro kilómetros de brecha durante la época de lluvias se ponen en pésimo estado. Los habitantes de la isla lamentan estar fuera de los planes de los gobiernos municipales que muy poco han hecho por la comunidad.

En cuanto a salubridad existen grandes carencias y problemas serios, ya que hay gente que padece de infecciones en la piel causadas por su contacto con las aguas negras que desembocan en la laguna, las cuales llegan no sólo desde la capital del estado, sino que la zona es receptora de múltiples drenajes, como el de Queréndaro. La gente en la isla muere de cánceres e infecciones un tanto extrañas, ya que no son atendidas ni estudiadas como se debiera. Hace apenas unos dos años que el Centro de Salud de la comunidad de La Mina comenzó a funcionar, sin embargo, los habitantes de la isla, cuando pueden elegir, prefieren ir hasta la cabecera municipal o hasta la ciudad de Morelia, ya que el mencionado centro de salud suele carecer de los más indispensables medicamentos.

Hace un tiempo que entró en funcionamiento un CODECO en la comunidad, con lo que el gobierno del estado y el municipio, en coordinación con los habitantes de la comunidad, están logrando abrir algunas calles que antes eran intransitables en la Isla.

LOS DRÁSTICOS CAMBIOS EN EL HÁBITAT

Cualquier estudio que pretenda abordar la historia reciente de una región cualquiera, donde la actividad humana ha modificado el paisaje y afectado el entorno natural de diferentes maneras, no puede dejar de mirar estos procesos como consecuencia de un modelo de desarrollo vigente en todo el hemisferio (Vargas-Uribe, 2006).

El referente principal es el modelo occidental de la modernidad, donde se valora el papel del hombre como dominador de su medio y, el abuso en la explotación del trabajo humano y los recursos de la naturaleza. Ese modelo cultural también promueve y valora una serie de comodidades y necesidades cuya consecución ha dado como resultado el empobrecimiento del ambiente, la pérdida de recursos y la contaminación de los suelos, el aire y las aguas, además de las innumerables consecuencias sociales observables, como la miseria y las enfermedades.

La Isla de Tzirio y la laguna de Cuitzeo no son ajenas al desarrollo capitalista global, las consecuencias de la aplicación de ciertas políticas económicas son claras y visibles en el entorno. Los habitantes de la zona viven los impresionantes cambios surgidos en los últimos 30 ó 40 años, los cuales han sido de gran magnitud (Vargas-Uribe, 2006). Entre estos destacan los procesos de desecación de la laguna, prolongadas sequías, contaminación del agua y el ambiente, escasez de flora y fauna, entre otras.



Figura 3. Arriba a la derecha, Don Pancho sentado en lo que según sus propias palabras era el nivel del agua en los años setenta.

CONCLUSIONES

La Búsqueda por la Autogestión y las Posibilidades de la Marginación

Los habitantes de la isla han estado luchando para hacer a un lado a los intermediarios que acaparan el tule y el petate. Sin embargo, muy poco se ha logrado en ese ámbito. Sus esfuerzos parecen infructuosos al verse imposibilitados de desplazarlos debido a su falta de capital para invertir.

Entre las muchas necesidades de la comunidad destacan la pobreza económica y ambiental. Las transformaciones en el medio natural afectan de forma muy importante la vida cotidiana de los lugareños, que día a día tratan de adaptarse a las condiciones en que tienen que realizar su trabajo. Investigaciones antropológicas suelen coincidir en la capacidad de adaptación de los pobladores de regiones que se transforman vertiginosamente. Es el caso de los habitantes de las costas de Veracruz, donde el paisaje ha sido modificado drásticamente en los últimos 40 años (Alcalá, 1985).

Hoy en día los habitantes de Tzirio parecen haber perdido su identidad como isleños. Después de prolongadas exposiciones a la dinámica cultural de la modernidad sus preocupaciones cada vez son más semejantes a las de los ciudadanos. Sin embargo, los resultados de una vida en la marginación no son precisamente la conformidad y la sumisión. Los habitantes de la isla siguen buscando un mundo diferente, lo están buscando ya en el país vecino del norte, lo están buscando en las grandes urbes, ¿Por qué no soñarlo en su propia tierra, en su terruño, que es lo único que en realidad tienen?

Aunque no es posible negar que hayan existido distintos tipos de apoyo a los habitantes de la isla, es clave observar como estos no han sido suficientes, unas veces por su acción limitada a ciertas tareas y problemas específicos, otras veces por su incompatibilidad con la realidad en Tzirio. Se escuchan voces en la isla que

nos cuentan lo difícil que es para ellos convertirse en ganaderos, criadores de aves o restauranteros, ya que lo que mejor saben hacer lo aprendieron desde pequeños: trabajar el tule.

Parece evidente la conclusión de que la relación simbiótica entre ciudad y campo se manifiesta con toda su crudeza en la comunidad que se ha estudiado aquí. El daño a su entorno ecológico y la problemática social en la zona tienen que remitirnos al examen de nuestros valores y nuestras conductas. El estar en una ciudad abastecidos de agua entubada, desechando desperdicios con la mayor comodidad y, viviendo un sueño de modernidad y progreso, no termina de convencer a quienes conocemos el otro lado de la urbanización.

Al parecer, la actividad humana encaminada al aprovechamiento de la naturaleza -para producir para el mercado, para la obtención de utilidades y la acumulación de capital- nos está llevando a una generalización cada vez mayor de la dependencia cultural, la miseria económica y la pobreza ambiental, lo que junto puede desembocar en un futuro nada claro para la especie a la que orgullosamente pertenecemos.

Hace falta atención a los problemas sociales del lugar pero, atenderlos efectivamente parece imposible si no se ataca de fondo el problema ecológico causado a la cuenca de la laguna de Cuitzeo. Aquí es esencial mirar el problema de la contaminación como parte del proceso de crecimiento de la mancha urbana. Las ciudades contemporáneas se erigen como las máximas destructoras de las formas de vida rurales y del entorno natural. El carácter consumista de las urbes capitalistas las convierte en una amenaza seria para el equilibrio ambiental (Méndez-Rodríguez, 2006).

Se puede soñar que los habitantes de Tzirio puedan vivir con dignidad, en un medio ambiente sin contaminación y reforestado, y que para su sustento vuelvan a pescar y transformen la recolección de tule en una empresa comunal. La existencia en Tzirio es precaria, se vive con muchas privaciones y en medio de una gran contaminación, sin embargo, los habitantes del lugar siguen siendo hospitalarios y no pierden la esperanza de vivir dignamente algún día.

LITERATURA CITADA

Alcalá, G. 1985. Los pescadores de Tecolutla: el tiempo cotidiano y el espacio doméstico en una villa de pescadores, México, CIESAS/Museo de Culturas Populares.

Correa, G. 1978. Atlas geográfico del Estado de Michoacán, EDDISA, Morelia.

Méndez-Rodríguez, A. 2006. Estudios Urbanos Contemporáneos, México, Miguel Ángel Porrúa.

Sánchez-Rodríguez, M. y B. Boehm S. 2006. Cartografía Hidráulica de Michoacán, Zámora, Mich., Gobierno del Estado de Michoacán/El Colegio de Michoacán.

Vargas-Urbe, G. 2006. Cambios del entorno ecológico de Valladolid-Morelia. Una perspectiva desde la historia ambiental, en: El impacto del desarrollo urbano en los recursos naturales, Morelia, CIDEM/UMSNH.

Williams, E. 2006. El agua como recurso estratégico: el caso de la cuenca de Cuitzeo en la época prehispánica, en Patricia Ávila (coordinadora), Agua y lagos. Una mirada desde lo global hasta lo local, México, Gobierno del Estado de Michoacán.

ENTREVISTAS PERSONALES

Don Pancho, Isla de Tzirio, noviembre de 2005 y septiembre de 2006.

Doña María, Isla de Tzirio, septiembre de 2006.

Dr. Ricardo M. Pérez, Ciudad Universitaria, Morelia, septiembre de 2007.

Trabajo etnográfico en la Isla de Tzirio, noviembre de 2005 y septiembre de 2006.

DISPONIBILIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL VALLE MORELIA-QUERÉNDARO

*Jesús Alberto Rodríguez Castro, J. Jesús Silva Corona,
Roberto García Acevedo, Ricardo Ruiz Chávez
Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
Posgrado de Ingeniería Civil.
jealroca@yahoo.com.mx, ric_ruiz@hotmail.com,
robertogarciaacevedo@gmail.com*

RESUMEN

Las aguas subterráneas del Valle Morelia-Queréndaro son en la actualidad utilizadas mediante un gran número de aprovechamientos hidráulicos entre los que se encuentran, manantiales, norias y pozos profundos. Aunque la cantidad de estos aumenta constantemente, no se conoce por completo la disponibilidad presente y futura del recurso. Por otro lado, en el valle se encuentra ubicado el Distrito de Riego 020 Morelia-Queréndaro que es uno de los más importantes abastecedores de productos agrícolas de la región, la cual comprende ciudades tan importantes como Morelia y Álvaro Obregón, entre otras. Debido a la creciente necesidad de productos agrícolas y al deterioro de la calidad de las fuentes de agua superficiales, los agricultores de valle se han interesado en buscar fuentes alternas que les permitan incrementar su productividad y diversificar sus productos. Con este objeto se realizó un estudio en el que, a través de una revisión exhaustiva de la información existente y estudios de campo, se caracterizó la disponibilidad del recurso de agua subterránea en el Valle. Los resultados de este estudio, que consistieron en un informe técnico y un atlas de calidad de agua y niveles piezométricos, serán de gran utilidad en el desarrollo de estrategias para crecimiento y diversificación de las actividades de los productores de la región.

Palabras Clave: Agua subterránea, manantiales, norias, pozos, abastecimiento.

INTRODUCCIÓN

En el Valle Morelia-Queréndaro se encuentra comprendida una de las regiones agrícolas más importantes del Estado de Michoacán. Ahí se cultiva maíz, trigo, garbanzo, avena, frijol, cártamo, chile, sorgo, alfalfa, árboles frutales y algunas hortalizas. Los recursos financieros que de esta actividad se derivan contribuyen de manera importante al desarrollo económico de la región, lo cual se refleja en una mayor oportunidad de empleo y un consecuente aumento en la población. Este crecimiento, sin embargo, ha traído como consecuencia un incremento en la necesidad de agua y alimentos, creando un desequilibrio entre la demanda y la oferta. Así mismo, debido al continuo incremento de la población y asociado aumento en las actividades económicas, la calidad del agua de la mayoría de las fuentes superficiales se ha deteriorado considerablemente representando cada vez una opción menos viable para el riego de productos agrícolas, tales como legumbres y hortalizas. Esto tiene como consecuencia una menor oportunidad de diversificación en los cultivos y un mayor riesgo de estancamiento e incluso un fracaso económico de la región.

Preocupados por la pobre calidad del agua superficial y el consecuente riesgo económico que esto representa para el desempeño de su principal actividad, los agricultores del Valle Morelia-Queréndaro, emprendieron la tarea de buscar alternativas de solución al problema de abastecimiento de agua para riego. Una de estas fue la de incrementar el consumo de agua subterránea, ya que por lo regular, ésta representa una fuente más segura, en cuanto a su calidad. Sin embargo, a pesar de la existencia de un gran número de aprovechamientos en la región, no se tenía una idea clara de calidad y disponibilidad del agua subterránea en el valle. Para solventar esta situación, se decidió apoyar un estudio sobre la caracterización de las condiciones de uso y calidad de agua de los acuíferos del Valle Morelia-Queréndaro el cual fue propuesto y aprobado por el CONACYT, a través del Sistema de Investigación Regional (SIMORELOS).

El proyecto de investigación desarrollado, tuvo como propósito el de determinar los elementos necesarios para la toma de decisiones en cuanto a la forma de aprovechar el agua del subsuelo y mejorarla en caso necesario. También se pretendió establecer las bases suficientes para la realización de estudios posteriores encaminados a la conservación y protección de este importante recurso hídrico.

Para llevar a cabo este proyecto se hizo una investigación bibliográfica exhaustiva, en la que se examinaron los registros de construcción de aprovechamientos en el valle, se reunieron los datos existentes sobre la calidad del agua y se revisaron los registros niveles potenciométricos o piezométricos. Con esta información y ciertos recorridos preliminares por la zona, se diseñó una red de monitoreo en la que se tomaron muestras de agua y se midieron niveles estáticos. Esta información fue comparada con la obtenida en estudios anteriores y fue almacenada en una simple base de datos geográfica.

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Valle Morelia-Queréndaro se ubica en la parte noreste del estado de Michoacán, casi en los límites con Guanajuato, dentro de la Región Hidrológica número 12. Comprende

los municipios de Álvaro Obregón, Copándaro, Charo, Chucándiro, Indaparapeo, Queréndaro, Morelia, Tarímbaro, y Zinapécuaro (Figura 1).

El valle presenta algunos pequeños lomeríos esparcidos irregularmente por toda su extensión. Entre los mas sobresalientes se encuentran el que se localiza entre Tarímbaro y Morelia, el cual sirve como parteaguas entre la cuenca del Río Grande de Morelia y el Río San Marcos y el que bordea casi totalmente al lago de Cuitzeo. El resto de la cuenca presenta una topografía muy cambiante con elevaciones que van de 1830 msnm (promedio) en la planicie, hasta los 3340 msnm en el Pico del Tzirate

Según datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (CNA), la agricultura se desarrolla principalmente con base en el riego y en menor escala se explota la basada en humedad y temporal. En los tres casos se utilizan métodos y técnicas satisfactorias y se practica la rotación de cultivos, así como la aplicación de fertilizantes, insecticidas, herbicidas, etc.

El Distrito de Riego 020 Morelia-Queréndaro, por lo general, proyecta un promedio de 20,000 has para cultivar en un año agrícola, repartíéndolas en los ciclos primavera-verano y otoño-invierno, siendo el primero de estos ciclos el que tiene una mayor superficie beneficiada. También se asigna anualmente una extensión para los cultivos de carácter perenne y para los casos en los que el agua es suficiente se programan segundos cultivos.

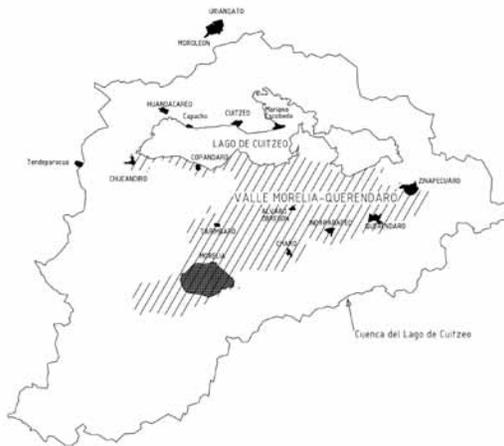


Figura 1. Ubicación del Valle Morelia-Queréndaro en la Cuenca del Lago de Cuitzeo.

En el ciclo otoño-invierno se cultiva trigo, garbanzo, avena, frijol, cártamo y hortalizas, mientras que en el ciclo primavera-verano se siembra maíz, sorgo, hortalizas, frijol, chile y varios cultivos más, en cuanto a los cultivos perennes se programa brindar riego a frutales, trébol y alfalfa, la cual ocupa la mayor parte de la superficie destinada a este tipo de productos.

Tres corrientes principales atraviesan el Valle Morelia-Queréndaro: el Río Grande de Morelia, el Río Queréndaro y el Río San Marcos, conocido también con el nombre de Arroyo Guadalupe. Existen además, otros ríos o arroyos que transportan caudales

de menor magnitud, los cuales confluyen en alguna de las corrientes principales, o bien lo hacen directamente al Lago de Cuitzeo.

Dentro del Valle se ubican tres grandes cuerpos de agua superficiales: las Presas de almacenamiento Cointzio y Malpais y el Lago de Cuitzeo. Además, existe la presa de la Mintzita; pero esta almacena un volumen más pequeño que el de las otras dos.

ZONAS ACUÍFERAS

En un estudio realizado para la Comisión Nacional del Agua por Consultores (CNA-Consultores, 1990), en el que se tomó en cuenta las diversas formaciones geológicas que ocurren en la región, se determinó que en el subsuelo del Valle Morelia-Queréndaro, existen 3 zonas acuíferas: la zona acuífera del Valle de Morelia que se encuentra en el valle que se ubica hacia el suroeste de la ciudad que le da su nombre, entre las carreteras Morelia-Pátzcuaro y Morelia-Quiroga; la de la Planicie Alvaro Obregón-Queréndaro, que es la de mayor extensión y espesor en todo el valle, y que se localiza en las porciones centro y oriente del mismo, cubriendo además las ciudades que le dan su nombre, a los poblados de Tarímbaro, Tégjaro, Carrillo Puerto, Tzintzimeo y Francisco Villa entre los más representativo; y finalmente la zona acuífera de los alrededores del Lago de Cuitzeo, que se constituye de diferentes formaciones entre las que destacan brechas de carácter andesítico asentadas en fallas, derrames, efusiones, brechas y cenizas(de composición basáltica), aluviones y depósitos de origen lacustre.

APROVECHAMIENTOS

Con base en los registros de construcción del Distrito de Riego 020, se identificaron 604 aprovechamientos. De estos, 434 corresponden a pozos profundos, 32 a norias y los restantes 138, corresponden a manantiales. El uso que se le da a las extracciones es variado, pero las actividades agrícolas y domésticas son las que demandan la mayor cantidad de aprovechamientos.

Existe una gran cantidad de aprovechamientos que no han sido registrados y por lo tanto no aparecen en los archivos de la CNA. En el estudio realizado por CNA-Consultores (1990), se identificaron 1038 aprovechamientos con una extracción de aproximadamente 121 (Mm³/año).

Por otra parte, la Comisión Nacional del Agua en junio de 1997 reportó en un resumen del Balance Hidrológico de los Acuíferos de Michoacán, que existe una extracción de 202.852 Mm³/año y una recarga (basada en un balance de 1995) de 221.280 Mm³/año, con cual se tiene una disponibilidad de tan solo 18.428 Mm³/año. De acuerdo con el resultado de dividir la magnitud de las extracciones entre las recargas, la CNA declara que el acuífero Morelia-Queréndaro se encuentra en una condición de semiequilibrio, ya que la dicha relación está entre 0.90 y 0.94.

CALIDAD DEL AGUA

A través de la Comisión Nacional del Agua se han llevado varios estudios, entre los que destacan tres que tuvieron como parte de sus objetivos, determinar cuantitativamente

la calidad de los recursos hídricos subterráneos del Valle Morelia-Queréndaro. En el primero de ellos se estudió la geohidrología del Valle Morelia-Queréndaro (CNA, 1977), posteriormente se realizó una exploración geofísica en la Zona Morelia-Álvaro Obregón (CNA, 1987) y por último se elaboró el "Estudio Geohidrológico Cuantitativo del Acuífero Morelia-Queréndaro, Mich." (CNA- Consultores, 1990).

Durante el presente estudio, en el transcurso de los meses de diciembre de 1997 y enero de 1998, se recolectaron 50 muestras de agua de origen subterráneo con el propósito de definir algunas de sus características físico-químicas y bacteriológicas. Previo convenio, estos análisis fueron llevados a cabo en el laboratorio perteneciente al Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Morelia (OOAPAS).

Con el objeto de identificar la evolución de la calidad del agua, se compararon los valores medio, máximo y mínimo de calidad de agua que fueron determinados en los estudios que llevó a cabo la CNA (1977, 1987, 1990) y los que se obtuvieron en la presente investigación (1997). En el Cuadro 1 se muestra dicha comparación.

NIVELES ESTÁTICOS

Durante los meses de enero de 1997 y diciembre de 1998 se midió la profundidad del nivel estático en 47 aprovechamientos distribuidos en las tres zonas acuíferas del valle. De estos aprovechamientos, 2 son norias, 8 son manantiales y 37 son pozos profundos.

En general la profundidad media del espejo del agua en los acuíferos de la Planicie Álvaro Obregón-Queréndaro fue de 7.8 m, mientras que en la periferia del Lago de Cuitzeo, este nivel varió de 14 m a 16 m. Debido a la continua extracción para abastecimiento de la Ciudad de Morelia, en el Valle de Morelia ocurren las mayores profundidades del nivel estático, La máxima profundidad registrada fue de 88.25 m. Al sureste de esta ciudad, los niveles varían entre 20 y 30 m de profundidad. En general, la profundidad del espejo del agua en los acuíferos del Valle de Morelia, es de 37 m.

La evolución del nivel estático del acuífero del valle muestra tendencias bien definidas. Dentro del valle de Morelia se presentó el máximo abatimiento en la zona urbana, con valores que van desde 20 hasta 30 m. El mínimo fue de un metro que se presentó en las proximidades del poblado La Goleta.

En la planicie Álvaro Obregón-Queréndaro, el abatimiento máximo se dio cerca de la población La Palma y al sur de Singuio con valor de 8 m. En la mayor parte de la planicie se presentaron valores del orden de 4 m, siendo el mínimo de esta zona, de aproximadamente 2 m, en los pueblos de Téjaro y la Noria.

Cuadro 1. Evolución de la calidad del agua

Parámetro	Medio	Máximo	Mínimo	Año
Turbiedad método NTU	ND	ND	ND	1977
	ND	ND	ND	1987
	ND	ND	ND	1990
	4.65	140.00	0.11	1997
Ph	7.14	8.25	6.85	1977
	6.78	7.00	5.60	1987
	7.60	8.60	6.50	1990
	7.41	8.14	6.39	1997
Color	ND	ND	ND	1977
	ND	ND	ND	1987
	ND	ND	ND	1990
	40.66	1360	0.00	1997
Conductividad elect. en Mmhos/cm	476.00	2000	90	1977
	126.00	1410	644	1987
	752.00	1910	151	1990
	299.82	700.00	70.00	1997
Sólidos totales disueltos en ppm	517.00	1149	216	1977
	331	651	142	1987
	481	1222	97	1990
	358.08	1626.00	72.00	1997
Alcalinidad total	276	654	105	1977
	ND	ND	ND	1987
	290	664	50	1990
	234.2	468.00	30.00	1997
Bicarbonatos	313	732	91	1977
	165.65	322.08	34.16	1987
	380.50	810.08	97.50	1990
	232.12	468	30.00	1997
Carbonatos	10	45	0	1977
	9.90	27.3	4.2	1987
	5.10	41.6	0	1990
	1.76	24.00	0.00	1997
Hidróxidos	ND	ND	ND	1977
	ND	ND	ND	1987
	ND	ND	ND	1990
	0.00	0.00	0.00	1997
Dureza total en ppm	179	408	70	1977
	ND	ND	ND	1987
	219	490	52	1990
	161.8	376	24.00	1997
Dureza de Calcio en ppm	33	75	4.2	1977
	34	70	11.6	1987
	47	316	8.00	1990
	66.32	166.00	12.00	1997
Dureza de Magnesio en ppm	23.00	59.00	2.00	1977
	8.78	44.23	0.12	1987
	20.20	46.19	7.20	1990
	95.68	212.00	12.00	1997
Sulfatos en ppm	20	100	0	1977
	10.97	23.52	4.6	1987
	23.30	82	0	1990
	25.6	296.00	2.00	1997
Cloruros en ppm	43	81	27	1977
	57.41	123.54	19.88	1987
	43.90	141.88	13.39	1990
	31.08	314.00	6.00	1997

CONCLUSIONES

De acuerdo a los estudios previamente realizados y al presente estudio, se puede decir que los acuíferos del Valle Morelia-Queréndaro aun presentan una buena opción de fuente de abastecimiento para los habitantes de la región. En general, los niveles estáticos y dinámicos todavía no presentan abatimientos excesivos, por lo que la extracción aun es económicamente factible. Además, la calidad del agua en la mayor parte del valle es aceptable y el balance de extracción y recargas todavía no supera la unidad, lo cual significa que se extrae menos de lo que se recarga. Por otro lado, el crecimiento de la población en la región que continuamente requiere de un mayor abastecimiento de agua, representa una seria amenaza para el equilibrio hidrológico de los acuíferos, por lo que se debe tener cuidado en su uso y elaborar políticas de operación que permitan proteger y conservar este recurso natural.

Finalmente, es necesario llevar a cabo más estudios sobre estos recursos y establecer una red continua de monitoreo de la calidad del agua y medición de niveles en la zona, con el objeto de mantener un sistema de información actualizado de este importante recurso.

LITERATURA CITADA

- CNA-Consultores. 1990. "Estudio Geohidrológico Cuantitativo del Acuífero Morelia-Queréndaro, Mich.", Agua, Consultores S.A. de C.V.-CNA. 1977. "Estudio Geohidrológico de la zona Morelia-Queréndaro", Informe Técnico.
- CNA. 1987. "Exploración Geofísica de la Zona del Valle Morelia-Queréndaro", Informe Técnico.

ESTUDIO HISTÓRICO-TÉCNICO SOBRE LAS INUNDACIONES Y EL SANEAMIENTO DEL VALLE DE MORELIA, 1868-1935

Fernando Ojeda Torres¹, Carlos Eligio Bravo Nieto² y Francisco Javier López Castro³
*1 Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente (SUMA), 2 Universidad Michoacana
de San Nicolás de Hidalgo y 3 Comisión Estatal del Agua y Gestión de Cuencas*
E-mail: ojeda.fernando@hotmail.com y fjlcmx@gmail.com

RESUMEN

El sanear el ambiente de las comunidades humanas implica mejorar las condiciones de protección contra agentes naturales y artificiales que agreden y ponen en riesgo el bienestar y la salud de las personas. Entre los agentes naturales que propician la pérdida de calidad de vida se encuentran los cuerpos de agua que llegan a formarse en las proximidades de las poblaciones con motivo de los desbordamientos de las corrientes naturales, constituyéndose a veces en focos insalubres, particularmente cuando a ello se agrega la deposición en esos cuerpos de desechos humanos, como son la basura, las excretas y otros productos de las actividades domésticas y productivas. La ciudad de Morelia cuenta con un largo historial de problemas de carácter antes descrito, asociados a su singular ubicación geográfica y topográfica, aspectos éstos que determinaron la naturaleza de su entorno inmediato. Por otra parte, las circunstancias de su desarrollo histórico también han dejado su impronta en la problemática medioambiental de la ciudad. En particular la asociada con el suministro de agua para las necesidades urbanas y el concomitante aspecto de la eliminación de las aguas residuales. Precisamente a ciertos aspectos relativos a la problemática medioambiental asociada con el agua de las corrientes naturales que rodean la ciudad y su estrecha vinculación con la eliminación de las aguas servidas, se refiere la presente ponencia la cual está acotada en el tiempo, esencialmente entre la octava década del siglo XIX y la cuarta del XX, momentos extremos en que se dan, en el primer periodo el inicio sistemático de la preocupación de la sociedad moreliana y sus autoridades derivada de las precarias condiciones de higiene y salubridad que privaban en la ciudad y su entorno y en el segundo periodo, por la realización de dos relevantes obras que contribuyeron decisivamente a resolver aquellos problemas.

Palabras Clave: Inundaciones, saneamiento, río Grande, río Chiquito

INTRODUCCIÓN

Como quedó dicho por ahora habremos de referirnos básicamente al saneamiento hidráulico de la periferia de la ciudad. Comenzaremos intentando una caracterización de las condiciones hidrológicas del valle de Morelia.

La cuenca del río Grande de Morelia es solamente una parte de la cuenca hidrográfica endorreica del Lago de Cuitzeo. De hecho su área hasta la desembocadura de dicho cuerpo de agua (1623 km²) es prácticamente el 50 % del total de la cuenca del lago (3303 km²). No obstante, para los efectos del presente estudio la fracción de la cuenca del río Grande a considerar es hasta la estación hidrométrica de Atapaneo, que es una localidad ribereña del río cercana a Morelia (a unos 8 km aguas abajo de esta capital); hasta ese sitio tal porción tiene un área de 947 km² y una forma que semeja un paralelogramo oblicuo cuyos lados mayores tienen una orientación, al igual que la tendencia del cauce del río, del suroeste al noroeste. En la cabecera sudoccidental de la cuenca, la más alejada, tres afluentes confluyen, dos muy cerca de la población de Tiripetío y un tercero en Santiago Undameo. De interés especial en este estudio es la subcuenca del llamado río Chiquito en la porción serrana al sureste de Morelia, que confluye con el río Grande en un punto al noroeste de la traza de la población llamado hoy "centro histórico" y tiene una superficie de 133 km² que corresponde aproximadamente a la séptima parte de la extensión de la del río Grande hasta la estación hidrométrica de Atapaneo antes mencionada.

Esta porción de la cuenca del río Grande está limitada por un parteaguas cuyos bordes sur y sureste se hallan en la llamada sierra de Otzumatlán y el borde noroeste aloja las grandes elevaciones volcánicas de los llamados cerros El Águila y Quinceo.

La parte de la planicie de esta región de la cuenca se constituye por dos valles asentados con un notorio desnivel de diferencia. El de la cabecera, el más alejado, comprendido entre tierras que rodean Tiripetío y las de Santiago Undameo, tiene una elevación media cercana a los 2,000 msnm. y el otro, el valle de Morelia, cuya elevación media es ligeramente inferior a la cota 1,900 msnm la comunicación por el cauce del río Grande entre ambos valles se da a través de la llamada garganta o cañón de Coitzio, en cuyo extremo aguas arriba se ubica la boquilla donde se construyó la presa de ese nombre.

El valle de Morelia, espacio físico escenario de la problemática que se examina en este estudio, envuelve a la suave loma donde se ubica la traza antigua de la ciudad, por los rumbos sur, poniente y norte, y es surcado por el río Chiquito por los dos primeros rumbos mencionados y por el Grande al norte.

Antes de la intervención humana, a lo largo de la porción más deprimida del valle transcurría el río Grande, conformando gradualmente su lecho sobre una gruesa capa de aluvión producto de la erosión de las partes más altas de la cuenca.

La planicie del valle de Morelia, sensiblemente bordeada por la curva de nivel de 1900 msnm, exhibe a su vez en muchos puntos de su contorno noroeste, oeste

y sudoccidental, numerosos afloramientos de agua subterránea que brotan entre la zona de contacto entre la capa basáltica que en grandes extensiones (faldas de los cerros de Quinceo y el Aguila) cubre el área y que tiene un muy bajo coeficiente de escurrimiento y la toba riolítica que la soporta, razón por la cual aquella carece de arroyos de importancia. Algunos de los que logran establecerse en esas faldas terminan desapareciendo sin llegar a la planicie. Estos procesos son notorios en las márgenes de los cuerpos de agua que llegaron a constituirse y llevan los nombres de ciénegas de Alberca de Coitzaco, Itzicuaró, Sindurio, el Carrizalito y El Ejido.

Un cuadro diferente ofrece el contorno opuesto del valle de Morelia desde la curva de nivel mencionada hasta del parteaguas sudoriental de la cuenca, que en sus partes altas inclusive exhibe una densa vegetación de bosque. De toda esta vertiente desciende una densa red de arroyuelos, si bien no todos perennes, que confluyen en varios arroyos: La Tijera, El Muerto, El Rodeo, El Arco, Blanco, Las Tierras) finalmente afluentes del río Grande. Entre todos estos destaca el llamado río Chiquito, con una cuenca propia relativamente extensa y en cuya porción más alta retiene un importante almacenamiento subterráneo capaz de sostener con sus afloramientos un caudal incluso en el estiaje (no en balde este río fue la fuente fundamental con cuyas aguas se abasteció a la ahora ciudad de Morelia desde su fundación hasta mediar el siglo XX).

Los preliminares hasta aquí expuestos que pretenden haber dado cuenta de algunos aspectos de la porción de la cuenca que abarca el valle de Morelia, es el ámbito físico que enmarca el problema del saneamiento objeto de esta exposición. Para ello utilizaremos básicamente cuatro testimonios, en nuestra opinión significativos, para construir este sencillo relato histórico, que iremos ampliando conforme nuestro estudio nos conduzca a nuevos hallazgos.

PRIMER TESTIMONIO. EL INFORME DE LA COMISIÓN (1868)

Interesante documento generado el 19 de febrero de 1868, redactado por iniciativa del Cabildo de Morelia. Su título "Informe producido por la Comisión encargada de consultar los medios más a propósito para la desecación de pantanos". Llamativo aspecto de este informe son las referencias históricas al problema de la formación de ciénegas en el valle de Morelia.

Comienza consignando interesantes datos obtenidos de autorizadas tradiciones y de documentos que tuvieron a la vista, lo cual permite formarse una imagen de los antecedentes de la problemática. Aseveran que la paz que reinaba en la época colonial, los abundantes recursos y la atingencia de los regidores del cabildo llamados perpetuos, garantizaban la permanencia de obras que "duraban muchos años". Sin embargo, después de la emancipación política aquella situación se deterioró: los frecuentes cambios de personal en la corporación municipal originaban que lo que unos proyectaban los otros no lo llevaban a efecto. Y el interés privado "hábil siempre en aprovechar las ocasiones, frecuentemente sorprendía la buena fe de los nuevos consejales, desvirtuando las providencias dictadas por los predecesores".

Ilustran estos conceptos precisamente con el caso del control de los escurrimientos del río Grande por el valle. Informan que en el último tercio del siglo XVIII reconociéndose como "causa de las intermitentes" las aguas represadas en dicho río para mover ciertos molinos, uno a inmediaciones de los Urdiales (Norma)

y otro en el extremo norte de la calzada de Santiaguito (Las Monjas) el municipio ordenó destruir tales presas y construyó dicha calzada (un puente) con seis ojos para el paso del agua, de los cuales en la fecha (1868) cuatro se hallaban azolvados y dos en "mediano uso". Por otra parte, en aquellos tiempos se obligaba a los dueños de haciendas y ranchos ribereños y a arrendatarios de ejidos a limpiar y profundizar "la caja de agua" y a dar salida a las aguas de las ciénegas que se formaba con las lluvias y los numerosos ojos de agua (manantiales) existentes en tales fincas. Sin embargo, durante la Guerra de Independencia (1810-1821) ni autoridades ni particulares respetaron esa disciplina y el abandono de tales mantenimientos condujo a la formación de las ciénegas y a la reaparición de "las intermitentes".

A continuación consignan diversas iniciativas de las autoridades desplegadas en los años 1824, 1844, 1843 y 1862, que lamentablemente no lograron tener el éxito deseado por la reticencia de los interesados y limitaciones financieras.

En 1824 el mal se exacerbó por lo cual se proyectó (no dicen si se ejecutó) "retirar el río hacia el norte", profundizar su cauce y construir en el puente de La Garita dos ojos para expeditar el paso de las aguas.

En 1841 "se comenzó otro expediente" para destruir una presa en terrenos de el Cortijo (no informan el fin que tuvo). En ese mismo año, el dueño de la hacienda de Atapaneo comenzó a levantar una presa de mayor envergadura, en un punto llamado el Gusano, contra lo cual protestó el ayuntamiento, pero al parecer los dictámenes de ciertos peritos favorecieron su ejecución, que doce años después, en 1853, mostraba sus negativos efectos hasta los llanos de los Urdiales. Un año antes, la Junta de Sanidad expuso a la corporación municipal "los gravísimos males que estaba resintiendo la clase pobre a causa de las exhalaciones pútridas de los pantanos", solicitando su desecación. Dice la comisión que "no consta que se haya dictado ninguna providencia al respecto". En 1856 la prefectura del norte pidió al ayuntamiento avocarse al problema de la inundación de las entradas de las garitas de Santa Catarina (al sur de la ciudad) y del Molino (al norte). Una comisión nombrada al efecto sólo recomendó "ampliar la caja del río" recurriéndose al gobierno estatal por no bastar los fondos municipales para tal empresa.

En febrero de 1862 el secretario de gobierno del estado, en comunicación al ayuntamiento, expuso los perjuicios que sufre la ciudad "a causa de los pantanos y zanjas que existen al norte, sur y poniente"; ordenó se procediera a "limpiar el río"... destruir las presas y chorreras, desazolvar los ojos de los puentes, destruir los vallados y aún los plantíos que exigían mucho riego". Para el objeto, ofreció inclusive el concurso de la fuerza pública. La comisión del ayuntamiento que conoció de la comunicación, después de reconocer su responsabilidad de velar por la salubridad pública, argumentó haber hecho cuanto era de su parte, consignando las prescripciones pertinentes al bando de policía del 17 de enero de 1853 para tener expedita la corriente de los ríos, la destrucción de presas, etc. "cuyas disposiciones bastará poner en vigor" para remediar los males. Concluye que considera de muy difícil ejecución la desecación de los pantanos por la incapacidad financiera del municipio y gobierno estatal y propone que "una persona inteligente formule un presupuesto" y un proyecto, que junto con las medidas de cierto bando de policía se exigirá cumplir a los dueños de los terrenos que se enfangan. En 1865 varios de los interesados afectados interpusieron recursos contra esas medidas, con el apoyo de dictámenes de facultativos médicos y otros

testigos. La comisión que conoció de tales inconformidades no llegó a dictaminar. En resumen, dicen los redactores del informe, la autoridad municipal ha realizado los esfuerzos de su parte para evitar el mal, pero "las medidas dictadas no han tenido la eficacia que sus autores se propusieron y aquel subsiste...como reapareció desde que se abandonaron las prácticas establecidas antes de 1810 y se inutilizaron las obras que facilitaban el curso regular de las aguas".

Pero en opinión de los comisionados, el aspecto más difícil de vencer es la escasez de fondos estimados para afrontar la magnitud de las obras requeridas, dicen sin embargo, que ellos han consultado a facultativos expertos y a un topógrafo (personas científicas) quienes se declaran convencidos de que el problema "puede resolverse con sólo tener alguna fuerza de voluntad". Declara que "mientras las obras requeridas se consideren sólo del ramo municipal, será punto menos que imposible llevarlas a efecto", pero si se repara en el carácter de la ciudad como capital del estado, residencia de sus poderes supremos, principal centro comercial, metrópoli eclesiástica, sede de instituciones educativas, etc., debe convenirse que las obras en cuestión corresponden al gobierno estatal. También compete al vecindario de la ciudad a través de los fondos municipales, a los habitantes de los pueblos, a las haciendas y rancherías de las márgenes del río y gente que por sus negocios residen en la ciudad. Aspecto importante será la ejecución paulatina de las obras. La propuesta concreta es que el ayuntamiento solicite al gobierno estatal que un ingeniero "levante un plano, presente una memoria sobre la ejecución, formule un presupuesto, base para acordar las aportaciones con que todas las partes deben de contribuir. Si ello no es posible, la municipalidad debe limitarse a lo que pueda hacer con sus escasos recursos".

Como la encomienda precisa, que se hizo a la comisión fue la de proponer los medios más eficaces para la desecación de los pantanos al norte y poniente de la ciudad, opinan que la atención preferente sea a los del norte, dado que desde noviembre hasta marzo los vientos dominantes proceden de tal rumbo y las aguas del río Grande comienzan a bajar desde mediados de octubre y por ello el viento "encuentra ya formados los miasmas que arrastra sobre la ciudad originando las intermitentes". Aunque el fenómeno por el rumbo poniente es semejante, los vientos siguen por sitios despoblados, por lo cual el riesgo no es tan grave. Finalmente enumeran ciertas acciones que a su entender deben de ejecutarse. No las mencionaremos en aras de la brevedad y porque el curso real de las cosas derivó en poner el problema en manos técnicas. Los puntos como obras a ejecutar y directrices a cumplir fueron, entre las primeras:

- Desazolver los dos canales que corren a lo largo de la calzada de Santiaguito o del Molino.
- Concluir la nueva caja del río que comenzó a abrirse en 1844-1845.
- Profundizar el cauce del río en una longitud no menor de 300 m, desde el puente de La Garita hacia el oriente.
- Cegar los vallados existentes en el llano de las Lechugas y al pie de la Loma de Santiaguito (donde ahora están las colonias Industrial y Prados Verdes).
- Que en las áreas desecadas se planten árboles, medio eficaz para absorber los miasmas.

Entre las segundas:

- Que los dueños de fincas rústicas adyacentes al cauce cumplan con la limpia de éste en los tramos que indica el reglamento.
- Para prevenir la reapertura de "vallados", no se arrienden los terrenos municipales de la llanura del río Grande.
- Que se conduzcan escombros de demoliciones y construcciones a los sitios por desecar.
- Que se desazolve la cloaca del Palacio de Gobierno y se prohíba conducir sus aguas negras fuera del canal que las comunica con el río.

Iniciativas Derivadas del Informe

En mayo de 1868 se informa que "el ingeniero D. Ramón Ibarrola está encargado de esa mejora importante" (la desecación) y ya se ocupa de estudiar el terreno de su nivelación y del origen de los pantanos, para deducir de todo ello la mejor forma de extinguirlos. No obstante el empeño del cuerpo edilicio de 1868, varios imponderables impidieron ver ejecutada su loable iniciativa. El informe de los comisionados se presentaba a escasos meses de la conclusión del mandato de la corporación municipal y sus esfuerzos estaban a la vez comprometidos en múltiples propósitos y carecía de los recursos pecuniarios para acometer empresa de tal envergadura.

De este modo el ayuntamiento logró únicamente, que no fue poco, que la Comisión entregara su importante informe, en vista de lo cual se encomendó al Ing. Ibarrola estudiar técnicamente el problema y proponer su solución, mientras tanto, con basura y escombros se irían rellenando las depresiones de Las Lechugas y Los Urdiales.

Correspondió al nuevo ayuntamiento ordenar los inicios de los trabajos de limpieza del río que comenzaron a finales de 1868 bajo la dirección del Ing. Ibarrola, por cuenta del municipio y de los propietarios, no sin contratiempos por las dificultades financieras y técnicas que se presentaban. En este último aspecto, dado el grado de azolvamiento del río, había tramos en que el cauce casi se había perdido, la obra se presentaba difícil en su ejecución y de un costo exagerado; no sería sencillo hacer desaparecer en los pocos meses del estiaje, los obstáculos que en más de medio siglo se habían venido oponiendo al libre curso del río. No obstante, se ejecutaron varias acciones que algo atenuaron los problemas, sobre las cuales no nos podemos extender: a) ampliar el cauce en una gran extensión construyendo una sección de 30 varas (25 m) de ancho por 4.0 (3.35 m) de profundidad, b) se movió un banco de arena y piedra pequeña de tres varas (2.5 m) de espesor que obstruía el paso del agua bajo el puente antiguo de La Garita del norte, para cuyo efecto tuvo que desviarse la corriente por dos vallados (zanjas o canales) de extensión considerable en ambos márgenes de río; el desazolve permitió descubrir seis ojos de la calzada (puente) que se hallaban completamente obstruidos.

En diciembre de 1868, el ayuntamiento solicitó al Ing. Polaco Juan N. Bochothnicki, antiguo residente en Morelia, un informe sobre las obras requeridas para evitar que las condiciones que guardaba el río Grande perjudicaran la salubridad pública. A su vez, el gobernador Justo Mendoza, comisionó al ingeniero civil y arquitecto, D. Angel

Anguiano, con el mismo propósito.

Ambos profesionales hicieron exploraciones que les permitieron rendir en enero de 1869 reportes independientes, que coinciden en la necesidad de hacer un nuevo cauce al río, suprimiendo sus sinuosidades en su longitud de 3142 m, desde La Garita del norte de la ciudad hasta los límites de la hacienda de Atapaneo para que rectificado, tuviera una longitud de sólo 1987 m. Esta solución sería menos costosa que desazolvarlo. Por otra parte, para evitar el futuro azolvamiento del nuevo cauce consideraron necesario destruir la presa del Gusano.

Ambos coincidieron también en la necesidad de construir un nuevo puente, previo a la rectificación. Respecto a otra presa construida por los dueños de Atapaneo, cuyas aguas movían un molino, Anguiano recomendó su destrucción, mientras que el polaco sugería solamente mantenerla limpia. El puente se construyó en el sitio propuesto por Bochoznicki, un poco aguas abajo del antiguo, que se demolió, colocándose las claves en víspera de la festividad de San Antonio de Padua (13 de junio de 1869), concluyéndose pocos días después. Ya desde el inicio de la erección del puente bajo la dirección del ing. Polaco, en el anterior mes de abril, se hallaba "trazado por medio de una profunda zanja el lecho del río en el punto en que debe tomar otra dirección", 149 m aguas abajo de la antigua garita del norte.

Al iniciar su gestión el ayuntamiento siguiente (1870), se anunciaba la continuación del terraplén que se había ido formando sobre los pantanos en una longitud de 255 m (¿con qué objeto?).

"Al paso del tiempo" (cuándo?) se logró destruir la presa del Gusano, "pero los propietarios de Atapaneo se resistieron a demoler su presa, aún cuando ofrecieron mantenerla sin azolves". Esto parece no haberse cumplido, pues continuó hablándose de ella como un obstáculo al flujo del río.

Para febrero de 1872 los trabajos de rectificación apenas habían avanzado, al parecer por limitaciones financieras, pues el ayuntamiento tuvo que nombrar una comisión encargada de proponer "los recursos con que se lleve a cabo aquella benéfica obra". Sin embargo, todavía a finales de 1876, a pesar de haberse anunciado el inicio de los trabajos, flotaba un aire pesimista por "las dificultades con que tendrá que tropezarse en virtud de las actuales circunstancias". Con esta expresión se alude a la caída del presidente Sebastián Lerdo de Tejada, en noviembre de ese año, a cuatro meses de su reelección. La rectificación del río poco había avanzado y todavía, al iniciarse la cuarta década del siglo XX, el paludismo seguía siendo un padecimiento endémico en Morelia.

SEGUNDO TESTIMONIO: LAS OBRAS DEL TENIENTE CORONEL DE INGENIEROS MANUEL RIVERA CHÁVEZ (1890-1891).

El segundo testimonio a través del cual continuaremos la línea de esta exposición, está formado por tres interesantes documentos redactados por un experto, notable precursor del ejercicio de una disciplina que hoy se identifica como hidráulica fluvial, el teniente coronel de ingenieros Manuel Rivera Chávez, de quien por ahora desconocemos su origen y circunstancias de su presencia en Morelia, pero que de algún modo fue conectado por el gobernador del estado, General Mariano Jiménez (1885-1891) a quien están dirigidos dos informes, de fechas 7 y 27 de junio de 1890,

y un tercero de fecha 23 de enero de 1891, cuya materia se expresa claramente en sus respectivos títulos: 1° "Informe oficial relativo a las causas que forman los pantanos del norte de Morelia", 2° "Informe complementario relativo a las obras de desecación de los pantanos existentes al norte de Morelia", y 3° "Informe...al hacer entrega oficial de las obras de defensa del río Grande y desecación de los pantanos que se forman al norte de Morelia...rindió el director científico de esas obras..." convencionalmente en esta exposición nos referiremos a estos informes como: "el primero", "el complementario" y "el final".

Del primero de ellos, se desprende que el ingeniero Ribera empezó su trabajo con un reconocimiento del cauce del río Grande en una longitud aproximada de 28 km., desde la hacienda de La Huerta hasta El Molino de Atapaneo, observando las márgenes del río y haciendo mediciones diversas: de anchura, profundidad, pendiente y velocidad del flujo. Registró evidencias de que el nivel de la corriente, prácticamente en toda su extensión, casi alcanza la cresta de los bordos. Cuando el caudal se incrementa con las aportaciones de arroyos y atarjeas, y el escurrimiento superficial de las suaves lomas que confinan el cauce, originan los desbordamientos sobre los terrenos bajos, permaneciendo el agua en ellos por varios meses. La anchura media del río es 7.0 m pero hay sitios en que se estrecha a sólo 2 m, siendo su profundidad variable entre 0.50 y 2.0 m, así como la velocidad de la corriente, pues la pendiente del fondo tampoco es uniforme. Su alineamiento en planta muestra curvas muy cerradas. Observó muchos árboles abatidos sobre el cauce y pequeñas represas ahogadas en la corriente, que remansan el flujo aguas arriba, disminuyendo su velocidad y originando el depósito del material sólido transportado. En particular las cinco presas construidas en terrenos de la hacienda de Atapaneo bloquean casi en su totalidad el curso del río: (1) El Gusano que obstruye un ancho de 10.5 metros", sumando el espacio entre seis "pies derechos" (pilas); (2) El Molino, (la más importante que mide 10.30 m de anchura por 2.90 de alto; (3) La Presa Antigua; (4) La Goleta; y (5) la presa llamada el Ladrón, formada en el extremo de un canal que toma el agua en un punto del río entre las dos primeramente mencionadas. Los remansos originados por tales estructuras han propiciado el azolvamiento del cauce del río Grande, elevando su fondo y consecuentemente la vena fluyente, que se desborda en muchos puntos "en toda la extensión recorrida por el reconocimiento". Por otra parte, en muchos puntos "se sangra" el río para inundar y enlamar terrenos próximos.

Con base en todo ello propuso las siguientes cinco acciones: (1) ampliar el cauce donde éste sea estrecho; (2) elevar los bordos; (3) suprimir algunas curvas (rectificación del cauce); (4) destruir obstáculos al flujo (vegetación y presas), y (5) las sangrías se evitarán con la elevación de los bordos.

Para la fecha de la redacción del informe complementario (27 de junio) las intensas lluvias propias de la temporada han provocado desbordamientos e inundaciones en ciertas áreas de la margen izquierda al norte de la ciudad, que han permitido observarlas y descubrir su origen. Para ello, el ingeniero Rivera exploró hasta terrenos próximos a Sindurio, donde se haya una gran ciénega de más de 90 km² (debe tratarse de la alargada ciénega de Itzícuaru, cuyas distintas porciones recibían diferentes nombres: de Villalón oriente, de Villalón poniente, Carrizalito, Sindurio e Itzícuaru) que se alimenta de "varias sangrías practicadas al río". Tal alargada ciénega se divide en compartimentos, mediante bordos de tierra (diques) comunicados por

medio de compuertas insertadas en ellos, por la última de las cuales fluye agua que sólo se detiene en la "cortina de piedra de la calzada Tres Puentes", cruza por dos arcos practicados en ella y, no hallando más obstáculos se extiende hasta más allá de la hacienda La Soledad, "por donde vuelve de nuevo al río". Si las susodichas compuertas se cierran, el agua confinada entre esos bordos queda retenida en grandes depósitos difíciles de desecar, "ocasionando gravísimos males a la salubridad". Si se suprimen las sangrías al río antes mencionadas, cuyo caudal forma la gran ciénega, quedarían inoperantes esas "presas (bordos) que no se concibieron con fines de almacenamiento con miras a su utilización (en riego?) pues el río está muy próximo, sino para evitar que esa agua inunde tierras labrantías al menos una temporada del año. En virtud de lo expuesto, el ingeniero Rivera recomienda: a) suprimir las sangrías y levantar los bordos en esos lugares y b) dejar "como precaución" la primera presa (la más próxima a Morelia?) suprimiendo su compuerta para impedir que derrame agua hacia las inmediaciones de la ciudad.

En los títulos de los tres informes del ingeniero Rivera, se explicita que los estudios, proyecto y obras cuya dirección se le encomendó están específicamente encaminados al problema de la desecación de los pantanos que se forman al norte de la ciudad, motivo por el cual se avocó a combatir la causa principal de la formación de los mismos, que ha sido los desbordamientos que han inundado los terrenos de la margen derecha del cauce. A ello se avocó, y aclara que aunque ciertamente desde la zona de las obras ejecutadas hacia aguas arriba del río, hacia los límites de la hacienda de La Huerta, hay también "anegaciones cuando hay avenidas", ellas desaparecen al pasar éstas, por lo cual no deben ser consideradas como pantanos pues, éstos ocurren solamente con una depositación prolongada que haga que el agua se corrompa. Consecuentemente, considera que tales problemas de anegaciones corresponde resolverlos a los particulares interesados. Por lo dicho antes, en su informe de entrega de las obras se limita a las ejecutadas para desecar los pantanos y defender de inundaciones el norte de Morelia.

Para estos efectos, decidió impedir primero los desbordamientos sobre los terrenos, "notablemente más bajos", que el lecho del cauce de la margen derecha, y después desecar los pantanos allí formados.

Previo el estudio de pendientes, caudal y velocidad del río en tiempos de crecientes (hoy se decide sobre la base de registros históricos prologados los más años que se pueda) decidió:

Abreviaremos, enumerando sin describir, las obras ejecutadas por el ingeniero Rivera: a) ensanchar el cauce, que en algunos puntos se estrechaba a sólo 2.0 m a 30 m, en una longitud de 7.5 km., teniendo en sus extremos en terrenos pertenecientes a las haciendas de La Huerta (aguas arriba) y de La Soledad (aguas abajo); b) levantamiento de ambos bordos del cauce una altura de 4.0 m sobre el fondo.

El mayor depósito resultante de los desbordamientos, llamado ciénega de Santa Anita (tal vez por la tradición de haber existido en sus cercanías un pequeño barrio y una capilla con ese nombre, que hoy correspondería tal vez a la colonia llamada Las Margaritas y su ampliación) reubicado aproximadamente a 720 m al norte de la calzada de tres puentes, con una profundidad media de 75 cm de agua que "se corrompe". En este caso se desvió el curso del río haciéndolo pasar por el centro

de la ciénega para desaguarla. Se continuó ampliando el cauce y el radio de las curvas para evitar que el cambio brusco de dirección erosionara los extradoses. Se removieron obstáculos al flujo que originaban azolvamiento: árboles, presas de madera de piedra suelta, y de mampostería, “desde donde terminaron las obras de tercería hasta la hacienda de Atapaneo”. De este modo, se demolió con dinamita la presa de El Gusano, que impedía completamente el curso del agua. Con todo ello se desaguaron almacenamientos “esparcidos en una gran extensión”. Las diversas obras de excavación (desazolve) y formación de bordos ya evitaron, en la pasada temporada de crecientes, la formación de pantanos en la zona llamada Las Lechugas (hoy colonia Industrial). La otra causa de formación de los pantanos es el escurrimiento superficial del agua pluvial y los derrames de pilas públicas en dirección de sur a norte, por las calles que en tal descienden, y son colectadas por una zanja que corre bordeando el pie norte de la loma de la ciudad pero carece de la “capacidad y pendiente suficiente”. Dicha cuneta descargaba su caudal en el río “atrás de la garita del norte”(aguas abajo), de tal modo que en tiempo de crecientes “las aguas del río se metían por ella” originando su desbordamiento en el espacio entre la zanja y el terraplén del ferrocarril, retrocediendo hasta Las Lechugas. El mal se subsanó prolongando la zanja aguas abajo “hasta el rancho de El Toro”, sitio con un nivel más bajo.

Concluidas la obras de defensa (o protección contra los desbordamientos e inundaciones) se desecaron los pantanos en una extensión de 600,000 m² (60 has.) que comprende una gran parte de los terrenos frente a la estación de ferrocarril y todo el llamado “paseo de las Lechugas” (actuales colonias Industrial y fracción de las adyacentes al poniente: Melchor Ocampo, Las Flores y El Porvenir), donde incluso existió un panteón para pobres, Los Urdiales, que empezó a funcionar en 1850, con motivo de la epidemia de cólera. Ya en 1883 es criticada su existencia por Juan de la Torre, debido a su proximidad con los pantanos, y en el plano de la ciudad de 1898 no se señala como panteón, en cambio ya aparece el municipal que todavía hoy subsiste. Para efecto se empleó una bomba movida a vapor, facilitada de su taller por el vecino de ascendencia extranjera James Jamenson, con el cual se desalojaron 450,000 m³ (si el área inundada era de 600,000 m², la lámina media inundada resulta de 0.75 m).

Concluye su informe final el ingeniero Rivera mencionando cuatro alternativas de solución que llegaron a proponer otras personas, señalando sus inconvenientes. En aras de la brevedad las omitiremos en esta exposición, no obstante, no puede dejar de mencionarse una quinta alternativa, que llegó a avizorar el mismo ingeniero Ribera, notable por su carácter anticipativo, al menos en un aspecto importante, de lo que casi medio siglo más tarde fue parte de la solución integral al problema de la formación de las ciénegas del valle de Morelia a causa de los desbordamientos del río Grande. La expresaremos con las propias palabras del Ingeniero, mediante una breve cita: “se pudo, sin embargo, corregir la dirección general del río, tendiendo a la línea recta, pero esto hubiera aumentado notablemente el costo, sin conseguirse diferencia en el resultado general, y como quiera que en esta clase de obras debe tenerse en cuenta la economía y el éxito, no vacilé en que lo dejo ejecutado”.

Gran optimismo produjo en el Ing. Rivera, y otro tanto debe de haber causado entre sus mandantes y la misma sociedad moreliana, observar la funcionalidad de la obra realizada, en el primer periodo de lluvias posterior a su conclusión, que pudo

no haber sido particularmente intenso. Por otro lado, la rehabilitación de las famosas presas de Atapaneco debe haber sido algo que quedó en la mente de los hacendados; además, la disciplina y gastos requeridos en el mantenimiento de las obras y el hecho mismo de no haberse tratado de una solución integral del problema, etc., pudieron haber sido elementos que al paso del tiempo propiciaron la reaparición de los problemas de desbordamientos y formación de ciénegas en el valle de Morelia.

TERCER TESTIMONIO: UN ARTÍCULO DEL ING. PASCUAL ORTIZ RUBIO (1911)

El tercer testimonio que se mencionará se debe a la pluma del Ing. Pascual Ortiz Rubio, quien publicó en el Periódico Oficial de Michoacán (T.XIX, num. 68) del 24 de agosto de 1911, un artículo con el significativo nombre de "El río grande de Morelia", en el que expone interesantes datos cuantitativos (cuya fuente no especifica ¿fueron obtenidos por él mismo?), asimismo expone resultados de un análisis de ellos, así como de cálculos y estimaciones con base en conceptos propios de la hidráulica. Finalmente concibe un proyecto con base en cuya ejecución estima que se podrá resolver la problemática originada por el río Grande, en su curso de casi 20 km a través del valle de Morelia, así como las líneas generales de un programa de ejecución de las posibles obras y su costo.

No es posible extendernos en los detalles de este importante estudio, solamente diremos que refleja un indudable dominio de los conceptos y teoría hidráulica de entonces, que permitieron al ing. Ortiz proponer procedimientos técnicamente viables para resolver los problemas de los desbordamientos del río y desecación de los pantanos.

Entre los datos que consigna, menciona la cifra de 200 millones de metros cuadrados como superficie de la cuenca del río Grande (no especifica hasta que punto del recorrido del río) y una precipitación máxima en ella de dos millones de metros cúbicos durante 6 horas, según datos del observatorio (¿cuál?).

Divide el trayecto de 19,890 m del río a través del valle en seis tramos cuyos extremos, longitudes y pendientes consigna así como el desnivel total de aquel trayecto (7.575 m). Con los valores de la geometría (que no consigna) del área hidráulica asociada a cada tramo, un factor de fricción C (de Chezy?) al parecer escogido en función de la vegetación que obstruye el curso del agua, calcula la velocidad media y el caudal, que asocia a cada tramo. De estos caudales o gastos, naturalmente diferentes que resultan, deduce que al no haber un gasto uniforme... día con día se van almacenando grandes cantidades de agua en los vasos pantanosos de la Soledad, La Huerta, Ejido y Morelia, hasta formar las ciénegas que el gobierno se propone desecar.

Razona que la última parte del río puede desalojar 1.5 millones de metros cúbicos en 24 horas, "cantidad insuficiente para desaguar el valle", pues ya se dijo que "pocas horas recibe 2.0 millones de metros cúbicos, que serían desalojados en 38 horas; pero además de que épocas en que las lluvias se establecen por cuatro días o más, hay las circunstancia de que el tramo 4, comprendido entre el desagüe (confluencia) del río Chiquito y la presa La Soledad, justamente en los límites de Morelia, sólo da paso a 350,000 m³ en 24 horas, derramando el resto en los vasos

arriba mencionados.

“POR TANTO EL PROBLEMA DEL DESAGÜE DEL VALLE DEL RIO DE MORELIA, SE CONCRETA A ESTABLECER UNA VÍA FLUVIAL EXPEDITA, SUFICIENTEMENTE ANCHA Y PROFUNDA Y DE UNA PENDIENTE REGULARMENTE UNIFORME”. Con base en este enunciado, hace un análisis que le permite sugerir las condiciones bajo las cuales puede establecerse tal flujo expedito, llegan a los valores de la sección transversal del río: área hidráulica = 30 metros cuadrados (cauce de 15 metros de ancho por 2.0 de profundidad); rectificar el río eliminando “multitud de curvas”, uniformizar la pendiente al valor resultante del desnivel total (7.575 m) y una longitud (19,890 m), con lo cual podrá el río en todos sus tramos correr con una velocidad media de 1.0 m/s o sea 2.5 millones de m³ en 24 horas.

Sugiere entonces que con “poderosas dragas” se haga “un nuevo cauce en la parte más baja cercana al río...procurando que se desarrolle en grandes tangentes articuladas por curvas de mucha longitud” y más tarde, “cavar en los pantanos... para ejecutar los avenamientos (drenados)”. “DE ESTA MANERA, PERFECCIONANDO EL RÍO NO PODRÁ SALIRSE DE MADRE Y TERMINARAN LOS PANTANOS EN TODO EL VALLE DE MORELIA”.

Llega incluso a hacer estimaciones del movimiento de tierras requerido y de su costo, así como un programa tentativo en términos de rendimiento, tanto de la mano de obra como del empleo de dragas. Afirma que se “puede esperar que la obra estará concluida en su totalidad en dos años y medio” o incluso, en condiciones óptimas de utilización de mano de obra y máquinas, “el trabajo puede quedar concluido en un año”.

¿Qué ocurrió entonces? Cabe especular que las turbulencias sociales del país que apenas se iniciaban en 1911, prolongándose toda la década y las también graves limitaciones de la década de los veinte, hayan impedido atender la propuesta del Ing. Ortiz Rubio u otra variante alternativa. No obstante, algo positivo quedó de esta última década: la creación, en 1926, de la Comisión Nacional de Irrigación, cuyos objetivos fueron planear, proyectar y construir obras hidráulicas de aprovechamiento y control de las corrientes y cuerpos de agua de la nación, para fines de irrigación, generación eléctrica, saneamiento urbano y rural, abastecimiento de agua potable, protección contra inundaciones, etc. Al principio se contó con asesoría extranjera para la ejecución de los primeros sistemas hidráulicos pero gracias a la visión que se tuvo de formar cuadros técnicos mexicanos, se pudo, en menos de una década, contar con el personal técnico nacional debidamente capacitado para encargarse de tales trabajos.

Precisamente para el año de 1935 se llevaba cabo, por parte de la Comisión mencionada, la formulación del proyecto que en definitiva habría de resolver el añejo problema del saneamiento hidráulico del valle de Morelia.

CUARTO TESTIMONIO. EL PROYECTO DE LA COMISIÓN NACIONAL DE IRRIGACIÓN (1935). LA SOLUCIÓN DEFINITIVA

Concluiremos la presente intervención reseñando brevemente el cuarto y último

testimonio alusivo a la cuestión objeto de esta ponencia. Se trata de una condensada exposición del PROYECTO QUE PARA RESOLVER EL PROBLEMA DEL SANEAMIENTO DEL VALLE DE MORELIA, expone el vocal ejecutivo de la CNI, el Ing. V. C. Villaseñor, Gerente General del Sistema Nacional de Riego # 11, con fecha de 24 de mayo de 1935. Explícitamente, con el proyecto se pretende "desaparecer, en su mayor parte, las ciénegas que en él se encuentran".

La formación y permanencia de tales ciénegas se atribuye a tres factores: a) las inundaciones causadas por el río Grande y sus afluentes, al no tener sus cauces capacidad para la conducción de las avenidas; b) los numerosos afloramientos de agua subterránea de la franja noroccidental del valle, cuya porción de cuenca de ese mismo rumbo se halla cubierta de basalto vesicular (malpaís), cuyo coeficiente de escurrimiento superficial es muy bajo y, en consecuencia, carece de arroyos de importancia. Esa multitud de manantiales permanentes alimentan los cuerpos de agua llamados: Alberca de Cointzio, ciénegas de Itzúcuaro, de Sindurio, del Carrizalito, Alta y el del Ejido; brotan en sus márgenes en la zona de contacto de la capa basáltica mencionada y la toba riolítica que la soporta; c) la precipitación pluvial directa sobre las pequeñas subcuencas de las ciénegas. Todas estas aportaciones se acumulan constituyendo esos depósitos de agua, debido al pésimo sistema de desagüe existente, ya que el cauce del río Grande se halla más alto que las ciénegas y los canales que en alguna época pudieron haberlas drenado (aunque fuera parcialmente) están abandonados y sin prestar servicio.

La solución al problema concebida por los ingenieros de la Comisión, consiste en regularizar el régimen de escurrimientos del río Grande y sus afluentes. Para el primero se proyectó construir, poco aguas abajo de Santiago Undameo, una presa de almacenamiento que, regularizada la extracción de agua, propicie un escurrimiento no mayor de 15 m³ por segundo (se trata de la presa que después se nombró Cointzio). Los diversos afluentes, excepto el río Chiquito, se controlaron mediante pequeñas presas de regularización formadas con diques de enrocamiento permeable, que evite la brusca llegada de sus crecientes al río Grande, considerando que éstas sean de corta duración). Las avenidas así controladas se conducirán por los zanjones llamados la Calera y El Coyote, que se acondicionarán para confluir con el río aguas arriba de la calzada de Tres Puentes.

El afluente principal, el río Chiquito, que confluye con el Grande en un punto de la calzada Tres Puentes y de Santiaguito, ha sido objeto de un estudio especial por las condiciones críticas de su escurrimiento, debido a su casi nula pendiente y el caudal de sus avenidas que llega a ser de 30 m³ por segundo, que originan inundaciones en áreas ya urbanizadas de Morelia, en su rumbo sudoccidental. La propuesta es desviarlo al entrar al valle, hacia el puerto topográfico existente al oriente de la ciudad, enviándolo entonces a un pequeño cauce de fuerte pendiente que lo conduzca hasta el río Grande, bastante aguas debajo de la calzada de Santiaguito. La solución apuntada tenía en 1935 el carácter de anteproyecto, y no fue la que finalmente se adoptó, pues sabemos que la que se ejecutó fue la rectificación del cauce que se trazó al sur del original, en dirección al poniente, a cuyo final describe un amplio arco hacia el norte, hasta confluir en el cauce, también rectificado, del río Grande, en la actual colonia Las Margaritas.

Por lo que ve a las aportaciones de la margen izquierda del río Grande, constituidas

en gran parte por manantiales importantes, la propuesta consistió en rehabilitar algunos canales ya existentes que rodean las ciénegas por el lado opuesto al río, evitando en tal forma que las aguas lleguen a ellas, y, conduciéndolas a suficiente altura, puedan ser utilizadas para el riego de terrenos dominados por el canal colector general de servicio que ya ha funcionado en otras épocas con un buen resultado.

Por último, se llevará a cabo la limpia del cauce actual del río Grande desde Cointzio hasta Atapaneo, dándole la capacidad de conducción requerida para los caudales regularizados que vaya recibiendo y rectificando su trazo donde presente curvas muy pronunciadas.

En las ciénegas que no los tengan, se proyectarán canales de drenaje que desemboquen en el río Grande donde resulte conveniente, teniendo presente que estos conductos no necesitarán ser de gran capacidad pues con las obras mencionadas antes, sus aportaciones serán reducidas a un mínimo.

Todas estas obras pueden verse plasmadas en la carta topográfica INEGI (1976), o físicamente haciendo un recorrido por las planicies del contorno de la ciudad. Los problemas de saneamiento derivados de la extensión de Morelia por los cuatro puntos cardinales en las últimas 2 o 3 décadas del siglo pasado, tendrían que ser objeto de otra exposición.

CONCLUSIONES

Con base en el proyecto de la Comisión Nacional de Irrigación se ejecutaron en la segunda mitad de la década de los años treinta del pasado siglo, un conjunto de obras hidráulicas que resolvieron por un lapso de varias décadas los problemas de inundaciones en la zona norponiente del valle de Morelia. La problemática descrita volvió a presentarse a finales del siglo veinte como consecuencia del crecimiento de la mancha urbana de la ciudad, lo cual ha planteado retos que han sido afrontados considerando las nuevas condiciones.

LITERATURA CITADA

Rivera C., M. 1890. Informe oficial relativo a las causas que forman los pantanos del norte de Morelia. Gaceta Oficial del Gobierno del Estado de Michoacán, Año V, No. 463, Morelia, Mich., 8 de julio de 1890.

Rivera C., M. 1890. Informe complementario relativo a las obras de desecación de los pantanos existentes al norte de Morelia. Gaceta Oficial del Gobierno del Estado de Michoacán no. 469, 29 de junio de 1890.

Rivera C., M. 1891. Informe al hacer entrega oficial de las obras de defensa en el río Grande y desecación de los pantanos que se forman al norte de Morelia. Gaceta Oficial del Gobierno del Estado de Michoacán No. 530, 5 de febrero de 1891.

Ortiz R., P. 1911. El Río Grande de Morelia. Periódico Oficial de Michoacán, Tomo XIX, No. 68 del 24 de agosto de 1911.

Valdovinos, C.,J. Oviedo y C.Solórzano. 1968. Informe producido por la comisión encargada de consultar los medios más a propósito para la desecación de pantanos. Periódico El Constitucionalista, tomo I, Números 57, 59, 62 y 63, mayo 1968, Morelia, Mich.

Villaseñor V., C. 1935. Proyecto para resolver el problema del Valle de Morelia. Comisión Nacional de Irrigación, 24 de Mayo de 1935, Archivo Histórico del Agua.

EFFECTO DE LAS TUZAS EN LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA DE SUELOS IGNIMBRÍTICOS DEL SUR DE CUITZEO, MICHOACÁN

Alberto Gómez-Tagle Ch.¹, Alberto F. Gómez-Tagle R.²,
Hugo Zepeda Castro¹ y Oliver Felipe³

1 INIRENA, UMSNH y Servicios Integrales en Ecosistemas, S.C. 2 INIRENA, UMSNH,
3 Facultad de Biología, UMSNH y Servicios Integrales en Ecosistemas, S.C.
Laboratorio de Suelos. Departamento de Ciencias de la Tierra. Instituto de
Investigaciones sobre los Recursos Naturales (INIRENA), UMSNH.
Av. San Juanito Itzicuaró SN. Morelia, Michoacán, México. Tel: +52(443) 3-27-23-50,
ext. 109. Fax: +52(443) 3-27-23-51. E-mail: alberto.gomeztagle@gmail.com

RESUMEN

La conductividad hidráulica saturada de campo del suelo superficial (K_{fs}), es una propiedad determinante en los servicios ambientales hidrológicos y puede ser modificada por procesos de bioturbación. Se estudió la variación espacial horizontal y vertical de la K_{fs} en una superficie cumbre de un lomerío ignimbrítico del centro de México, afectado por nidos y galerías de *Thomomys umbrinus* (tuzas). Se utilizó un infiltrómetro portátil de carga constante y anillo sencillo para medir la K_{fs} superficial (0.0-0.06 m.) y un permeámetro de profundidad tipo Amoozimetro para medir K_{fs} a mayor profundidad (0.30-0.46 m). La K_{fs} fue significativamente distinta ($P=0.0017$) para los sitios con efecto de las tuzas y aquellos sin efecto de estas, $\mu=586.21$ y $\mu=216.75$ $\text{mm}\cdot\text{hr}^{-1}$, respectivamente. Los variogramas para K_{fs} ($h=2$ m) mostraron un efecto pepita puro (sin patrón espacial), que indica que la variación puede ser a pequeña escala <2 m, la cual no fue capturada por el muestreo. Los variogramas de resistencia a la penetración mostraron la existencia de un patrón espacial a pequeña escala, con un rango entre de 0.18 y 1.2 m, un tope (sill) entre $\gamma=0.76$ y $\gamma=1.5$, con valores pepita entre $\gamma=0.25$ y $\gamma=0.58$, indicando una modificación del suelo superficial en distancias cortas y asociado con las galerías. Se encontraron diferencias significativas ($P=0.00015$) entre la K_{fs} superficial ($\mu=311.48$ $\text{mm}\cdot\text{hr}^{-1}$) y la profunda ($\mu=1749.75$ $\text{mm}\cdot\text{hr}^{-1}$), sin encontrarse un efecto de los roedores a mayor profundidad. Se concluye que estos roedores modifican el suelo superficial

positivamente, incrementando la capacidad de infiltración en suelos compactados moderadamente por la agricultura y la ganadería extensiva.

Palabras clave: Servicios ambientales hidrológicos, infiltración, galerías de *Thomomys umbrinus*.

INTRODUCCIÓN

Las características del suelo condicionan la capacidad de infiltración, y por tanto los servicios ambientales que proporciona el suelo en la regulación del ciclo hidrológico.

En la cuenca de Cuitzeo, Michoacán-Guanajuato, el fenómeno migratorio de campesinos ha provocado un abandono de las tierras de cultivo, favoreciendo la recuperación de la cubierta vegetal (López et al., 2006).

Por otro lado, las tuzas o topillos se establecen en grandes números en sitios disturbados, y son considerados como plaga en los terrenos cultivados y plantaciones forestales. Estos animales construyen galerías y remueven el suelo, modificando potencialmente las propiedades físico-químicas de éste. El objetivo del presente trabajo fue estudiar los patrones de variación espacial vertical y horizontal de la conductividad hidráulica saturada de campo (K_{fs}), en un terreno con presencia de tuzas ó topillos *Thomomys umbrinus*, tras haber sido abandonado como área de cultivo y estar sometido a la ganadería extensiva.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se encuentra en el Ejido Cointzio, al sur de Morelia, Michoacán, en una superficie cumbral en lomerío ignimbrítico (Bigioggero et al., 2003); el suelo de acuerdo al INEGI (1979) es un Acrisol órtico, con textura franco-arcillosa, contenido de materia orgánica de 4.3%, la densidad aparente de 1.40 g.cm^{-3} , mientras que la densidad real es de 2.4 g.cm^{-3} . Como cobertura se presentan especies herbáceas y arbustos espinosos leñosos. El área de estudio tuvo uso agrícola hasta hace poco menos de 10 años, y desde entonces se usa para la ganadería extensiva.

En el sitio de estudio se realizó la descripción de un perfil de suelos y la determinación de la profundidad del horizonte C. Dentro del área afectada por tuzas en superficie (montículos), se delimitaron diez parcelas de $10 \text{ m} \times 2 \text{ m}$, además se midió la resistencia a la penetración en microtransectos de 2.0 m con espaciamiento cada 0.05 m , partiendo del centro del montículo.

Para la cuantificación de la K_{fs} superficial (profundidad de $0.0\text{-}0.06 \text{ m}$), se realizó un transecto con puntos cada 2 m ; en total se muestrearon 47 puntos superficiales utilizando un infiltrómetro portátil de carga constante y anillo sencillo (IPCCAS) (Gómez-Tagle et al., 2006a; Gómez-Tagle et al., 2006b), aplicando el modelo de Wu et al. (1999). Para la cuantificación de la K_{fs} a una profundidad de 0.36 a 0.52 m (horizonte C), se empleó un permeámetro de profundidad de carga constante tipo Amoozímetero, aplicando el modelo de Glover (Amoozegar, 1992). La medición de K_{fs} del horizonte C se hizo en 8 puntos del transecto con efecto de tuzas, y otros 8 puntos sin efecto de tuzas.

La comparación de Kfs se hizo con un ANOVA de una vía y se empleó la prueba de Tukey para determinar la diferencia significativa honesta (StatSoft Inc., 1998). Se construyeron variogramas direccionales de la Kfs y de la resistencia a la penetración empleando el programa VarioWin Ver. 2.21 (Pannatier, 1996).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La conductividad hidráulica saturada de campo superficial presentó una distribución Log-Normal (prueba de Kolmogorov-Smirnov), con $\mu = 5.84$ $\sigma^2 = 0.559$, ($D = 0.735$, $\rho = 0.652$, $N = 47$) (Figura 1). Debido a la naturaleza de la función probabilística de esta propiedad, los valores de conductividad hidráulica saturada de campo se transformaron empleando el logaritmo natural.

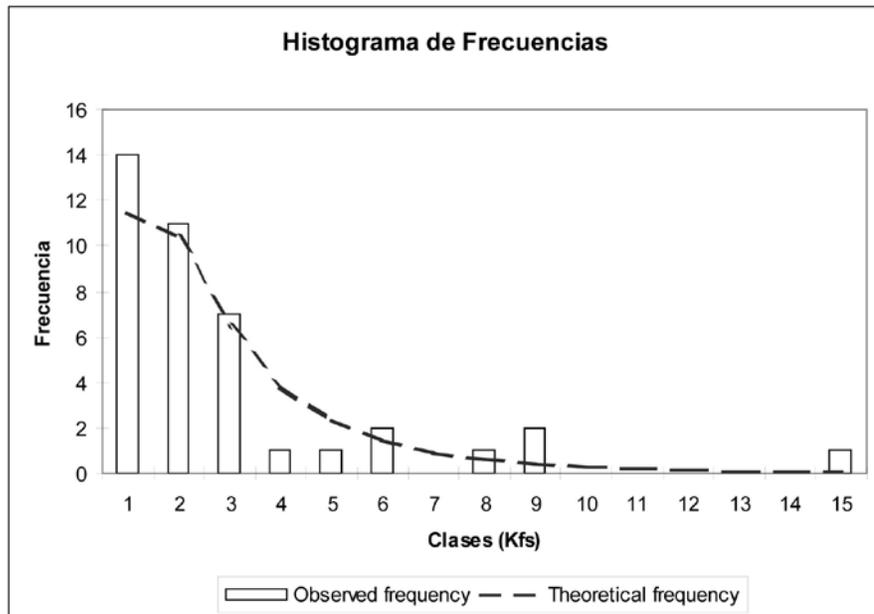


Figura 1. Histograma de la Kfs, frecuencia observada y frecuencia esperada para la distribución Log-Normal.

El variograma del transecto de la conductividad hidráulica saturada de campo superficial (0-6 cm), mostró un efecto pepita puro, esto es sin patrón espacial. La distancia máxima de variación está por debajo de la distancia muestreada (<2 m), fuertemente asociada a la bioturbación de las tuzas.

Los variogramas de resistencia a la penetración mostraron la presencia de una dependencia espacial de esta propiedad a pequeña escala, con rango entre 0.8 y 1.6 m, tope entre $\gamma = 0.64$ y $\gamma = 2.1$, y valores pepita entre $\gamma = 0.24$ y $\gamma = 0.6$, como lo ilustra la Figura 2.

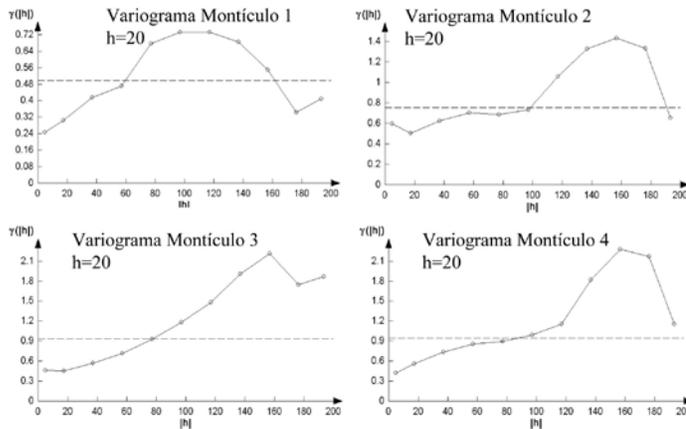


Figura 2. Variogramas de resistencia a la penetración en cuatro montículos (microtransectos de 2 m).

Efecto de las Tuzas en la Kfs

Las pruebas estadísticas indicaron que la Kfs superficial se incrementó como efecto de la actividad de las tuzas (Figura 3A), presentándose diferencia significativa ($P=0.0017$) en los sitios con afectación ($Kfs \mu=586.21 \text{ mm.hr}^{-1}$) y sin afectación ($Kfs \mu=216.75 \text{ mm.hr}^{-1}$). Se encontró además una diferencia significativa ($P=0.00015$) entre la Kfs de superficie ($\mu=311.48 \text{ mm.hr}^{-1}$) y la de profundidad ($\mu=1749.75 \text{ mm.hr}^{-1}$), según se muestra en la Figura 3B. Sin embargo, no se encontró diferencia significativa entre la Kfs del horizonte C, entre los puntos con y sin efecto de las tuzas (Figura 3C). Esto indica que el efecto por la actividad de las tuzas es superficial < 0.36 m.

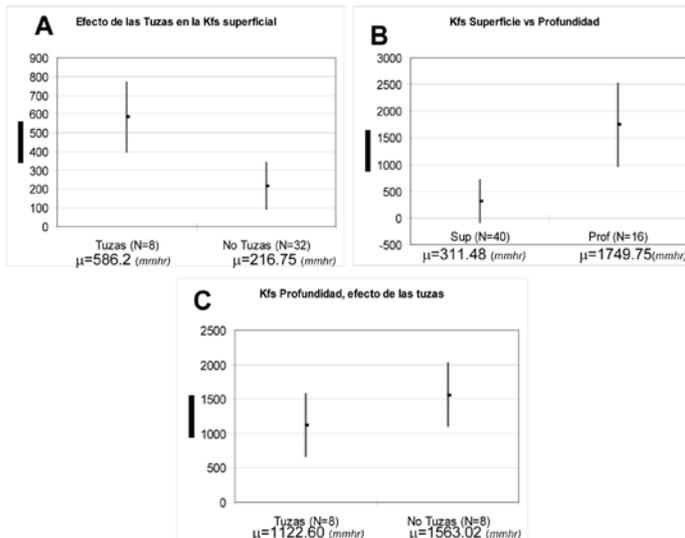


Figura 3. (a) Comparación del cambio en la Kfs como efecto de las tuzas en superficie; (b) diferencias de la Kfs entre superficie y profundidad, y (c) comparación del efecto de las tuzas sobre la Kfs a profundidad.

Magnitud de la Afectación

Si bien el análisis estadístico mostró diferencias entre puntos con efecto de las tuzas y sin ellas, es importante poner en perspectiva la actividad de estos roedores. En las parcelas muestreadas la superficie ocupada por la actividad de tuzas, a nivel superficial (0.0-0.06 m), se encuentra entre el 13.06 y el 23.38 %, con un promedio de 17.67 %. Se pudieron diferenciar dos tipos de estructura, "galería con montículo" y "galería colapsada", siendo más abundantes las primeras.

Estos roedores comúnmente son vistos como una plaga, pero en este caso son parte de los procesos de recuperación y resiliencia de los sistemas naturales. En el sitio de estudio, la conductividad hidráulica saturada se ubicó en 216.75 mm.hr⁻¹ donde no hubo efecto evidente de las tuzas, y de 586.2 mm.hr⁻¹ donde hubo efecto de éstas.

CONCLUSIONES

La bioturbación ocasionada por las tuzas modifica las propiedades físicas del suelo, incrementando la capacidad de infiltración, por lo que puede considerarse como hidrológicamente positiva, ya que el área muestra la formación de un piso de arado y reducción de la capacidad de infiltración por actividades agrícolas y ganaderas. En condiciones donde el material parental es permeable, este tipo de bioturbación puede incrementar el flujo vertical a través de canales preferenciales favoreciendo la recarga local. Sin embargo, en sitios con pendientes pronunciadas, la actividad de las tuzas puede incrementar el riesgo de erosión.

LITERATURA CITADA

Amoozegar, A. 1992. Compact constant head permeameter: A convenient device for measuring hydraulic conductivity. pp 31-42. In: Advances in measurements of soil physical properties: Bringing theory into practice. SSSA Special Publication No. 30.

Bigioggero, B., P. Corona-Chávez, V. H. Garduño-Monroy, E. Carrara, . y L. Lanza. 2003. La "Piedra Cantera" de Morelia desarrollo entre la tradición y la cultura: un acercamiento geológico y una alternativa. pp. 14-42. In. Garduño-Monroy, (ed.). Contribuciones a la Geología e Impacto Ambiental de Morelia. Vol. 1. UMSNH, Morelia, Mich.

Gómez-Tagle Chávez, A., A.F. Gómez-Tagle R., J. Batlle-Sales, H. Zepeda C. y M. Guevara S. 2006a. Infiltrómetro portátil de carga constante y anillo sencillo: aplicación en la caracterización de la conductividad hidráulica saturada de campo. Congreso Internacional Servicios Ecosistémicos en los Neotrópicos estado del arte y desafíos futuros, Valdivia, Chile del 13 al 19 de Noviembre.

Gómez-Tagle Chávez, A., A.F. Gómez-Tagle Rojas, J. Batlle-Sales, H. Zepeda Castro y M. A. Guevara Santamaría. 2006b. IPCCAS: Infiltrómetro de anillo sencillo, aplicación

en la caracterización de la conductividad hidráulica saturada de campo. XXXIII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Memorias, CD-ROM. 18-20 Sept. Cd. Victoria, Tamaulipas, México.

INEGI, 1979. Carta Edafológica 1:50,000, E14A23 Morelia. INEGI, Dirección General de Geografía, Aqs. México, 2a impresión 2002.

López, E., G. Bocco, M. Mendoza, A. Velázquez y J. R. Aguirre-Rivera. 2006. Peasant emigration and land-use change at the watershed level: A GIS-based approach in Central Mexico. *Agricultural Systems* 90 (1-3): 62-78.

Wu, L., L. Pan, J. Mitchell and B. Sanden. 1999. Measuring saturated hydraulic conductivity using a generalized solution for single -ring infiltrometers. *Soil Sci. Am. J.* 63: 788-792.

StatSoft Inc. 1998. STATISTICA for Windows [Computer program manual]. Tulsa, OK: StatSoft, Inc., 2300 East 14th Street, Tulsa, OK. <http://www.statsoft.com>.

Pannatier, Y. 1996. Programa "VARIOWIN: Software for Spatial Data Analysis in 2D," Springer-Verlag, New York, NY.

ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE LAS SUBCUENCAS DE LOS AZUFRES–MIL CUMBRES, MICHOACÁN

*Fabricio Mariano Domínguez, Alberto Gómez-Tagle Ch. y Alberto F. Gómez-Tagle R.
Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales –UMSNH. Av. San Juanito Itzícuaró
Col. Nueva Esperanza. Morelia, Mich. Mex. C. P. 58330. Tel. 327-2350 Ext. 109. Calle Perla
167, Fraccionamiento Real Hacienda Metrópolis 1, Tarímbaro, Mich. Correo electrónico:
fabri_md@yahoo.com.mx*

RESUMEN

El propósito del presente trabajo fue determinar e interpretar los parámetros morfométricos de las subcuencas de los Azufres – Mil Cumbres, ubicadas al este de la Cuenca del Lago de Cuitzeo, que permitan analizar y comprender los elementos geométricos básicos del sistema que ante la presencia de externalidades interactúan para originar procesos geomorfológicos (movimientos en masa) de vertientes y aludes torrenciales. Se realizaron cálculos y mediciones empleando cartas topográficas digitales a escala 1: 50,000, un Modelo Digital de Elevación (1:50,000 resolución 25 m), Sistemas de Información Geográfica y Sistemas de Análisis Digital del Terreno. Como resultados se obtuvo que las áreas (en ha) fluctuaron entre 611.7 (C3) y 13499.0 (C4); la longitud del cauce principal entre 5590.4 m (C3) y 29690.8 m (C1); la pendiente promedio osciló entre 3.7 ° (C1) y 9.43 ° (C5); el orden del cauce principal es 6 (C1), 5 (C2), 4 (C3), 6 (C4), 4 (C5) y 5 (C6); la cuenca 3 presenta la mayor densidad de drenaje con 4.2 km.km⁻², mientras que las pendientes promedio de la cuencas varían de 7.6 (C3) y 18.3 (C5), lo que incrementan la velocidad de las corrientes y la fuerza de arrastre de materiales. Los tiempos de concentración son de 177.8 min (C1), 104.7 min (C2), 36.9 min (C3), 132.7 min (C4), 59.2 min (C5) y 131.6 min (C6). Las cuencas tienen formas alargadas (oval oblonga a rectangular oblonga) en los seis casos, por lo que la probabilidad de experimentar crecidas frecuentes es baja y los tiempos de concentración son mayores en comparación con otros sistemas de igual área pero de forma más circular.

Palabras clave: Elementos geométricos, SIG's, Lago de Cuitzeo.

INTRODUCCIÓN

El análisis morfométrico de una cuenca es de gran importancia para comprender e interpretar su comportamiento morfodinámico e hidrológico, también permite analizar y comprender los elementos geométricos básicos del sistema que ante la presencia de externalidades (precipitaciones extremas por ejemplo), interactúan para originar y/o activar procesos geomorfológicos (movimientos en masa) de vertientes y aludes torrenciales (Méndez y Marcucci, 2006).

Las características físicas de una cuenca forman un conjunto que influye profundamente en el comportamiento hidrológico de dicha zona, tanto a nivel de generación como de respuestas a procesos de la cuenca tomada como un sistema, de modo que el estudio sistemático de los parámetros físicos de las cuencas es de gran utilidad práctica. Con base en ellos es posible transferir cierta información de un sitio a otro donde se carezca de ella, si existe cierta semejanza geomorfológica y climática de las zonas en cuestión (Mantilla et al., 2007).

El reciente desarrollo de programas de computo diseñados para el análisis de cuencas hidrográficas a partir de modelos digitales de terreno, abre un amplio campo de aplicaciones que van desde el análisis, formulación y validación de modelos teóricos sobre su geomorfología hasta su uso en aplicaciones practicas como la estimación de caudales a través del balance hídrico o técnicas de regionalización (Mantilla et al., 2007).

Las subcuencas de Los Azufres-Mil Cumbres, Michoacán, son drenadas por una gran cantidad de pequeños arroyos que alimentan diversos ríos que son aprovechados para diversos fines (agrícolas, recreación, pecuario) a lo largo de su recorrido, sin embargo, las pendientes presentes en la zona representan riesgos potenciales de grandes avenidas que pone en riesgo a los habitantes de esas regiones así como algunas de sus actividades, por lo que se propone en este trabajo determinar los parámetros morfométricos básicos que nos permitan determinar el estado en que se encuentra el área.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se ubica al este de la Cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán (Figura 1). Con el empleo de Sistemas de Información Geográfica (SIG), cartas topográficas en formato digital, vectoriales de curvas de nivel y red hidrológica, se delimitó el área de estudio con base en las corrientes principales de la zona (Figura 1). A partir de la cartografía digitalizada del área de estudio y empleando la herramienta SIG (Arc View, versión 3.2; Cartalinx, versión 1.2; TAS versión 1.6.7 (Terrain Analysis System; Lindsay, 2005), e IDRISI32, versión 132.02), se calcularon los parámetros morfométricos básicos puntuales, lineales y pendientes de la cuenca y de su red de drenaje (FAO, 1985). Otros parámetros se obtuvieron por medio de las ecuaciones matemáticas que los definen. En el Programa Cartalinx se digitalizaron los límites de las subcuencas, se exportaron al SIG Arc View y se convirtieron a un formato .SHP y se visualizaron las ortofotografías del área de estudio. En el ambiente IDRISI, se importó este archivo .SHP y se convirtió en un archivo raster (.rst), se obtuvieron las orientaciones de las subcuencas y se trabajó con un MDE (Modelo Digital de Elevación

1:50,000 con resolución de 25 m), en el TAS se importó esta información y se derivó la red hidrográfica empleando un algoritmo de flujo (D.8), a partir del MDE y los límites de la zona; se obtuvieron los órdenes de corriente de Strahler, se calcularon los parámetros morfométricos básicos, se obtuvieron las curvas hipsométricas y se localizaron los cauces principales de los que se obtuvieron sus parámetros principales. Con las fórmulas de Kirpich y la Californiana, citados por Méndez y Marcucci (2006), se calcularon los tiempos de concentración para cada una de las subdivisiones del área de estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron seis subdivisiones (Figura 1), a las cuales denominamos como Zinapécuaro (1), Los Cedros – Jucapátaro (2), Laguna Agua Azul (3), Queréndaro (4), Cañada del Agua (5) y Los Naranjos – La Tinaja (6). Con respecto a lo extenso de las subdivisiones del área de estudio (Cuadro 1), se tiene que el área de captación del Río Zinapécuaro y Queréndaro corresponde a una subcuenca, mientras que las de los Cedros – Jucapátaro, Laguna Agua Azul, Cañada del Agua y Los Naranjos – La Tinaja, corresponden a microcuencas.

Cuadro 1. Tipos de cuencas según la superficie (Marín et al. (2005).

Área (ha)	Tipo de Cuenca	Tamaño
Menos de 10.00	Microcuenca	Pequeña
Entre 10.001 y 60.00	Subcuenca	Mediana
Mayores de 60.001	Cuenca	Grande

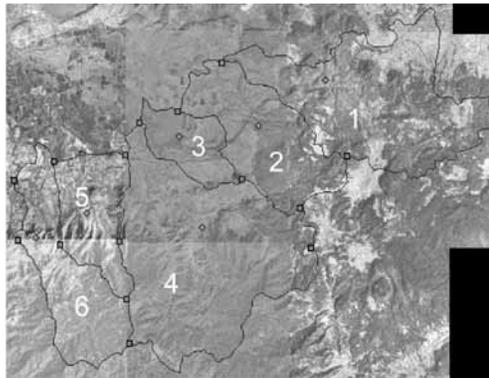


Figura 1. Área de estudio.

Los órdenes de las áreas de captación obtenidos fueron los siguientes: subcuencas 1 y 4 de orden 6; microcuencas 2 y 6 de orden 5, y microcuencas 3 y 5 de orden 4. La red de drenaje corresponde a un tipo dendrítico principalmente (subcuenca 1 y 4, y microcuencas 2 y 6) y de tipo paralelo (microcuencas 3 y 5). Los parámetros morfométricos obtenidos se muestran en el Cuadro 2. Las curvas hipsométricas muestran que la microcuenca 3 (Figura 2), de acuerdo con el ciclo de erosión de Strahler (Llamas, 1993), se encuentra en una fase de juventud con

un gran potencial erosivo y con ríos jóvenes, mientras que las demás subcuencas y microcuencas se encuentran en una fase de equilibrio o madurez (Figura 3) con ríos maduros.

Cuadro 2. Estadísticas morfométricas de las subcuencas y microcuencas analizadas.

Parámetro	Subcuenca 1	Micro cuenca 2	Micro cuenca 3	Subcuenca 4	Micro cuenca 5	Micro cuenca 6
Área, ha	10298.32	3319.60	611.68	13498.92	1747.68	5227.32
Perímetro, m	77800	33840	15760	74700	30360	52740
Longitud, m	20112	9839.1	4479.7	16242.2	9112.7	15522.6
Factor de forma	0.255	0.343	0.305	0.512	0.21	0.217
Forma de cuenca	3.928	2.916	3.281	1.954	4.751	4.609
Relieve máx:	1349.05	848.93	534.50	1341.47	1098.84	1112.39
Kc (Coef. comp)	2.15	1.64	1.78	1.8	2.03	2.04
Alt min	1876.70	1897.17	1846.31	1832.86	1867.22	1848.00
Alt max	3227.94	2749.15	2380.54	3181.26	2962.94	2965.60
Alt promedio	2511.87	2375.96	2194.45	2449.36	2313.52	2305.43
Pend min	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
Pend max	45.97	49.30	34.68	49.91	51.93	50.85
Pend promedio	12.15	14.30	7.63	17.58	18.31	17.17
Radio de bifurcación						
orden 1	4.908	3.791	3.615	4.351	6.167	4.277
orden 2	4.548	4.3	4.333	4.372	4.0	5.0
orden 3	3.444	5.0	3.0	4.3	3.0	4.333
orden 4	4.5	2.0	Sin Dato	5.0	Sin dato	3.0
orden 5	2.0	Sin dato		2.0		Sin dato
Longitud (km)						
orden 1	248.11	66.50	14.18	269.69	25.83	102.22
orden 2	80.48	27.43	5.87	97.75	11.94	45.83
orden 3	36.45	9.03	3.77	62.87	10.57	16.83
orden 4	21.82	11.62	2.10	26.21	3.19	3.36
orden 5	13.35	3.85		16.73		17.42
orden 6	9.54			6.83		
Long total	409.75	118.45	25.94	480.11	51.54	185.67
Densidad de drenaje (km km⁻²)						
orden 1	2.40	2	2.31	1.99	1.47	1.95
orden 2	0.78	0.83	0.96	0.72	0.68	0.87
orden 3	0.35	0.27	0.61	0.46	0.60	0.32
orden 4	0.21	0.35	0.34	0.19	0.18	0.06
orden 5	0.12	0.12		0.12		0.33
orden 6	0.09			0.05		
Dens dren total	3.97	3.57	4.24	3.55	2.94	3.55
Pendientes promedio de cada orden						
orden 1	7.64	10.126	5.498	11.56	13.79	11.211
orden 2	5.615	8.261	4.002	8.063	7.422	7.744
orden 3	3.646	5.961	5.505	5.387	3.714	4.859
orden 4	2.971	2.538	6.899	3.86	3.075	1.883
orden 5	2.756	2.857		1.887		1.427
orden 6	1.469			1.402		
Densidad de corrientes (km³)						
orden 1	6.72	4.91	7.68	6.06	4.23	5.32
orden 2	1.37	1.3	2.13	1.39	0.69	1.24
orden 3	0.3	0.3	0.49	0.32	0.17	0.25
orden 4	0.09	0.06	0.16	0.07	0.06	0.06
orden 5	0.02	0.03		0.01		0.02
orden 6	0.01			0.01		

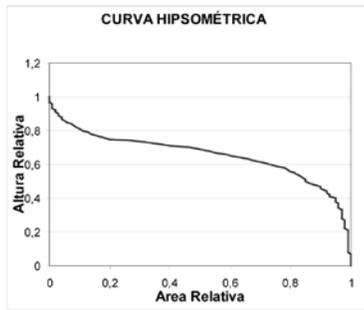


Figura 2. Curva hipsométrica de la microcuenca 3

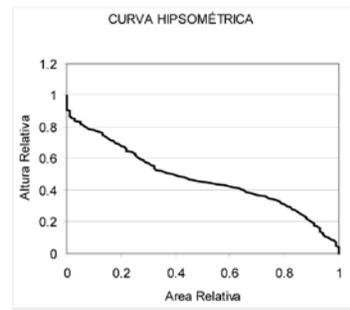


Figura 3. Curva hipsométrica de la subcuenca 1

Los parámetros de los cauces principales de la zona de estudio se resumen en el Cuadro 3. Silva (1999) propuso que se designe el término río a aquellos cauces que presenten 20 km de longitud como mínimo y por el contrario, aquellos que tengan longitudes por debajo de éstos, se denominen quebradas, de acuerdo con esto, tenemos cauces principales que corresponden a ríos (subcuenca 1 y 4, y microcuenca 6) y quebradas (microcuenca 2, 3 y 5) en el área de estudio (Cuadro 3), los cuales por su pendiente representan riesgos potenciales de grandes avenidas.

Cuadro 3. Parámetros calculados para los cauces principales.

Parámetro	Subcuenca s	Microcuenca 1	Microcuenca 2	Microcuenca 3	Subcuenca 4	Microcuenca 5	Microcuenca 6
Hmin	1878.00	1897.17	1846.31	1837.44	1867.22	1848.97	1848.97
Hmax	2977.00	2740.16	2330.69	2517.68	2856.64	2769.57	2769.57
Hmedia	2367.28	2240.34	2144.96	2134.67	2202.54	2112.88	2112.88
Long (m)	29690.48	16096.46	5590.43	23036.94	10691.96	21475.93	21475.93
Δh	1099.00	842.99	484.37	680.24	989.42	920.60	920.60
Pend Max	42.61	67.91	43.27	41.25	66.58	60.91	60.91
Pend Min	0.00	0.00	0.02	0.00	0.09	0.00	0.00
Pend Prom	3.70	6.64	8.73	3.91	9.43	5.35	5.35

Un parámetro de gran importancia dentro de la morfometría de las cuencas es el tiempo de concentración (T_c), que es el tiempo que idealmente tomaría una gota de agua en recorrer la distancia comprendida desde el punto más extremo de la cuenca, hasta el desagüe final de la cuenca (Cuadro 4). Los tiempos obtenidos oscilaron entre 36.94 min hasta 177.79 min para las cuencas 3 y 1, respectivamente, lo que está relacionado con el tamaño de cada una; estos resultados se asemejan a lo reportado por Fuentes (2004), para las cuencas del Parque Nacional Pico de Tancítaro; de acuerdo con el mismo autor, la microcuenca 3 corresponde a un T_c rápido, la microcuenca 5 a un T_c moderado y las demás a un T_c lento.

Cuadro 4. Tiempos de concentración (min) de las cuencas calculadas con las formulas de Kirpich y Californiana.

Cuencas	Kirpich	Californiana
1	177.79 min	177.11 min
2	104.69	104.29
3	36.94	36.8
4	132.74	132.23
5	59.24	59.02
6	131.58	131.07

CONCLUSIONES

El empleo del SIG facilita el cálculo de los principales parámetros morfométricos de las cuencas y permite ahorrar tiempo. La red hidrográfica derivada con el programa TAS (dependiendo de la resolución del MDE), fue muy precisa, las verificaciones de campo así lo demuestran, aunque es necesario aclarar que presenta problemas en las partes planas. Las pendientes promedio de la zona de estudio en general son fuertes por lo que representan riesgos potenciales de grandes avenidas. Los valores de densidad de drenaje indican cuencas drenadas eficazmente. Las curvas hipsométricas muestran subcuencas y microcuencas en una fase de equilibrio con ríos maduros, excepto la microcuenca 3 que se encuentra en una fase de juventud con un gran potencial erosivo. Por el Kc las cuencas tienen formas de oval oblonga a rectangular oblonga en los seis casos.

LITERATURA CITADA

ArcView GIS, Versión 3.2. 1998. Environmental Systems Research Institute, Inc.

CartaLinx, Versión. 1.2. 1999. The Spatial Data Builder. Clark Labs. Clark University, Worcester MA, USA.

Fuentes, J. 2004. Análisis morfométrico de cuencas: Caso de estudio del Parque Nacional Pico de Tancitaro. http://www.ine.gob.mx/dgoece/cuencas/download/morfometria_pico_tancitaro.pdf(Consultado el 07 /09/2007).

FAO. 1985. Manual de ordenación de cuencas. Serie Montes No. 35 FAO. Roma, Italia. pp. 134. In: Parque Ecológico Distrital de Montaña Entrenubes. Tomo 1. Componente Biofísico. Hidrología. http://www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/pdf/pdf_entrenubes/a10.pdf. (Consultado el 17/09/2007).

IDRISI32. 2000. Clark Labs. Clark University, Worcester MA, USA.

Lindsay, J. B. 2005. The Terrain Analysis System: A tool for hydro-geomorphic applications. *Hydrological Processes* 19(5): 1123-1130.

Llamas, J. 1993. "Hidrología general: Principios y aplicaciones". Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco.

Mantilla R., O. J. Mesa y G. Poveda. 2007. Geometría, topología y morfometría de la cuencas Magdalena - Cauca y Atrato a partir de modelos digitales de terreno http://cires.colorado.edu/~ricardo/papers/GeomTopol_CALI.pdf. (Consultado el 10/09/2007).

Marín P., J. A., M. J. G. Guevara, S. J. M. Agudelo, B. J. Ramírez, G. F. Chico y F. Anturí. 2005. Morfometría y clima de la Cuenca de la Quebrada la perdiz del municipio de Florencia. <http://www.uniamazonia.edu.co/portal/perdiz/index.htm> (Consultado el 31/07/ 2008).

Méndez, W. y E. Marcucci. 2006. Análisis morfométrico de la microcuenca Quebrada Curucutí, estado de Vargas – Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana* 47(1): 29–55. http://www.accessmylibrary.com/coms2/summary_0286-32146975_ITM. (Consultado el 3/09/2007).

Silva G., A. 1999. Análisis hidrográfico e hipsométrico de la cuenca alta y media del río Chama, estado Mérida, Venezuela. <http://www.saber.ula.ve/db/ssaber/Edocs/pubelectronicas/revistageografica/vol40num1/articulo40-1-1.pdf>. (Consultado el 07/09/2007).

ANÁLISIS MORFOMÉTRICO Y DELIMITACIÓN DE UNIDADES AMBIENTALES HOMOGÉNEAS DE LA SUBCUENCA HIDROGRÁFICA UMÉCUARO-LOMA CALIENTE

Mario A. Guevara Santamaría¹ y Alberto Gómez Tagle Chávez²
1 Facultad de Biología UMSNH; 2 INIRENA, UMSNH.
E-mail: gaiakyaman@gmail.com

RESUMEN

Se realizó un análisis morfométrico y cartográfico de la cuenca hidrográfica de Umécuaro-Loma Caliente con el objetivo de definir las principales unidades ambientales homogéneas y cuantificar sus dimensiones utilizando los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como base de procesamiento (Cartalinx versión 1.04; Idrisi Kilimanjaro versión 14.1; ANUDEM 4.6.3; ArcView GIS). Se generaron mapas de uso de suelo-vegetación, geomorfología, geología, tipo de suelo y pendiente verificados en campo y corregidos. Las unidades homogéneas fueron derivadas sobreponiendo las distintas capas y aplicando el criterio de área mínima cartografiable para la generalización espacial. Los campos agrícolas ocupan la mayor superficie dentro de la cuenca, principalmente en lomeríos suaves de origen volcánico. En los parteaguas se concentra la mayor cantidad de superficie boscosa, así como las pendientes más accidentadas, por sus geoformas de volcán en escudo y montañas erosionadas. Existen zonas con vegetación secundaria que están distribuidas de manera irregular en la cuenca, también se detectaron pequeñas zonas de renoval en el extremo noroeste de la cuenca. El uso pecuario es evidente en gran parte de la superficie. Fueron observadas plantaciones de aguacate sobre suelos derivados de cenizas volcánicas en las partes altas, así como manantiales perennes en las partes bajas cercanas al límite sur. Concluimos que los SIG son una herramienta que permite economizar tiempo y costo, ya que facilita el análisis morfométrico y la sistematización de información espacial. Sin embargo, la verificación de campo es indispensable dado que el cambio de uso de suelo modifica patrones naturales y la cuantificación de sus efectos detalladamente permite enriquecer los criterios de

ordenamiento para definir zonas prioritarias de manejo y conservación. La información generada servirá como base de monitoreo y podrá ser comparada con otras cuencas, considerando similitudes con las condiciones del medio físico y la problemática.

Palabras clave: Unidades ambientales homogéneas, ordenamiento territorial, plantaciones de aguacate, deforestación.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de diversas fuentes digitales de información y herramientas para el análisis de la superficie de la tierra, generó un gran avance conceptual y metodológico que facilita la representación de diversos atributos del terreno que inciden sobre las funciones y procesos vitales de los ecosistemas terrestres (Kienzle, 2004; Moizo-Marrubio, 2004). Tal es el caso de las relaciones funcionales que presenta el relieve topográfico con las fuerzas que mantienen las prácticas actuales de manejo, que conducen a la sobreexplotación y la pérdida de recursos naturales.

El relieve topográfico puede ser representado mediante la generación de modelos digitales de elevación (MDE), los cuales son representaciones numéricas digitales de la distribución de la altitud en un ámbito espacialmente definido. Son herramientas útiles que permiten representar y modelar procesos controlados por la topografía. Sin embargo, su eficiencia o capacidad predictiva esta limitada por la disponibilidad de datos en zonas de difícil acceso, de ambientes remotos o poco estudiados. Esto hace a la verificación en campo una prioridad. Por otra parte, es necesario considerar la empatía y calidad de los datos con los requerimientos del SIG, la aplicación deseada o la elección correcta de la resolución y mecanismos de interpolación; para una mayor explicación de este tema, el lector puede consultar los trabajos de Felicísimo (1994), Wilson y Gallant (2000a), y Hengl (2006).

De acuerdo con Dourojeanni et. al. (2002), la unidad más adecuada para la gestión integral de recursos hídricos es la cuenca hidrográfica; Campos-Aranda (1992) la define como una delimitación conceptual del territorio geográfico determinado por la dirección común de escurrimientos desde una zona de captación hasta una salida. De forma independiente o interconectada con otras, Mass y García-Oliva (1990) la reconocen como una delimitación que funciona como la unidad mínima de planeación eficiente y manejo de agua.

Para este estudio, con una perspectiva de cuencas hidrográficas, se planteó como objetivo generar una delimitación de unidades ambientalmente homogéneas mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG), a partir de un análisis morfométrico, una descripción hidrológica y un análisis cartográfico del sistema. Además, el de crear una base de datos como referencia para monitoreo, estudios y aplicaciones posteriores relacionados con la valoración de servicios ambientales y planificación territorial dentro de la cuenca Umécuaro-Loma Caliente, Michoacán.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

La zona de trabajo está ubicada dentro de la Región Hidrográfica número 12 Lerma-Chapala-Santiago en el centro de México, aproximadamente 14 km al suroeste de la ciudad de Morelia, Michoacán. Específicamente conforma la subcuenca de las presas de Umécuaro-Loma Caliente, que pertenece a la cuenca del Lago de Cuitzeo (Figura 1). Corresponde a la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico Transmexicano cerca de la frontera con la depresión del Río Balsas y forma parte de la provincia florística de las serranías meridionales, donde las asociaciones vegetales naturales predominantes son el bosque de Pinus, bosque de Quercus y bosques mixtos y en menor proporción humedales, pastizales y matorrales.

Presenta un clima templado sub-húmedo, $(Cb)(w^2)(w)(\bar{r})(g)$, con una precipitación de 881.3 mm y una temperatura promedio anual de 15.1 °C. Los suelos presentes en el área son en su mayoría, derivados de materiales volcánicos en diversas etapas de desarrollo sobre estructuras geológicas asociadas a la formación del cinturón volcánico; el uso de suelo es principalmente agrícola y pecuario.

Metodología

La delimitación de la subcuenca se realizó utilizando la cortina de la presa, porque la intensidad del flujo del cauce de cuarto orden que se forma al converger los dos cauces principales (cerca de la cortina), está determinado por los niveles del cuerpo de agua y controlado por operadores específicos, lo cual modifica la tendencia natural de escurrimiento desde la cortina de la presa hacia las zonas bajas.

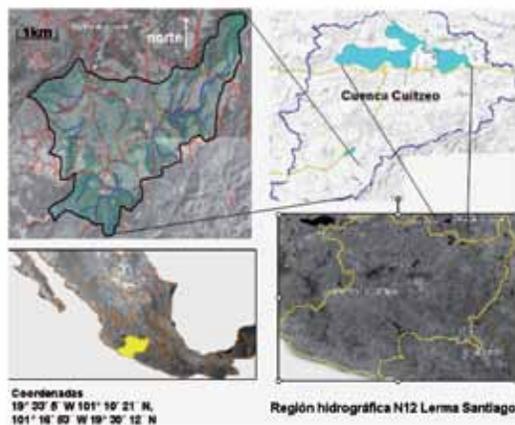


Figura 1. Ubicación de la zona de trabajo

Se generó un MDE que cuenta con una resolución de 15 m determinado con los criterios de Hengl (2006), para análisis de terreno (la resolución recomendada por el autor es igual a la longitud acumulada de las curvas de nivel dividida entre la superficie total de la cuenca). El mecanismo de interpolación empleado fue el

algoritmo ANUDEM 4.6.3 (Australian National University Digital Elevation Model desarrollado por Hutchinson (1988, 1989), citando por Wilson y Gallant (2000a), con la plataforma de visualización del SIG IDRISI32 (2000) y la información digital escala 1:20000 de la altimetría desarrollada por SIGSA (2007) en formato vectorial (curvas de nivel cada 20 m). Este procedimiento permite remover la presencia de artefactos que modifiquen la dirección esperada de los escurrimientos o dimensiones reales de zonas de captación.

Posteriormente, se realizó un análisis morfométrico e hipsométrico y una descripción de la red hidrográfica de la cuenca de forma automatizada a partir del procesamiento del MDE, obteniéndose valores para los siguientes parámetros: descripción altitudinal (altura máxima, media y mínima), pendiente (usando la clasificación propuesta por Campos-Aranda, 1992), exposición (en ocho rumbos cardinales), área y perímetro de la cuenca, coeficiente de compacidad, relación de elongación, frecuencia de corrientes, ejes menor y mayor, ancho promedio, longitud, pendiente y perfil de los cauces principales. La determinación de estos parámetros morfométricos fue empleando el SIG IDRISI32 (2000). La red hidrográfica y la curva e integral hipsométricas fueron generadas empleando el SIG Terrain Analysis System (TAS) 1.6.7 (Lindsay, 2005). La elección de los parámetros fue determinada a partir de los trabajos de Campos-Aranda (1992), Willgoose y Hancock (1998), Silva (1999), Wilson y Gallant (2000b), y Méndez y Marcucci (2006).

Se realizó un análisis de foto interpretación con estereoscopio y pares de fotos aéreas escala 1:40000, para definir y caracterizar de acuerdo con su forma y estructura las diversas formas del relieve dentro de la cuenca. Posteriormente, la información fue digitalizada mediante la ubicación directa de rasgos y características de las estructuras identificadas con las ortofotografías escala 1:75000 como base en el SIG CartaLinx 1.2 (1999). Sobre estas ortofotos también fueron digitalizados los polígonos de uso de suelo y vegetación, la tipología generada es sencilla y basada en la concentración de características de uso principales y asociaciones vegetales que conforman la fisonomía del paisaje. Ambas capas fueron verificadas en campo y corregidas.

Fue recortada para la cuenca la información digital de las cartas geológicas y edafológicas oficiales (DETENAL, 1978; 1979) empleando el SIG Arc View (1998). Debido a que la información generada por DETENAL (cartas geológicas y edafológicas e14a23 y 33; 1978, 1979) se encuentra a una escala de 1:50000, y para evitar desfases espaciales por el uso de insumos de diversas escalas de información, los polígonos fueron verificados en campo mediante la exploración directa de suelo y materiales geológicos reajustados. Por último, fue derivada del MDE empleando el SIG IDRISI32 (2000), una capa que representa la distribución espacial de las siete clases de pendientes propuestas por Campos-Aranda (1992).

La capa geomorfológica, la de uso de suelo y vegetación, la geológica, la edafológica y la de pendientes fueron convertidas a un formato *.shp y ubicadas en la misma vista del SIG Arc View (1998) para su sistematización espacial. Las capas fueron procesadas como insumos para un análisis de álgebra de mapas, mediante una sobreposición de polígonos obteniendo así una delimitación espacial de unidades ambientalmente homogéneas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Modelo Digital de Elevación

La Figura 2 muestra el MDE con el límite de la cuenca y la estructura de la red hidrográfica. Las dos estructuras morfogénéticas principales que regulan los límites de la cuenca son: el volcán en escudo “la Trampa” al oeste (con una falla geológica que lo atraviesa dirección suroeste-noreste) y la caldera de Atécuaro al noreste. Esta interacción promueve la presencia de dos cauces principales de orden 3 (Figura 3), dentro de la zona de estudio.

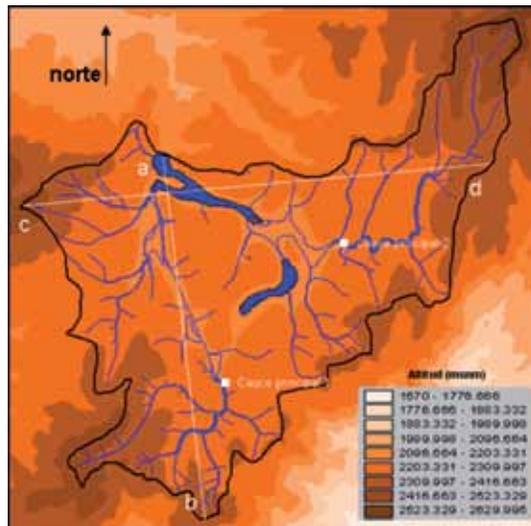


Figura 2. Modelo digital de elevación mostrando límite de la cuenca, eje mayor (a-b), eje menor (c-d), tributarios principales y red hidrográfica.

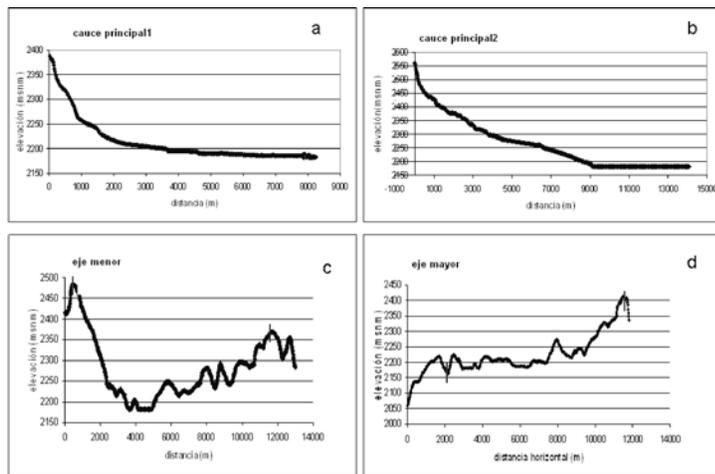


Figura 3. Perfiles topográficos de los cauces principales, y ejes mayor y menor.

También hay una zona con relieve endógeno modelado en forma de montañas erosivas que regula una pequeña porción del límite sur de la zona de trabajo. El parteaguas restante corre a lo largo de diversas coladas de lava suavizadas con ceniza volcánica. Estas estructuras están cubiertas principalmente por campos agrícolas y barbechos, (ambos con montículos de tuzas), bosques mixtos y en pequeños parches, matorral secundario dispersado por ganado (Ejem. tejocote, *Crataegus pubescens*, huisache *Acacia farnesiana* y pastizal secundario).

La cuenca estudiada es pequeña, sin embargo, es muy importante para la captación hídrica del agua que consume la ciudad de Morelia y diversos sectores de zonas bajas, por tanto, es una zona prioritaria para su conservación y restauración. El Cuadro 1 muestra algunos atributos morfométricos de la cuenca derivados del MDE.

Parámetro	Dimensión
Área	5731.25 ha
Perímetro	46781.71 km
Coefficiente compacidad	1.74
Relación de elongación	1
Intervalo altitudinal	412 m (2180-2592 msnm)
Pendiente	Promedio de 7.7° (17.11%); min 1° (2%) y máx 56.67° (125.83%)
Exposición	Oeste y este con mayor superficie, min Cenital
Red de Drenaje	Tipo sub dendrítico
Densidad de drenaje	3.85 km km ⁻²
Frecuencia de corrientes	Primer orden, 93; segundo, 20; tercero, 4
Origen tectónico –volcánico	Relieve suavizado por cenizas volcánicas
Eje mayor	8326.20 m
Eje menor	11014.68 m

Cuadro 1. Parámetros morfométricos de la subcuenca de la presa Umécuaro-Loma Caliente.

La red de drenaje esta distribuida en cauces largos y ligeramente disectados de primero a tercer orden (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características de la red de drenaje.

Orden	Frecuencia	Longitud	Radio de bifurcación
1	93	56616.3 m	0
2	20	27747.4	2.04
3	4	7359.3	3.77

La curva hipsométrica generada para la cuenca de estudio (Figura 4), indica que las altitudes mayores ocupan menor superficie que las altitudes menores, y la integral hipsométrica indica que el 23% de la cuenca permanece no erosionada. La forma de la curva no coincide con la edad, debido a que las estructuras geológicas dominantes presentan formas de coladas de lava con un relieve suavizado por cenizas volcánicas, que expresan la forma de un relieve maduro típico en un periodo corto de tiempo.

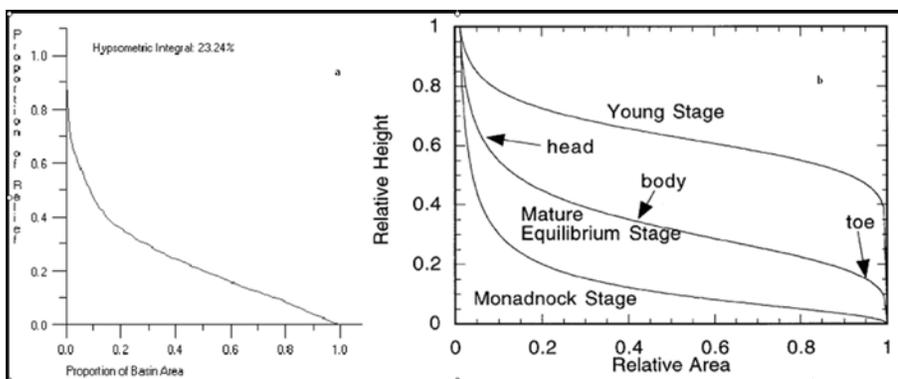


Figura 4. (a) Curva e Integral hipsométrica de la cuenca de Umécauro-Loma Caliente generada con el SIG TAS; (b) Clasificación de Strahler (extraída de Willgoose y Hancock, 1998).

Encontramos que el libre pastoreo incide de manera irregular compactando los suelos de la cuenca sobre todo su territorio, por lo que es necesario tomar medidas de ordenamiento que restrinjan el acceso de ganado a los bosques restantes y zonas riparias. Para una explicación completa de los efectos del ganado sobre algunos procesos naturales recomendamos el trabajo de Trimble y Mendel (1995), quienes consideran al ganado como un agente geomorfológico que puede tener efectos irreversibles sobre la calidad y cantidad de servicios hidrológicos que proporcionan los ecosistemas.

Los campos agrícolas ocupan 3382.3 has (59.1% de la superficie total), de estas, 1959.1 has (34 % del total) están ubicados en terrenos con pendientes igual o mayores a 15 % (6.75°), como lo muestra la Figura 5.

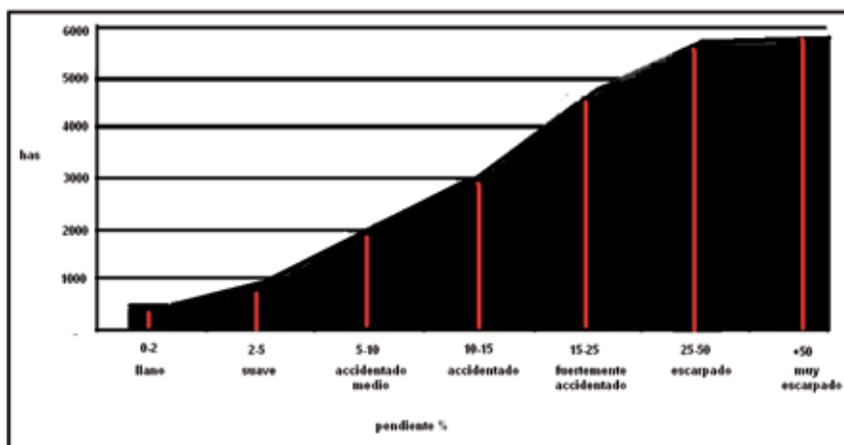


Figura 5. Pendientes en siete clases propuestas por Campos-Aranda (1992), y superficie acumulada de cada clase dentro de la subcuenca de Umécauro-Loma Caliente.

Los análisis morfométricos permiten generar información que puede ser útil en el conocimiento de los potenciales hidrológicos y morfodinámicos de las cuencas y su evolución de manera paralela con los efectos del cambio de uso de suelo y su influencia sobre la composición y estructura de las comunidades vegetales (Méndez y Marcucci, 2006). La sobreposición de mapas permitió generar una delimitación espacial de unidades ambientalmente homogéneas con cinco elementos clave en la estructura del paisaje y su potencial productivo.

La base de datos resultante está conformada por 508 ambientes diferentes en al menos en una de las variables sobrepuestas, en un mosaico irregular conformado por 1307 polígonos mayores al área mínima cartografiada determinada para el presente trabajo de 6400 m² como lo muestra la Figura 6. La información generada podrá ser comparada con otras cuencas debido a que las condiciones del medio físico y la problemática en la subcuenca estudiada son comunes en México. En relación con la ganadería, la subcuenca de Umécuaro-Loma Caliente es representativa del proceso mundial de especialización reportado por Steinfeld et al. (2006).

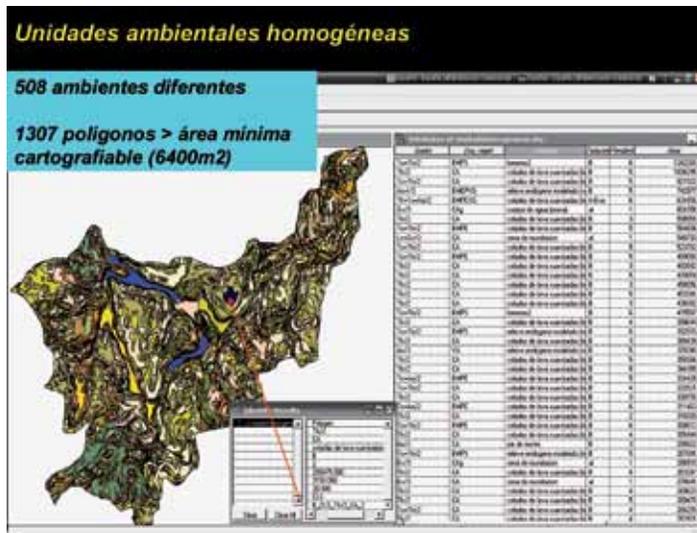


Figura 6. Vista de la base de datos resultante.

CONCLUSIONES

Se caracterizó la zona de trabajo para determinar la distribución espacial de los elementos que conforman el paisaje y con esto, otorgar bases cuantitativas para un manejo integrado y eficiente de recursos naturales. Los campos agrícolas ocupan la mayor superficie dentro de la cuenca. El uso pecuario es evidente en todos los ambientes. Existen zonas con vegetación secundaria que están distribuidas de manera irregular en toda la cuenca, también se detectaron pequeñas zonas de renoval en el extremo NW. En las partes altas, se concentra la mayor cantidad de bosque, así como las pendientes más accidentadas. Las actividades productivas en la cuenca

son de carácter no sustentable y los ecosistemas que soportan las diversas unidades ambientales presentan una fragilidad diferencial a la influencia humana. Especial atención requieren las plantaciones de aguacate relativamente jóvenes sobre suelos derivados de ceniza volcánica en las partes altas así como manantiales perennes en las partes bajas cercanas al límite sur.

Queda disponible información básica y útil a escala de parcela para la gestión y planificación territorial, monitoreo, análisis de impacto y mitigación de las actividades o asentamientos humanos que modifican patrones en la cuenca desde una perspectiva real de procesos naturales en sistemas socio-ambientales. Estrategias y acciones que garanticen la disponibilidad de recursos naturales mediante la recuperación de sistemas degradados y que dirijan los procesos de planeación adaptable a un manejo con tendencias sustentables y sostenibles, requieren de un enfoque multidisciplinario y trans-escalar, de carácter sistémico y participativo, desde una perspectiva histórica.

LITERATURA CITADA

Arc View, versión 3.1. 1998. Environmental Systems Research Institute, Inc.

Campos-Aranda, D. F. 1992. Procesos del Ciclo Hidrológico. Editorial Universitaria Potosina, San Luis Potosí, S.L.P.

CartaLinx, versión 1.2. 1999. The Spatial Data Builder. Clark Labs. Clark University, Worcester MA, USA.

Dourojeanni, A., A. Jouravlev y G. Chávez. 2002. Gestión del agua a nivel de cuencas: Teoría y práctica. Serie Recursos Naturales e Infraestructura (47). División de Recursos Naturales e Infraestructura. CEPAL. Chile.

DETENAL 1978 y 1979. Cartas geológicas y edafológicas E14A23 Y E14A33 Morelia y Villa Madero, escala: 1:50000. Dirección General de Geografía, Aguascalientes, México.

Felicísimo, A. M. 1994. Modelos digitales del terreno: Introducción y aplicación a las ciencias ambientales (<http://www.etsimo.uniovi.es/~feli>).

García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5ª Ed. Instituto de Geografía, UNAM. D.F. México. 90 pp.

Hengl, T. 2006. Finding the right pixel size. Computers and Geosciences 32(9): 1283-1298.

IDRISI32. 2000. Clark Labs. Clark University, Worcester MA, USA.

Kienzle, S. 2004. The effect of DEM raster resolution on first order, second order and compound –terrain derivatives. Transactions in GIS 8(1): 83-111.

Lindsay, J. B. 2005. The Terrain Analysis System: A tool for hydro-geomorphic applications. Hydrological Processes 19(5): 1123-1130.

Mass, J. M. y F. García-Oliva. 1990. La conservación de los suelos en las zonas tropicales: El caso de México. *Ciencia y Desarrollo* 25: 21-36.

Méndez, W. y E. Marcucci. 2006. Análisis morfométrico de la microcuenca Quebrada Curucutí, estado de Vargas – Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana* 47(1): 29–55. http://www.accessmylibrary.com/coms2/summary_0286-32146975_ITM Consultado el 3/09/2007.

Moizo-Marrubio, P. 2004. La percepción remota y la tecnología SIG: una aplicación en la ecología del paisaje. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica, GeoFocus* 4:1-24.

Silva G., A. 1999. Análisis hidrográfico e hipsométrico de la cuenca alta y media del río Chama, estado Mérida, Venezuela. <http://www.saber.ula.ve/db/ssaber/Edocs/pubelectronicas/revistageografica/vol40num1/articulo40-1-1.pdf>. (Consultado el 07/09/2007).

SIGSA. 2007. *Sistemas de Información Geográfica* (<http://www.sigsa.info/>). México, DF.

Steinfeld, H., P. Gerber, T. Wassenaar, V. Castel, M. Rosales and C. de Haan. 2006. *Livestock's long shadow: Environmental issues and options*. FAO-LEAD, Roma.

Trimble, S. W. and A. C. Mendel. 1995. The cow as a geomorphic agent—A critical review. *Geomorphology* 13: 233–253.

Wilson, J. P. and J. C. Gallant. 2000a. Digital terrain analysis. pp. 1-27. In: Wilson, J.P. & J.C. Gallant (eds.). *Terrain Analysis: Principles and Applications*. John Wiley & Sons, New York.

Wilson, J. P. and J. C. Gallant. 2000b. *Terrain analysis: Principles and applications*. John Wiley & Sons, New York.

Willgoose, G. and G. Hancock. 1998. Revisiting the hypsometric curve as an indicator of form and process in transport-limited catchment. *Earth Surface Processes and Landforms* 23(7): 611–623.

PROCESOS DE FORMACIÓN EN SUELOS AL SURESTE DE LA SUBCUENCA DE COINTZIO, MICHOACÁN

María Alcalá De Jesús¹, Christian Prat², Adriana Ramos Ramírez¹, Claudia Hidalgo Moreno³, Arcelia Cabrera González¹ y Víctor H. Garduño Monroy¹
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2 IRD-LTHE, Francia; 3 Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. México.
E-mail: maalcala@terra.com.mx

RESUMEN

El suelo es un recurso natural fácil de deteriorar y con frecuencia es redistribuido. Éste recurso constantemente cambia y se desarrolla, lo que origina su diferenciación horizontal y vertical; en ésta última se encuentran los horizontes o capas, resultado de los procesos formadores del suelo. Los horizontes superficiales se transforman por el cambio de uso, perdiendo propiedades físicas como la estructura por efectos de labranza o el espesor por el arrastre del suelo, lo cual influye en la clasificación taxonómica y en las actividades agrícolas. Para nombrar a un suelo, se requiere la clasificación de horizontes genéticos y de diagnóstico que reflejan sus procesos de formación. Esto se logra mediante una descripción tanto morfológica como de propiedades físicas y químicas. El objetivo de este trabajo es contar con dicha descripción para identificar los procesos de formación que ocurren en seis suelos localizados al sureste de la subcuenca de Cointzio, conocimientos de gran utilidad para complementar los estudios y acciones de manejo que actualmente se realizan en la zona. Se ha formado un horizonte genético A, el cual está perturbado por las actividades agrícolas y, un horizonte Bt y Bw de acumulación y revestimientos de arcilla y, desarrollo de estructura. El perfil 10 desarrolló un horizonte Úmbrico (Melanización); en los demás suelos, este horizonte se está perdiendo por el cambio de uso forestal al agrícola. Existen cambios de textura abruptos e incremento de materia orgánica con la profundidad. En cuatro perfiles se encontró un horizonte Árgico por diferencia textural (Argilización). En el perfil 3 se encontraron propiedades Andicas (Andosolización) y en los demás suelos hay tendencia de propiedades Vitrías.

Palabras clave: Úmbrico, melanización, argilización, andosolización.

INTRODUCCIÓN

El suelo es un cuerpo natural continuo, formado por materiales minerales y orgánicos con propiedades que reflejan el impacto de los factores de formación (material de origen, clima, materia orgánica, hombre, topografía y tiempo). En general, los suelos permanecen en constante proceso de cambio, el cual se expresa mediante la diferenciación de los horizontes genéticos al llevarse a cabo los procesos de formación del suelo. Los sistemas de clasificación se basan en propiedades del suelo definidas en términos de horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico que son significativos para el uso y manejo de estos (IUSS, WRB, 2007). Sin embargo, una vez que se realiza el cambio de uso del suelo, las propiedades físicas pueden cambiar y perderse el horizonte superficial. Por una parte, esto desorienta la clasificación del suelo y por otra, influye en las actividades agrícolas.

En México se han realizado pocos trabajos de clasificación de suelos en donde se atienden sus procesos de formación: suelos salinos del ex Lago de Texcoco (Gutiérrez, 1997); intemperismo de tepetates y su influencia en la formación de suelos (Rodríguez, 1999), y suelos arcillosos del estado de México (Segura, 1999). En el país, se cuenta con una base de datos edafológica (DETEMAL, 1979), sin embargo, para los suelos del presente estudio, en esta base sólo aparece el nombre de los suelos (Andosoles) sin mostrar la información que utilizaron para su clasificación y menos aún para conocer sus procesos de formación, lo cual pone en duda que los suelos sean de este tipo o sólo cumplan con algunas propiedades. Por esta razón, se propone como objetivo realizar una caracterización morfológica de seis suelos al sureste de la subcuenca de Cointzio y determinar sus propiedades físicas y químicas para contar con datos confiables y actualizados que sirvan por una parte para identificar sus procesos de formación y por otra, como marco de referencia para su posterior clasificación taxonómica y, para complementar los estudios y acciones de manejo que actualmente se realizan en la subcuenca señalada (Bravo et al., 2006; Medina et al., 2006).

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de estudio se localiza al sureste de la subcuenca de Cointzio, municipio de Morelia, Michoacán, en los alrededores de Umécuaro, entre los 19° 35' y 19° 27' N, y 101°19' y 101°18' W (Figura 1). El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano; la temperatura media anual es de 13.8 °C y la precipitación anual de 1002 mm. El material geológico es basalto y brecha volcánica (Andesita) con lavas fechadas en 13 Ma (Garduño, 1999). La cartografía reporta para esta zona Acrisoles, Andosoles, Luvisoles y Gleysoles (DETEMAL, 1979). Existen áreas de bosque, agrícolas y de pastoreo (INEGI, 1992).

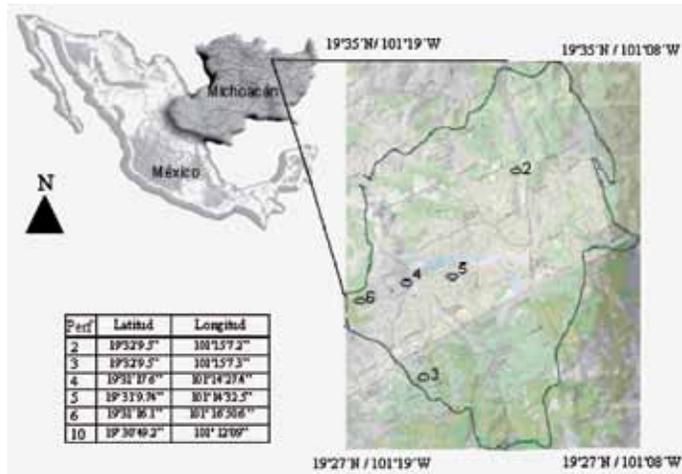


Figura 1. Área de trabajo, al sureste de la subcuenca de Cointzio, Michoacán.

Se seleccionaron seis sitios de muestreo con base en un empalme cartográfico (suelo, geología, uso del suelo, pendiente, hidrología). Se describió el sitio de trabajo y la morfología de seis perfiles de suelo a 2 m de profundidad (Cuanalo, 1990). Se realizaron análisis físicos y químicos de los suelos (ISRIC, 1995); para textura se usó el método de la pipeta; color, con la Carta Munsell; densidad aparente, con el método del cilindro para suelos con propiedades ándicas y con el de la parafina para los demás; pH en agua y en NaF, relación 1:2.5; carbono orgánico, Walkley y Black; capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables, acetato de amonio (Ca y Mg por titulación y, Na y K por absorción atómica); aluminio y hierro extractables con oxalato ácido de amonio, y retención de fósforo, mediante absorción atómica. La descripción de los horizontes genéticos, horizontes y propiedades de diagnóstico se efectuó con base en la IUSS, WRB (2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los Cuadros 1 y 2 se muestran las propiedades físicas y químicas de los suelos. Estos se localizan en zonas de depósito de ceniza volcánica, en altitudes mayores a los 2250 msnm y en laderas de loma de vocación forestal de pino y encino, sin embargo, a varios de ellos se les destina al cultivo de maíz, lo cual influye en la pérdida de los horizontes superficiales de los suelos.

Horizontes Genéticos

En todos los suelos se ha formado un horizonte A que puede ser de 30 a 45 cm de espesor o hasta 86 cm (perfil 4), con raíces de abundantes a comunes. Este horizonte se encuentra perturbado en los primeros 20 cm por las actividades agrícolas. A mayor profundidad se localiza un horizonte B de acumulación de arcilla, Bt, con revestimientos de arcilla entre los agregados y un Bw con desarrollo de estructura.

Se presenta un cambio textural abrupto por arcilla en los perfiles 3 (3Bw), 4 (3Bw), 6 (2Bw) y 10 (2Bt2). En el perfil 4 el porcentaje rebasó el doble y en los

demás suelos, el incremento fue más del 20% de arcilla respecto del horizonte suprayacente. Estos cambios se atribuyen a la acumulación de arcilla proveniente de los horizontes superficiales o a la discontinuidad de materiales.

Cuadro 1. Caracterización físico-química de los suelos al sureste de la subcuenca de Cointzio, Mich.

Horizonte	Espesor	Textura			Clase	pH	pH	CO	MO	Bases			Intercambiables				
		Arena	Limo	Arcilla		1:2.5	1:2.5			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	CIC	SB		
						H2O	NaF									%	%
P2	Cm	-	%	-													
A	0-2	14.5	45.4	40.1	RL	5.1	9.8	7.3	12.5	9.5	1.6	0.55	0.12	48.4	24		
A2	2-30	7.9	33.6	58.5	R	4.9	9.8	4.9	8.5	-	1.1	0.09	0.04	25.0	-		
2B	30-70	4.7	34.2	61.1	R	6.0	8.0	0.5	0.8	5.4	0.7	0.07	0.0	13.2	46		
3B	70-180	6.1	44.7	49.2	R	6.3	8.0	0.5	0.9	5.2	0.8	0.07	0.0	15.0	40		
P3																	
Ap	0-20	14.9	70.3	14.8	FL	6.0	10.0	5.2	9.0	7.8	1.4	1.36	0.05	34.4	31		
2A	20-45	19.9	64.1	16.0	FL	6.2	9.9	4.7	8.1	7.4	1.3	1.87	0.08	33.9	31		
2ABw	45-85	10.1	59.4	30.5	FRL	6.3	9.8	3.5	6.0	6.5	1.3	0.89	0.11	30.4	29		
3Btw	85-130	8.1	68.6	23.3	FL	5.7	9.7	1.9	3.3	3.8	2.8	0.36	0.21	27.2	26		
3Bw	130-150	2.6	45.0	52.4	R	5.7	8.4	0.9	1.6	5.6	2.0	0.34	0.29	24.7	33		
P4																	
Ap	0-15	20.1	72.0	7.9	FL	6.0	9.6	4.4	7.5	6.8	1.6	0.54	0.00	25.0	36		
A	15-33	15.8	67.0	17.2	FL	6.1	9.5	3.0	5.1	6.1	2.0	0.26	0.22	28.6	30		
2A	33-73	13.0	71.8	15.2	FL	6.3	9.1	3.1	5.4	6.1	1.5	0.55	0.26	24.6	34		
2A	73-86	9.4	74.6	16.0	FL	6.5	9.2	1.8	3.0	4.9	2.2	0.27	0.25	17.2	45		
3Bw	86-94	4.8	54.1	41.1	RL	6.2	Nd	1.2	2.1	6.4	2.4	0.31	0.14	23.9	39		
4Bw2	94-140	6.2	42.2	51.6	RL	6.4	7.9	0.6	1.0	4.6	1.9	0.20	0.01	15.6	43		
P5																	
Ap	0-20	10.8	73.2	16.0	FL	6.5	10.2	7.8	13.4	12.1	1.8	1.82	0.13	36.7	43		
A	20-40	10.4	76.0	13.6	FL	6.6	10.0	6.9	11.9	11.3	1.5	1.04	0.00	32.6	42		
2AC	40-60	13.9	75.0	11.1	FL	6.7	10.3	6.6	11.4	13.0	1.6	0.83	0.08	35.7	43		
2AC2	60-90	10.0	81.3	8.7	L	6.8	10.1	5.6	9.7	10.5	1.7	0.64	0.03	30.0	43		
3A	90-115	9.5	83.4	7.1	L	6.7	10.0	4.3	7.4	6.5	1.7	0.77	0.06	27.1	33		
P6																	
A	0-4	4.5	75.7	19.8	FRL	5.8	8.0	4.5	7.8	11.6	2.6	1.60	0.14	33.3	48		
2A	4-15	15.4	53.6	31.0	FRL	5.5	8.1	2.6	4.5	9.8	2.0	1.37	0.07	27.3	49		
2Bw	15-35	8.1	19.2	72.7	R	6.2	7.9	1.8	3.2	8.6	2.6	1.51	0.01	26.0	49		
2Btw	40-110	2.8	29.6	67.6	R	6.7	Nd	0.6	0.9	6.6	2.5	0.45	0.15	21.1	46		
2Bw2	110-145	2.2	23.7	74.1	R	6.6	Nd	0.3	0.5	6.0	2.3	0.14	0.17	20.2	42		
3Bw3	145-175	2.3	25.6	72.1	R	6.9	Nd	0.5	0.9	4.1	2.4	0.25	0.19	19.1	36		
P10																	
Ap	0-10	20.6	62.2	17.2	FL	Nd	9.6	5.8	10.0	2.2	0.4	0.09	0.00	14.7	18		
Ap2	10-30	21.0	65.4	13.6	FL	6.0	9.7	4.9	8.4	2.3	0.4	0.06	0.05	14.6	19		
Bt	30-50	18.3	63.3	18.4	FL	6.3	9.4	2.7	4.7	3.2	0.7	0.05	0.12	14.2	28		
Bt/A	50-80	11.7	65.6	22.7	FL	6.6	7.9	0.9	1.6	3.3	0.7	0.03	0.02	13.4	30		
2Bt2	> 80	16.1	37.8	46.1	R	6.6	7.7	0.3	0.5	3.7	1.0	0.10	0.08	6.8	71		

FL: franco limoso; FR: franco arcilloso; L: limoso; R: arcilloso; C.O.: carbono orgánico; M. O.: materia orgánica; CIC: capacidad de intercambio catiónico; SB: saturación de bases.

Cuadro 2. Análisis físicos y químicos de los suelos al sureste de la subcuenca de Cointzio, Mich.

Horizonte	Espesor	Dap	Alo +				Horizonte	Espesor	Dap	Alo +			
			Alo	Feo	½ Feo	RF				Alo	Feo	½ Feo	RF
P2	Cm	g cm ⁻³	%	%	%	%	P5	cm	g cm ⁻³	%	%	%	%
A	0-2	0.87	3.6	0.7	3.9	83	Ap	0-20	0.80	1.2	0.7	1.5	99
A2	2-30	0.94	2.0	0.4	2.1	96	A	20-40	0.78	1.1	0.6	1.4	99
2B	30-70	1.46	0.4	0.1	0.4	52	2AC	40-60	0.75	1.3	0.5	1.5	99
3B	70-180	1.46	0.3	0.2	0.3	27	2AC2	60-90	0.77	1.1	0.6	1.4	99
P3							3A	90-115	0.66	1.2	0.5	1.4	99
Ap	0-20	Nd	2.1	0.7	2.5	98	P6						
2A	20-45	0.82	2.1	0.7	2.4	96	A	0-4	Nd	1.4	0.4	1.6	85
2ABw	45-85	0.76	0.4	0.7	0.8	95	2A	4-15	Nd	1.1	0.2	1.2	90
3Btw	85-130	1.11	0.9	0.4	1.2	98	2Bw	15-35	1.16	0.7	0.6	1.0	86
3Bw	130-150	1.18	0.6	0.4	0.8	91	2Btw	40-110	1.57	Nd	Nd	Nd	97
P4							2Bw2	110-145	1.54	Nd	Nd	Nd	98
Ap	0-15	Nd	1.7	0.6	2.0	95	3Bw3	145-175	1.49	Nd	Nd	Nd	96
A	15-33	Nd	1.7	0.9	2.2	99	P10						
2A	33-73	Nd	1.4	0.5	1.7	95	Ap	0-10	0.94	1.0	0.3	1.2	97
2A	73-86	Nd	0.2	0.2	0.3	95	Ap2	10-30	0.98	1.2	0.4	1.3	98
3Bw	86-94	1.17	0.6	0.7	1.0	81	Bt	30-50	0.94	1.1	0.5	1.3	96
4Bw2	94-140	1.48	0.2	0.4	0.4	68	Bt/A	50-80	0.98	0.4	0.5	0.7	82
							2Bt2	> 80	1.20	0.2	0.4	0.4	63

P: perfil de suelo; Dap: densidad aparente; Alo, Feo: aluminio, hierro extraídos con oxalato de amonio ácido; RF: retención de fosfatos.

Horizontes Superficiales

El contenido de carbono orgánico es alto en la superficie e influye en un pH más ácido; disminuye regularmente hasta los 75 cm de profundidad para aumentar cuando existe discontinuidad de materiales (perfil 4: 33 cm de profundidad).

En general, los horizontes superficiales (0-30 cm) son pardo oscuros por la mezcla que tienen con la materia orgánica humificada. La estructura es granular y poliédrica subangular con desarrollo débil en la mayoría de los horizontes, excepto en el perfil 4 a partir de los 73 cm. La consistencia es de blanda a ligeramente dura, en húmedo es untuosa y no se adhiere a los dedos. La textura franco limosa domina en los suelos y es característica de propiedades ándicas, excepto en el perfil 2.

En todos los suelos, el color presenta un Value y Cromo Munsell menor o igual a 3 en húmedo y, un Value menor o igual que 5 en seco; el carbono orgánico es mayor de 0.6%; la saturación de bases es menor de 50% y el espesor de 25 cm o más. Los datos que anteceden caracterizan a un horizonte superficial Úmbrico, sin embargo, éste requiere de buena estructuración, propiedad que en los suelos estudiados es débil, excepto en el perfil 10 y, en los perfiles 2 y 6 existe compactación del suelo por el pisoteo del ganado y por las actividades humanas. Buol et al. (1991) señala que el horizonte Úmbrico es el resultado de un proceso de melanización referido al oscurecimiento de los minerales no consolidados o por la transformación de compuestos orgánicos oscuros.

De acuerdo con lo anterior se han considerado dos aspectos: el primero, por ser suelos relativamente jóvenes con ceniza volcánica como material de origen, el desarrollo de la estructura aún es débil, y el segundo, si el horizonte Úmbrico se formó alguna vez con buen desarrollo de la estructura, actualmente éste se está perdiendo por el cambio de uso forestal al agrícola (P3, P4 y P5), a partir del rompimiento de los agregados por efectos de labranza.

Horizontes Subsuperficiales

En los perfiles 3 (45-85 y 130-150 cm) y 6 (15 a 40 cm) el contenido de arcilla se incrementa al doble del porcentaje del horizonte localizado sobre ellos. En el perfil 10 (60 a 80 cm) es 1.2 veces mayor que el horizonte suprayacente. De acuerdo con la IUSS, WRB (2007), un mayor contenido de arcilla caracteriza a estos horizontes como Árgicos, formados durante el proceso de argilización, en el cual se presenta una acumulación aluvial de arcilla en el horizonte Árgico o por una formación pedogenética de arcilla o por destrucción de arcilla del horizonte superficial.

En todos los suelos se ha desarrollado alguna propiedad Ándica, sin embargo, sólo el perfil 3 cumplió con una densidad aparente menor de 0.9 g cm^{-3} , $\text{Al}+\frac{1}{2}\text{Fe}$ mayor de 2%, una retención de fosfatos mayor de 85% y un espesor mayor de 30 cm dentro de los primeros 100 cm desde la superficie del suelo, por lo que de acuerdo con el IUSS, WRB (2007), se ha dado el proceso de Andosolización como resultado del intemperismo de la ceniza volcánica, cuyo producto son los materiales amorfos alofánicos (Porta et al., 2003).

En varios horizontes de los demás suelos, a pesar de que el pH con NaF (Fieldes y Perrot, 1966) de 9.5 o más indica la presencia de alofano, éstos contienen menos de 2% de $\text{Al}+\frac{1}{2}\text{Fe}$ o no cumplen con el espesor requerido de las propiedades ándicas, por ello, se les clasificaría como suelos con propiedades Víttricas si su contenido de vidrio volcánico alcanza el 5% o más, una vez que se cuente con este dato.

CONCLUSIONES

En todos los suelos se ha formado un horizonte genético A que se encuentran perturbado por las actividades agrícolas. A mayor profundidad se localiza el horizonte Bt y Bw de acumulación y revestimientos de arcilla y, desarrollo de estructura. El perfil 10 desarrolló un horizonte Úmbrico (proceso de Melanización); en los demás suelos, éste horizonte se está perdiendo por el cambio de uso forestal al agrícola. Existen cambios de textura abruptos e incremento de materia orgánica con la profundidad. En cuatro perfiles se encontró un horizonte Árgico por diferencia textural (Argilización). El perfil 3 desarrolló propiedades Ándicas (Andosolización) y en los demás suelos hay tendencia de propiedades Víttricas.

LITERATURA CITADA

Bravo E., M., C. Prat., L. Medina, F. García. 2006. Degradación y rehabilitación en la Cuenca de Cointzio. IVth Internacional Symposium on deteriorated volcanic soils (ISVO'06). July, 1 to 8 in Morelia, State of Michoacan and Tlaxcala, State of Tlaxcala, Mexico.

- Buol, S., W., F. D. Hole y R. J. McCracken. 1991. Génesis y clasificación de suelos. Traducción al español de A. Contin. 2ª. Ed. Trillas. México, D. F.
- Cuanalo C., H. 1990. Manual para la descripción de perfiles de suelos en el campo. 3ª. ed. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
- DETENAL. 1979. Carta Edafológica. E14A23 Y E14A33. Morelia-Villa Madero. Escala 1:50 000. México.
- Fieldes, M. and K. W. Perrott. 1966. The nature of allophane soils: 3. Rapid field and laboratory test for allophane. N. Z. J. Sci. 9: 623-629.
- Garduño M., V. H. 1999. El vulcanismo del Mioceno-Pliocuatenario de Michoacán. In: Carta Geológica de Michoacán esc: 1:250 000.
- Gutiérrez C., Ma. del C. 1997. Los suelos de la ribera oriental del ex Lago de Texcoco. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- INEGI. 1992. Carta uso de suelo. E14A23 Y E14A33 Morelia-Villa Madero. Escala 1:50 000. México.
- ISRIC. 1995. Procedimientos para el análisis de suelos. pp: 1-145. In: L. P. van Reeuwijk (Ed). Procedures for Soils Analysis. Ma. C. Gutiérrez. C., C. A. Tavarez E. y C.A. Ortiz S. (Trads.). Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- IUSS, WRB. 2007. Base Referencial mundial del recurso suelo. 2ª edición, primera actualización 2007. Informe sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma.
- Medina O., L. E., M. Bravo E., C. Prat, and B. Serrato B. 2006. Soil losses in experimental plots in Andosols and Acrisols in the Cointzio basin. IVth Internacional Symposium on deteriorated volcanic soils (ISVO'06). July, 1 to 8 in Morelia, State of Michoacan and Tlaxcala, State of Tlaxcala, Mexico.
- Porta, J., M. López-Acevedo y C. Roquero. 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3a. ed. Mundi Prensa. España.
- Rodríguez T., S. A. 1999. Procesos de intemperismo en tepetates y su influencia en la formación de suelos. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Segura C., M. A. 1999. Los suelos arcillosos de la zona oriente del estado de México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.

SUELOS DE LA PORCIÓN SUR DE LA CUENCA DE CUITZEO, MICHOACÁN, MÉXICO

A. Cabrera-González, J. M. Ayala-Gómez y L. Medina-Orozco
Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Correo electrónico: acabrera@zeus.umich.mx; leninmed@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es establecer un patrón de distribución de los suelos en la porción sur de la Cuenca del Lago de Cuitzeo a través de la relación de los mismos con las características físicas del terreno. Lo anterior permitirá inferir la presencia de determinado tipo de suelo a partir del conocimiento de los atributos del terreno. Se analizaron los planos topográfico, geológico y edafológico, de los cuales se derivaron los planos hipsométrico, de drenaje, de pendientes y de unidades homogéneas; se analizaron fotografías aéreas escala 1:25 000 para determinar el uso actual del suelo, la red de flujo y las características geomorfológicas que permitieron establecer la relación entre los suelos y las propiedades físicas del terreno. Los resultados mostraron que el patrón de distribución puede explicarse con base en las dos regiones fisiográficas en las que queda incluida la zona de estudios: el Eje Neovolcánico Transversal al sur, y al noreste Sierras y Bajíos Michoacanos. Se concluye que la distribución de los suelos está estrechamente relacionada con el patrón de drenaje, producto de la litología y la geomorfología de cada zona; por lo que la asociación hidrológica, litológica y geomorfológica puede dar la pauta para inferir las características edafológicas.

Palabras clave: Distribución de suelos, relación suelo-factores ambientales.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento del medio físico mediante el análisis de sus características climáticas, geológicas, geomorfológicas y vegetación es de importancia para explicar la presencia

de los diferentes tipos de suelo, puesto que constituyen los factores que rigen los procesos de formación del mismo. Este trabajo relaciona las características físicas de la cuenca con los tipos de suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona se dividió en 12 microcuencas para su estudio comprendidas dentro de la porción sur de la Cuenca del Lago de Cuitzeo (Figura 1). La primera etapa constituyó el trabajo cartográfico y de fotointerpretación. Se analizaron los planos topográfico, geológico y edafológico (DETENAL, 1977) de los cuales se derivaron planos hipsométrico, de drenaje, de pendientes y de unidades homogéneas, y se realizó la fotointerpretación con fotografías aéreas escala 1:25 000 (INEGI, 1990) para determinar el uso actual del suelo, la red de flujo y las características geomorfológicas que permitieron establecer la relación roca-suelo. Finalmente se realizó la evaluación de la capacidad de uso de suelo (Cabrera et al., 1997).

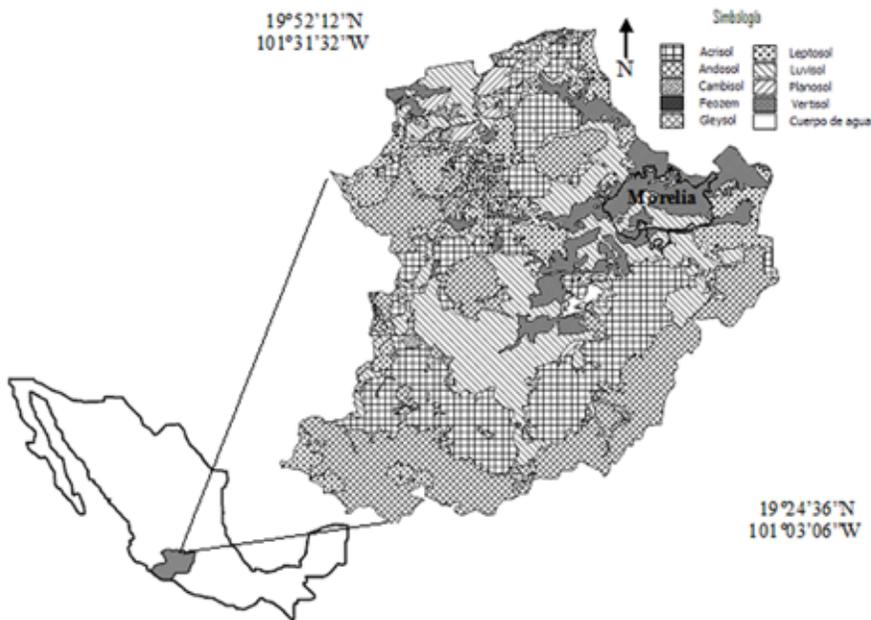


Figura 1. Suelos de la porción Sur de la Cuenca del Lago de Cuitzeo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El área cuenta con una red de drenaje que muestra las diferentes etapas de erosión por las que atraviesa una provincia relativamente joven, como corresponde al Eje

Neovolcánico. Relacionando los suelos con las dos provincias fisiográficas en las que queda inmersa la zona de estudio, se tiene que en la porción que corresponde al Eje Neovolcánico Transversal, ubicada hacia el sur en la Sierra de Mil Cumbres, y al noroeste hasta los Cerros Quinceo y Tetillas del Quinceo, podemos encontrar tres estructuras geológicas que relacionadas al tipo de drenaje definen las características de los suelos.

La primera de ellas es la zona montañosa cuyo drenaje es de tipo dendrítico y radial; el primero, indicador de fuertes pendientes, y el segundo, presente en conos volcánicos, predominando en ambos la erosión sobre el depósito; la litología está conformada por un solo material que puede ser básico e intermedio por lo que existe poca variedad de suelos, caracterizándose estos por ser normalmente de composición ácida: Andosol, Acrisol y Luvisol. Como ejemplo se tienen los suelos de los Cerros de Quinceo, Los Cuates, El Águila y El Burro, entre otros. Al suavizarse las pendientes en pequeñas depresiones donde convergen gran número de escurrimientos, se forma otro tipo característico de suelos: Phaeozem, debido a la acumulación de materia orgánica y la concentración de cationes que da por consiguiente altos porcentajes de saturación de bases (PSB). En las partes más bajas con pendientes planas, en donde convergen los escurrimientos y el movimiento del agua es apenas perceptible, se propicia la disolución y permanencia de los minerales ahí presentes, donde se dan condiciones adecuadas para el desarrollo de suelos de tipo Vertisol. Otra estructura característica del Eje Neovolcánico Transversal es la del malpaís cuya hidrología está representada por corrientes efímeras. Aquí los suelos son poco desarrollados (Leptosoles) dada su poca profundidad que impide la permanencia del agua en contacto con los minerales. La tercera estructura es la de fallas o cambios litológicos que dan un drenaje característico asimétrico o de "peine"; de un lado los tributarios son muy numerosos y del opuesto son pocos. Este tipo de corriente marca el contacto entre rocas de diferente composición y edad originando suelos diferentes entre sí. Este comportamiento es claro en todo el sur de la subcuenca de Cuitzeo y al noroeste hasta los Cerros de Quinceo y Tetillas de Quinceo.

La porción noreste de la zona de estudio corresponde a la Provincia Fisiográfica de Sierras y Bajíos Michoacanos. Aquí la geología presenta rocas muy antiguas en las cuales el drenaje se manifiesta más abierto y con una menor pendiente, por lo que existe tanto depósito como erosión, creándose diferentes tipos de suelos al quedar al descubierto diferentes tipos de rocas; con esto, la geomorfología de la zona es de lomeríos y mesetas presentando en su parte superior, suelos degradados asociados con rocas ácidas que por su dificultad de intemperismo dan como resultado suelos ricos en cuarzo y por lo tanto de partículas gruesas: Arenosol, Regosol (áreas no cartografiadas a escala 1:50,000) y Leptosol. En donde las pendientes se suavizan, prevaleciendo el depósito sobre la erosión, se desarrollan suelos tipo Vertisol, y en las barrancas, debido a la conservación de la vegetación se tienen suelos Phaeozem. La distribución de los suelos está estrechamente relacionada con el drenaje de cada zona. La hidrología puede dar la pauta para inferir las características litológicas y con ello las edafológicas. Se esperan suelos variados en donde la litología es muy variada; rocas básicas o intermedias en zonas de poca pendiente producen suelos básicos; en cambio, en zonas de fuerte pendiente por efecto de lixiviación las bases serán removidas originando suelos ácidos.

Respecto a la relación de los diferentes tipos de suelos con la posición fisiográfica que ocupan en la cuenca, se tiene que los Andosoles ocurren en las partes más elevadas, en conos volcánicos, siempre por encima de los 2500 msnm con pendientes que varían de moderadas a muy fuertes. Presentan vegetación de bosque de pino – encino y matorral subtropical, aunque existen grandes extensiones abiertas a la agricultura de temporal. El material geológico está constituido por derrames de basalto y andesita fracturados, piroclastos y tobas. Descendiendo, a través del gradiente altitudinal, se encuentran los Acrisoles y Luvisoles, en altitudes de 2100 a 2500 msnm con pendientes variables, localizándose tanto en laderas de cerros, como en barrancas y valles. Presentan vegetación de bosque de pino-encino, o más frecuentemente encino-pino, matorral subtropical y agricultura de temporal. Como material de origen se tienen derrames de basalto fracturados y escoráceos, rocas riódácicas y depósitos de sedimentos aluviales. Es frecuente que estos suelos se encuentren sepultados por Andosoles. Los Phaeozem se encuentran normalmente en lo que constituye la frontera agrícola, en sitios que permiten la acumulación de materia orgánica y una mayor concentración de bases; en altitudes de 2000 a 2200 msnm con pendientes moderadas. La vegetación es matorral subtropical y agricultura de temporal. Los Vertisoles en terrenos planos o de pendientes suaves, en altitudes de 1900 a 2100 msnm, vegetación de matorral subtropical, pastizal y agrícola. Como material geológico se presentan sedimentos aluviales. Los Leptosoles se encuentran en lugares variados: en terrenos de pendiente fuerte, en el malpaís y cerca de los asentamientos humanos como resultado del deterioro ambiental. La vegetación dominante es pastizal o matorral subtropical. Los Regosoles ocurren en lugares donde el material de origen no es consolidado, se encontraron en conos cineríticos constituidos por bombas de piroclastos gruesos y lapilli de composición basáltica y andesítica, en sitios con pendientes mayores del 30% y con vegetación de matorral subtropical. Los Arenosoles se asocian con rocas ácidas de difícil intemperismo. Al igual que los Regosoles se originan de material no consolidado y se localizaron en pendientes suaves restringiéndose su presencia a áreas muy pequeñas. Los Cambisoles son poco frecuentes y no muy extensos. Se encuentran en sitios transicionales entre Leptosol y Acrisol o Luvisol, indicando que con el tiempo llegarán a desarrollar un horizonte B árgico. Los Planosoles y Gleysoles se encuentran en zonas que están saturadas con agua en algún periodo de tiempo. En el caso de los Planosoles la humedad es producto de estancamiento, o sea agua agregada superficialmente, en cambio en los Gleysoles se debe a la presencia de un manto freático cercano a la superficie. Los suelos maduros de la región corresponden a Luvisol y Acrisol, contando con un horizonte B2 desarrollado, al grado que puede reconocerse como árgico. Su uso apropiado es el forestal. Sin embargo, el material de origen volcánico vítreo, en las partes altas produce los Andosoles, los afloramientos rocosos del malpaís no han permitido un desarrollo más allá de los Leptosoles, el material de origen no consolidado produce los Regosoles y Arenosoles. En las partes bajas y terrenos planos, donde las circunstancias de roca y humedad han sido propicias para la formación de arcillas dinámicas con alta capacidad de intercambio de cationes, se encuentran los Vertisoles.

Respecto a la capacidad de uso, se encontró que en la zona predominan los suelos de clase IV o sea no aptos para la agricultura. Dentro de este grupo quedan

incluidos algunos suelos de tipo Vertisol asentados sobre tobas pumíticas, ignimbritas y basaltos con uso actual de agricultura, matorral o pastizal, en los que la limitante principal es el drenaje. También se encontraron en Luvisoles sobre derrames de basalto y andesita en donde la limitante es la posición fisiográfica, topografía y en ocasiones la pedregosidad. Algunos Andosoles se incluyen también en este grupo dada su consistencia friable y las pendientes características de los sitios donde se localizan. La vocación natural de estos suelos es pecuaria para los Vertisoles y forestal para Luvisol y Andosol. Los suelos de clase V (también no aptos para la agricultura) en esta área tienen como limitante principal la topografía que se caracteriza por tener pendientes que van de fuertes (20 a 30 %) a muy fuertes (30 a 45 %); son básicamente Luvisoles, su vocación es forestal. Los suelos de clase VI, se caracterizan por tener severas limitantes que condicionan su uso, son Leptosoles que se presentan en dos diferentes condiciones, algunos con topografía montañosa abrupta, pendientes que van de muy fuertes (30 a 45 %) a escarpadas (> 45 %), piedras mayores de 20 cm. y consistencia suelta; otros en zonas de malpaís con pendientes suaves, en donde debido a la alta permeabilidad del terreno no se han desarrollado los suelos teniendo como limitante principal lo somero e inconsistente. En menor proporción existen suelos de clases II y III, que corresponden a buena capacidad de uso agrícola para la clase II, y de regular a baja para la clase III, coincidiendo con material originario de carácter lacustre arcillo-limoso, y suelos de tipo Vertisol, en altitudes menores de 2000 msnm y pendientes de llanas a casi planas. Son los únicos con capacidad agrícola, aunque lamentablemente grandes extensiones de ellos están cubiertas de pastizal o matorral secundario.

Como resultados importantes de esta investigación se elaboraron planos originales de la porción sur de la Cuenca del Lago de Cuitzeo, que están disponibles para su consulta en el Laboratorio de Edafología de la Facultad de Biología (Edificio B4, 2o piso de Ciudad Universitaria, Morelia, Mich.): hipsométrico, clasificación de drenaje, uso actual y uso potencial del suelo a escala 1:50,000 y a escala 1:25,000 para las microcuencas de Chiquimitío (Alcalá, 1992; Gudiño, 1992), Río Chiquito (Calzada, 1993; Robledo, 1993), Río Grande de Morelia (Cabrera, 1992; Zanatta, 1992; Olivares, 1993), Cuto de la Esperanza (Ureña, 1993), Capula (Sánchez, 1994; Saldaña, 1995), Las Peñas (Velazco, 1994), y Acuitzio (Tinoco, 1995).

CONCLUSIONES

Los resultados mostraron que el patrón de distribución puede explicarse con base en las dos regiones fisiográficas en las que queda incluida la zona de estudio: el Eje Neovolcánico Transversal al sur, y al noreste Sierras y Bajíos Michoacanos. Se concluye que la distribución de los suelos está estrechamente relacionada con el patrón de drenaje, producto de la litología y la geomorfología de cada zona; lo que puede dar la pauta para inferir las características edafológicas. Además se encontró que la aptitud de los suelos de esta porción es de clase IV de uso no agrícola, por lo que el uso para estos fines es causante del deterioro de los suelos.

LITERATURA CITADA

Alcalá, M. de J. 1992. Capacidad de uso de los suelos de la Microcuenca Chiquimitío, Municipio de Morelia, Mich. Mex.. Tesis Profesional. Escuela de Biología. UMSNH. Morelia, Mich.

Cabrera G., A., J. M. Ortega R. y J. M. Ayala G. 1997. Instructivo para la evaluación de la capacidad de uso del suelo. Editorial Universitaria, UMSNH. Morelia, Mich.

Cabrera A., M. A. 1992. Clasificación de la capacidad de uso de los suelos de la porción norte de la Microcuenca Río Grande de Morelia. Tesis Profesional. Escuela de Biología. UMSNH. Morelia, Mich.

Calzada T., B. 1993. Clasificación de los suelos de la Microcuenca Río Chiquito. Morelia, Mich. Mex.

DETENAL. 1977. Cartas temáticas escala 1:50,000. SPP. México.

Gudiño C., M. A. 1992. Caracterización fisicoquímica de los suelos de Chiquimitío, Morelia, Mich. Tesis Profesional. Escuela de Biología. UMSNH. Morelia, Mich.

INEGI. 1990. Fotografías aéreas escala 1:25,000. SPP. México.

Olivares G., M. I. 1993. Capacidad de uso del suelo de la porción suroeste de la Microcuenca del Río Grande de Morelia, Michoacán. Tesis Profesional. Escuela de Biología, UMSNH. Morelia, Mich.

Robledo P., A. O. 1993. Capacidad de uso del suelo de la Microcuenca Río Chiquito del Municipio de Morelia, Michoacán. Tesis Profesional. Escuela de Biología, UMSNH. Morelia, Mich.

Saldaña C., D. 1995. Taxonomía de los suelos y su relación con las características geológicas, geomorfológicas e hidrológicas de la Microcuenca Capula, Municipio de Morelia, Mich. Tesis Profesional. Escuela de Biología. UMSNH, Morelia Mich.

Sánchez E., J. F. 1994. Evaluación de los suelos de la microcuenca hidrológica Capula, Municipio de Morelia, Michoacán, Mex. Tesis profesional. Escuela de Biología. UMSNH, Morelia, Mich.

Tinoco N., E. 1995. Uso potencial de los suelos del municipio de Acuitzio, Michoacán, Méx. Tesis Profesional. Escuela de Biología. UMSNH, Morelia, Mich.

Ureña M., M. P. 1993. Clasificación de los suelos pertenecientes a la microcuenca Cuto de la Esperanza, Morelia, Mich. Tesis Profesional. Escuela de Biología. UMSNH, Morelia, Mich.

Velazco C., D. L. 1994. Clasificación de los suelos y su relación con la morfometría y las prácticas de manejo de la microcuenca Las Peñas, municipio de Morelia, Michoacán, Mex. Tesis Profesional. Escuela de Biología. UMSNH, Morelia, Mich.

Zanatta C., F. 1992. Caracterización físico química de los suelos de la porción suroeste de la microcuenca Río Grande de Morelia. Tesis Profesional. Escuela de Biología. UMSNH, Morelia, Mich.

ESTABLECIMIENTO DE MARCADORES MOLECULARES DOMINANTES, ISSR, EN YANGOQUIRÓPTEROS DE LA CUENCA DE CUITZEO, MICHOACÁN, MÉXICO.

A. Hernández-Jiménez¹, E. Urbiola-Rangel¹, K. Oyama², O. Chassin-Moria¹

1 Facultad de Biología, UMSNH, Edificio "R". Ciudad Universitaria. Av. Fco. J. Mújica s/n.

2 Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIEco). Antigua carretera a Pátzcuaro No. 8701. chassin@oikos.unam.mx

RESUMEN

Aún con el incremento en el desarrollo de marcadores moleculares en un número cada vez más importante de especies, es insuficiente si se considera que está concentrado en especies modelo, bandera o clave, de manera que al intentar trabajar con especies distintas es insuficiente el conocimiento necesario para usar algunas herramientas (microsatélites, secuencias de ADN). En este trabajo presentamos la estrategia empleada para el diseño de primers que permiten amplificar mediante PCR un alto número de loci dominantes polimórficos (>170) en geles de agarosa convencionales, para cinco familias de Yangochirópteros colectadas en la Cuenca de Cuitzeo, Michoacán. El diseño de estos primers está dirigido a regiones entre secuencias sencillas repetidas (ISSR por sus siglas en inglés) y esta herramienta abre la posibilidad de realizar estudios en especies poco estudiadas desde el punto de vista genético, pero que son útiles como indicadores del impacto de la fragmentación sobre el flujo génico entre poblaciones en ambientes con distintos grados de fragmentación.

Palabras clave: ISSR, Quirópteros, Yangoquirópteros, marcadores moleculares.

INTRODUCCIÓN

Marcadores ISSR (inter-simple sequence repeat)

Los ISSR's son marcadores semiarbitrarios amplificados por la reacción en cadena de la polimerasa (PCR, por sus siglas en inglés) a partir de la presencia de un

oligonucleótido complementario a un microsatélite, diseñado para unirse a las bases repetidas de di y trinucleótidos. En ocasiones es posible agregar a esta secuencia un par de nucleótidos extras arbitrarios en el extremo 3' ó 5', que jugarán el papel de "anclas" asegurando así que la amplificación inicie preferentemente siempre en el 3' del microsatélite, respectivamente, tal como se muestra en la Figura 1 (Zietkiewicz et al, 1994).

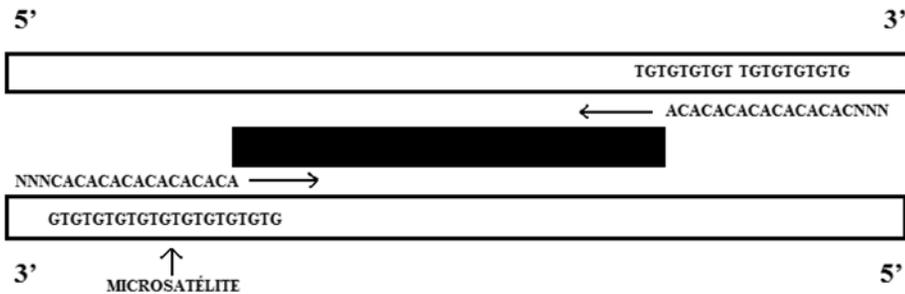


Figura 1. Principio de los marcadores ISSR. La secuencia del ADN original, en la cual se identifican dos secuencias repetidas diferentes (CA), orientadas en sentido inverso. Entre las dos secciones repetidas hay, además, un espacio bastante corto (entre 100 y 2000 pares de bases). La línea negra representa el segmento amplificado entre los dos primers anclados a los microsatélites en el extremo 5' (Tomada de González et al, 2005).

Cuando dos secuencias repetidas se presentan dentro de una distancia amplificable y con una orientación invertida, el primer complementario a ellas puede inducir la amplificación del segmento de ADN intermedio. La molécula generada, con un tamaño particular (peso molecular), se considera un "locus", que representa el segmento de ADN entre los microsatélites (González et al, 2007). El patrón característico de bandas de los productos del PCR puede ser considerado como una firma o huella digital del templado de ADN analizado.

Las ventajas que ofrece esta técnica se centran principalmente en que para diseñar los primers no es necesario conocer la secuencia del genoma del organismo en estudio, la alta variación que detecta, así como en su reproducibilidad debida principalmente a las altas temperaturas de alineación utilizadas en la PCR. Asimismo, no son necesarias altas concentraciones de ADN y pueden visualizarse tanto en geles de agarosa como de acrilamida. Finalmente, son sencillos de montar, rápidos, eficientes y poco costosos. En cuanto a las desventajas, la homología de las bandas es incierta. Y dado que son marcadores dominantes, no permiten el cálculo de ciertos parámetros que exigen distinguir a los heterocigos de los homocigos dominantes.

Si una banda está presente, se puede asumir que los loci donde se alinea el iniciador en ambos lados de la banda están presentes. Por otra parte, la ausencia de una banda podría significar varias cosas: a) falta de un sitio de apareamiento para el iniciador; b) la existencia de mutación en cualquiera de los sitios de apareamiento o c) la ocurrencia de una inserción o una supresión de tamaño suficiente como para que altere el tamaño de la banda para ser registrada como un locus diferente, así que debido a esto, se analizan los resultados con base a la presencia y no a la ausencia de bandas (Johnson et al, 2004).

Existen muchos autores que coinciden en afirmar que si el enfoque del estudio es observar las diferencias entre individuos a nivel de nucleótidos, mientras mayor sea el número de bandas o loci que se muestreen mayor será la confiabilidad de los resultados, esto es posible con marcadores ISSR ya que estos tienen un bajo precio y son reproducibles a diferencia de otras herramientas moleculares (ej. RAPDs, Koskinen et al, 2004; Nybon, 2004).

Los ISSRs se han utilizado sobre todo en plantas para establecer diversidad genética a niveles de género y especie (Jin et al, 2003; Zizumbo et al, 2005), para identificar cultivares estrechamente relacionados entre especies (Carvalho et al, 2004), para estudiar procesos evolutivos, biogeografía, así como aspectos relacionados con la ecología (Liston et al, 2003).

Los ISSRs se utilizan cada vez con más frecuencia en diversos campos de la ciencia (Abbot, 2001); Algunos autores han utilizado de manera simultánea varios tipos de marcadores en estudios de variabilidad genética con el fin de establecer ventajas entre los métodos o ratificar los resultados obtenidos con diferentes tipos de marcadores, por lo general de tipo dominante como los RAPD (por sus siglas en inglés Random Amplified Polimorphic DNA o ADN polimórfico amplificado al azar) y los ISSR, obteniendo resultados favorables. En vertebrados hay un trabajo utilizando Marcadores ISSR en aves del género *Lanius* (González et al, 2008) para reconstruir las relaciones filogenéticas. En cuanto al uso de ISSR's en quirópteros los trabajos son nulos.

Los objetivos del presente estudio fueron a) diseñar primers que amplifiquen secuencias entre secuencias de repetidos sencillos (ISSR siglas en inglés), y b) realizar un análisis para determinar el número de fragmentos polimórficos que pueden generarse con los primers diseñados, en el análisis del genoma de cinco familias de Yangoquirópteros colectadas en la Cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material Biológico

Se colectó en total 45 individuos de 15 especies pertenecientes a 5 familias de Yangoquirópteros durante un periodo de 9 meses en promedio una vez al mes, cinco horas por noche entre los meses de enero a noviembre del 2006 y de abril a junio del 2007, en 7 localidades en la cuenca del lago de Cuitzeo, Michoacán. Utilizando 8 redes de niebla dispersas en una distancia lineal de aproximadamente 100 m. Estas se revisaron cada 30 minutos a partir de la puesta de sol.

De cada ejemplar colectado se cortaron aproximadamente 3 mm² de tejido de la parte inferior de la membrana alar, lo cual no compromete su capacidad de vuelo. Las muestras fueron preservadas en una solución salina saturada DMSO (250mM EDTA pH 8.0; 20%DMSO; NaCl hasta saturación).

Análisis Molecular

Diseño de oligonucleótidos. El diseño de los oligonucleótidos se realizó de una forma sencilla en base a repeticiones en tándem para que el anclaje se realice en las

regiones repetidas de dinucleótidos y trinucleótidos del genoma, tomando en cuenta siempre los pasos sugeridos para el correcto funcionamiento de la reacción de PCR (Cuadro 1).

Cuadro 1. Reglas generales para el diseño de primers.

Parámetros	Valores óptimos
Secuencia única del primer	1-2 nucleótidos G/C
Anclaje de G/C en el extremo 3´	Menor o igual a 3 bases contiguas
No auto-complementariedad	Menor o igual a 3 bases contiguas
Distribución y composición aleatoria de las bases	Contenido de 45 a 55% de G/C
Longitud del primer	18 a 25 bases
Diferencia de Tm entre los dos primers	Menor a 1
Distancia y composición de la secuencia inter-primer	200 a 2000 pares de bases

El extremo 3´ es siempre Guanina o Citocina, ésto es debido a que éstas tienen 3 puentes de hidrógeno, siendo más difícil que se rompan las uniones haciéndolas más estables.

Extracción de ADN. A la muestra de tejido se le agregó 300 µl de solución de extracción (10 mM Tris; 1mM EDTA; 10 mM NaCl y 0.1% SDS) y proteinasa K 5µl (solución 20 mg/ml) en un vial de 1.5ml; se incubó 24 horas a 65°C realizando inversiones ocasionales de los viales. Las proteínas son precipitadas con la adición de 150 µl de acetato de amonio 7.5 M y refrigeración a -70°C por 20 minutos; se centrifugó a 13.000 rpm durante 20 minutos a 4°C; se transfirió el sobrenadante a un vial limpio; el ADN es precipitado adicionando 1ml de etanol frío al 95% y refrigeración a -70°C por 20 minutos (o toda la noche); se centrifugó a 13 000 rpm durante 20 minutos, el etanol es eliminado por inversión evitando perder la pastilla de ADN (esta no siempre es visible); se adicionaron 600 µl de etanol frío al 70% y se centrifugó a 13 000 rpm durante 20 minutos. El etanol es eliminado por inversión de los viales, y la pastilla se dejó secar a 60°C por 10 minutos; se resuspendió la pastilla de ADN en 50 µl de agua bi-destilada desionizada (Fitz Simmons, 1997). 8µl de este ADN fueron corridos en minigeles de agarosa al 1 %, teñidos con bromuro de etidio y visualizados bajo un transluminador de luz ultravioleta. Se cuantificó la cantidad de ADN en un espectrofotómetro para unificar las cantidades de ADN en 40 ng. por medio de diluciones.

Amplificación de los marcadores ISSR. La amplificación de los ISSR se realizó con oligonucleótidos los cuales fueron diseñados siguiendo las reglas antes descritas (Cuadro 2). Las concentraciones de reactivos son DNTPs 200µM, MgCl 1 mM, 0.4 µM de oligonucleótido, 1.5 unidades por reacción de Taq polimerasa, Buffer 10x (100mM tris, 500 mM KCl, pH 8.3) así como 50 ng. de ADN templado en un volumen final de 25µl. el programa de temperaturas en el que se amplifican los marcadores ISSR tiene 5 pasos distintos:

1. 94°C por 3 minutos
2. 94°C por 1 minuto

3. 50° C por 1 minuto
4. 72° C por 1 minuto
5. 72° C por 3 minutos

El paso 2, 3 y 4 se repite 30 veces. 8 µl del producto de esta reacción se sometieron a electroforesis en minigeles de agarosa al 1%, teñidos con bromuro de etidio y se observaron bajo un transluminador de luz ultravioleta para verificar la amplificación de los fragmentos aleatorios (Figura 2).

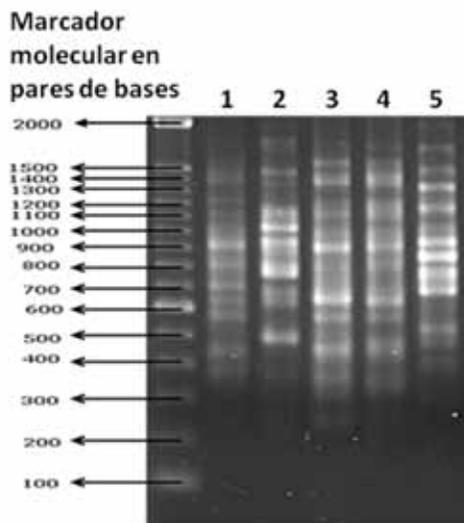


Figura 2. Ejemplo del patrón de bandas obtenidas vistas en geles de agarosa bajo luz ultravioleta. Cada banda representa un fragmento aleatorio del genoma. 1) *Tadarida brasiliensis*; 2) *Sturnira ludovici*; 3) *Tadarida brasiliensis*; 4) *Tadarida brasiliensis*; 5) *Desmodus rotundus*.

RESULTADOS

Diseño de Oligonucleótidos

La secuencia de los oligonucleótidos que fueron diseñados y probados se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Primers utilizados para la amplificación de los marcadores ISSR.

Nombre del Primer	Secuencia (5' → 3')
CA-G	CACACACACACACACAG
GTAG-C	GTAGGTAGGTAGGTAGC
CA-AC	CACACACACACACACAC
CT-G	CTCTCTCTCTCTCTCTG
TG-C	TGTGTGTGTGTGTGTGC
GACA-C	GACAGACAGACAGACAC

Amplificación de ISSRS

Los rangos de tamaño de bandas oscilan entre los 200 y 2000 pares de bases (Figura 2). El número de loci por cada primer se presenta en el Cuadro 3. Se probaron seis primers, y todos funcionaron amplificando los fragmentos, generando en conjunto un total de 172 loci de todo el genoma de Yangoquirópteros.

Cuadro 3. Oligonucleótidos utilizados para la amplificación de los marcadores ISSRS y el número de loci amplificados por cada primer.

Primer	Número de loci amplificados
CA-G	30
GTAG-C	31
CA-AC	28
CT-G	32
TG-C	20
GACA-C	31
Total	172

La asignación de bandas se realizó tomando en cuenta las más brillantes y definidas utilizando el Software Lab Image v. 4 Para determinar el tamaño exacto de las bandas obtenidas (Figura 3).

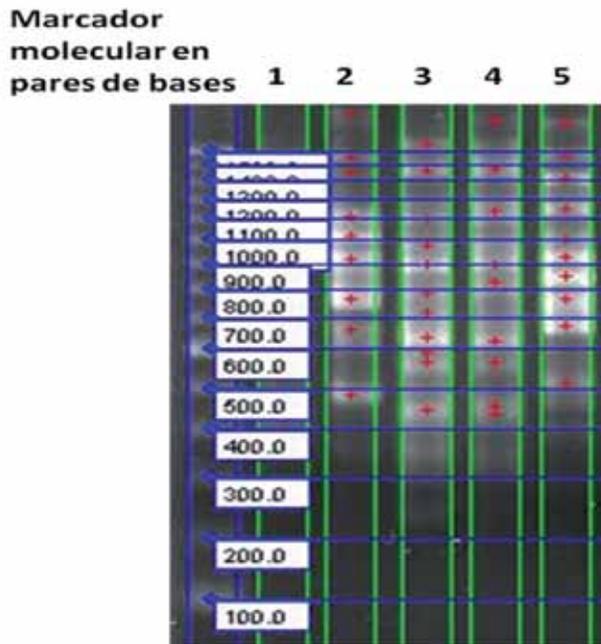


Figura 3. Asignación de bandas para realizar los cálculos en el programa Lab Image. A la izquierda se observa el marcador molecular y cada cruz se considera una banda o locus. 1) Tadarida brasiliensis; 2) Sturnira ludovici; 3) Tadarida brasiliensis; 4) Tadarida brasiliensis; 5) Desmodus rotundus.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El diseño aleatorio de los oligonucleótidos siguiendo las reglas sugeridas para su diseño, funcionó para la amplificación de los marcadores ISSR en Yangoquirópteros, demostrado por la gran cantidad de bandas amplificadas de buena calidad, sugiriendo una fácil reproducibilidad en estudios futuros.

Los fragmentos obtenidos en el presente estudio con el uso de marcadores ISSR tienen un valioso uso para describir diversidad y diferenciación genética dentro de poblaciones de una misma especie, es decir, la obtención de estos fragmentos en sí ya es un avance para el uso de marcadores ISSR en Yangoquirópteros.

Las herramientas moleculares son actualmente empleadas para resolver problemas en distintos niveles jerárquicos, empezando desde el nivel de individuos emparentados para estudiar el impacto que han tenido procesos de fragmentación por ejemplo sobre la conducta reproductiva a partir de análisis de paternidad, o la evaluación de los valores de flujo de genes a partir de la identificación del movimiento de genotipos particulares en escala espacial y temporal reducida. En los niveles de integración mayores (ej Dominios) se han empleado para establecer las características hipotéticas de LUCA (last universal common ancestor).

Específicamente las herramientas moleculares han sido aplicadas para sugerir acciones de manejo sobre especies en peligro de extinción, jerarquizando la importancia de poblaciones sujetas a amenaza definiendo unidades de manejo (Moritz, 1994) y estableciendo el impacto que han tenido los procesos de explotación sobre especies de interés productivo (Grant y Bowen, 1998; Roman y Palumbi, 2004).

Estas aproximaciones han sido posibles gracias a la existencia de información previa de los modelos analizados, sin embargo esto no es siempre así y se requiere en ocasiones hacer una estimación rápida en especies no modelo. En este tipo de escenarios en el que se requiere una aproximación preliminar, previa a la obtención de información suficiente para usar herramientas no dominantes (ej microsatélites y secuencias de nucleótidos) los marcadores ISSR ofrecen una excelente alternativa, en linajes de organismos en los que se sabe se presentan repetidos en tandem dentro del genoma.

LITERATURA CITADA

Abbot, P. 2001. Individual and population variation in invertebrates revealed by Inter-simple Sequence Repeats (ISSRs). *Journal of Insect Science* 8:1-3.

Fitzsimmons, N. 1997. Male Marine Turtles: Gene Flow, Phylogeny and mating Systems of the Green Turtle *Chelonia mydas*. Tesis doctoral. Universidad de Queensland, Australia. 241 p.

Gonzales, A. and X. Aguirre. 2007. Inter Simple Sequence Repeats (ISSRs) en Herramientas Moleculares. UNAM. pp 567- 571.

Gonzalez, J. and M. Wink. 2008. Evidence from DNA nucleotide sequences and ISSR profiles indicates paraphyly in subspecies of the Southern Grey Shrike (*Lanius meridionalis*). *Journal of ornithology*. DOI 10.1007/s10336-008-0293-y

Grant, W. and B. Bowen. 1998. Shallow population histories in deep evolutionary lineages of marine fishes: insights from the sardines and anchovies and lessons for conservation. *Journal of Heredity* 89: 415-426.

Jin, Y., T. He, and B. Lu. 2003. Fine scale genetic structure in a wild soybean (*Glycine soja*) population and the implications for conservation. *New Phytology* 159:513-519.

Johnson, E., J. Romero-Severson, C. Astorga, F. Casanoves, S. Jackson, I. Ortiz, O. Quiroz, and J. Stuart. 2004. *Applications of Molecular Tools in Agricultural and Forestry Sciences*. Costa Rica. CATIE Purdue University. 150 p.

Koskinen, M. T., H. Hirvonen, P. A. Landry and C. R. Primmer. 2004. The benefits of increasing the number of microsatellites used in genetic population studies: an empirical perspective. *Hereditas* 141: 61-67.

Liston A., B. L. Wilson, W. A. Robinson, P. S. Doescher, N. R. Harris, and T. Svejcar. 2003. The relative importance of sexual reproduction versus clonal spread in an arid land bunchgrass. *Oecologia* 137: 216-225.

Moritz, C. 1994. Defining evolutionarily significant units for conservation. *Trends in ecology and evolution* 9: 373-375.

Nybon, H. 2004. Comparison of different nuclear DNA markers for estimating intraspecific genetic diversity in plants. *Molecular Ecology* 13: 1143-1155.

Roman, J. and S. Palumbi. 2003. Whales before whaling in the North Atlantic. *Science* 301: 508-510.

Zietkiewicz, E., A. Rafalski and D. Labuda. 1994. Genome Fingerprinting by simple Sequence Repeat (SSR)-Anchored Polymerase Chain Reaction Amplification. *Genomics*. 20: 176-183.

Zizumbo-Villareal, D., P. Colunga-García, E. P. De la Cruz, P. Delgado-Valerio and P. Gepts. 2005. Population structure and evolutionary dynamics of wild-weedy domesticated complexes of common bean in a Mesoamerican region. *Crop Science* 45: 1073-1083.

LAS ALGAS, SU COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA EN EL LAGO DE CUITZEO DE 1976 A 2002

María del Rosario Ortega Murillo ¹, Isabel Israde Alcantará², Reyna Alvarado Villanueva¹ y Marbella Arredondo Ojeda¹

¹ Facultad de Biología, UMSNH. Edificio R, Ciudad Universitaria.

² Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, UMSNH. mortega@zeus.umich.mx

RESUMEN

Las algas se refieren al conjunto de plantas primitivas que abarca una gran diversidad de organismos. Los cuales varían de tamaño que van desde un micrómetro hasta organismos grandes. La mayoría son considerados como fotoautótrofos aunque algunos pueden ser heterótrofos facultativos u obligados. Este gremio se puede encontrar en la zona fótica de los cuerpos de agua, distinguiéndose organismos en suspensión en el agua (fitoplancton) o pueden encontrarse adheridas a algún sustrato en la orillas de los cuerpos de agua dulce o sobre otras plantas (perifiton) o también formando parte del sedimento (fitobentos) cerca de la ribera o en la zona profunda del sistema acuático. Se muestreo con una red (fitoplancton), en forma manual (perifiton) y con draga (bentónicas), las cuales fueron fijadas con formol al 4% y procesadas en diferentes periodos por parte del Laboratorio de Biología Acuática. Para 1979 se registran "florecimientos" de algas azul-verdes. En 1985 se comenta el proceso de hipertroficación que sufre el lago, analizando las causas de dicho fenómeno en el vaso oeste durante el período 1979-1981, en donde se menciona la composición y abundancia del fitoplancton y se relaciona con la calidad del agua. En el 2002 se alude que continúan los florecimientos de las algas azul verde en los sitios de las entradas de aguas negras, asimismo se mencionan especies de diatomeas relacionadas con la contaminación del lago y desde hace más de 1000 años en el lago de Cuitzeo ya se considera en proceso de eutroficación.

Palabras clave: Fitoplancton, perifiton, bentónicas, florecimientos, hipertroficación.

INTRODUCCIÓN

El lago de Cuitzeo, hasta 1979 era considerado como uno de mayor extensión a nivel Nacional y calificado como un sistema maduro de acuerdo a su evolución natural (Metcalf, 1988; SEPESCA, 1990; Ceballos et al., 1994). Dicha madurez se ha acelerado por la actividad antropogénica, lo cual se ha reflejado en su paisaje y en las comunidades acuáticas. Las algas que conforma uno de las comunidades más importantes, ya que es el gremio de productores primarios que ha resistido a una serie de cambios en sus componentes (Alvarado et al., 1985; Ceballos et al., 1994).

El término de algas se refieren al conjunto de plantas primitivas sin algún parentesco genético y que abarca una gran diversidad de organismos, los cuales varían de tamaño desde de unos micrómetros hasta centímetros en algunos organismos. La mayoría son consideradas como fotoautótrofas aunque algunas pueden ser heterótrofas facultativas u obligadas (Chapman y Chapman, 1973; Darley, 1987; Graham y Wilcox, 2000). Este gremio se puede localizar en la zona fótica de las aguas abiertas (limnéticas) o en las orillas (litoral) de los cuerpos de agua. Distinguiéndose organismos suspendidos en el agua (fitoplancton) o encontrarse adheridas a algún sustrato en la orillas de los cuerpos de agua dulce o sobre plantas (perifiton) o formando parte de los sedimentos del fondo (fitobentos) cerca de la ribera o en las zonas profundas del sistema acuático (Margalef, 1984; Darley, 1987).

Además las algas por sus ciclos vitales cortos reflejan los cambios ambientales en los cuerpos de agua, dichos cambios pueden suceder en forma natural o por las actividades humanas, que pueden modificar la estructura de sus comunidades y repercute en su papel de productores primarios (Barbour et al., 1999; De la Lanza et al., 2000). En el presente trabajo se analizan los cambios que sobrellevaron las algas durante el proceso de eutrofización a hipertroficación en el lago de Cuitzeo desde 1979 hasta el 2002.

Área de Estudio

El lago de Cuitzeo se localiza entre los 19° 53'15" y 20°04'34" de latitud norte y a los 100° 50'20" y 101°19'34" longitud oeste a los 1.880 m s.n.m., abarcando la mayor parte del norte de Michoacán y la cuarta parte en el sur de Guanajuato. Forma parte del Cinturón Volcánico Transversal, su origen data del Pliocuaternario. Con depósitos aluviales y lacustres recientes de diatomeas, limo, arcilla y arena (Israde, 1999; Israde-Alcantara; Garduño-Monroy, 1999). Los suelos son vertisoles, solonchak gleico y ranker. Pertenece a la región hidrológica 12, con dos afluentes: El río Grande de Morelia y Zinapécuaro-Queréndaro. El Clima se puede considerar templado que oscila de cálido a seco. La vegetación terrestre es subtropical, pastizales y una gran cantidad de maleza acuática. La extensión del espejo de agua es de 420 km², su máxima longitud es de 52 km de este a oeste y su máxima anchura de 12.5 km y con una profundidad de menos de 2 m, durante los diferentes periodos se seco de la ½ a las ¾ partes del lago (Alvarado et al., 1984; Ceballos et al., 1994; Chacón et al., 2000).

METODOLOGÍA

El estudio se realizó en tres etapas, para 1979 se muestrearon siete sitios de colecta: La Palma, Capacho y Santa Rita (Zona oeste), San Agustín (Zona central), Iramuco, Dren Queréndaro y Queréndaro (Zona este). En 1981: La Palma, Capacho y San Agustín. En 1997: La Palma, San Agustín, Iramuco, Dren Queréndaro y Queréndaro. Las salidas fueron para 1979 durante las cuatro épocas del año; en 1981 de enero a junio y en 1997 se abarcó la época de lluvias y secas. Para el análisis cualitativo del fitoplancton en cada temporada se muestreó con una red de malla fina, los arrastres se realizaron durante cinco minutos en forma horizontal, con respecto al análisis cuantitativo se tomó una muestra de 250 ml en forma directa.

En la obtención de las muestras del análisis cualitativo del perifiton se realizó en forma manual raspándose los diferentes sustratos con una navaja y para el análisis cuantitativo se utilizó un cuadrado de 22 x 22 cm. Para las bentónicas se utilizó la draga Ekman y se tomaron dos submuestras una para el análisis cualitativo y otra para la cuantificación. Todas las muestras fueron fijadas con formol al 4% y procesadas en diferentes periodos por parte del laboratorio de Biología Acuática UMSNH se utilizó un microscopio compuesto marca Zeiss para la determinación de los organismos en el periodo 1979 y 1982 se determinó los organismos a nivel de género, posteriormente se identificaron las especies más abundantes, en el periodo del 2002 se trabajó hasta nivel de especie, tanto para la obtención de los nombres género y especies se utilizó la bibliografía especializada.

La cuantificación en los periodos 1979 y 1982 se aplicó la técnica de Edmonson (Vollenweider, 1969; Lind, 1985); para el periodo de 1982 se utilizó la técnica de sedimentación (Vollenweider, 1969; Lind 1985; González, 1988). En cada salida se midió la calidad del agua.

RESULTADOS

En las Figuras 1 y 2 se muestran los resultados obtenidos en la riqueza de taxa para los periodos de 1979 y 1997, donde estuvieron presentes cinco clases que corresponden a cinco divisiones. La división con mayor diversidad de especies corresponde a las Bacillariophyceae (Diatomeas) en ambos periodos, pero difiriendo con la menor riqueza de taxa, ya que para el periodo de 1979 correspondió a las clases Euglenophyceae y Dinophyceae, mientras que en 1997 se detectaron solamente las Dinophyceas. Para el periodo de 1981 ocurre una disminución en la riqueza de taxa y la clase Dinophyceae no está presente en este periodo, y las Euglenophyceas presentaron los valores bajos, mientras que la mayor riqueza vuelve a corresponder a las Bacillariophyceae (Figura 3).

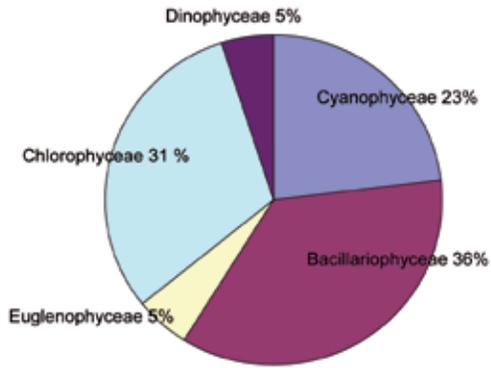


Figura 1. Riqueza de taxa 1979.

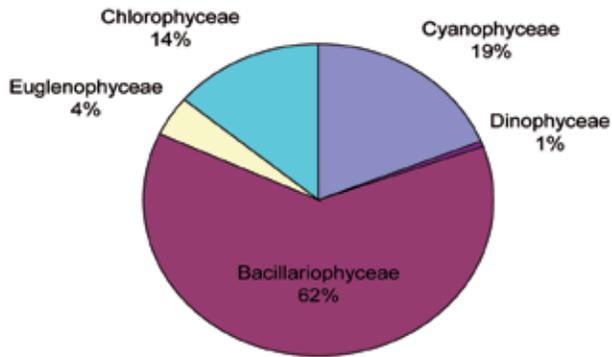


Figura 2. Riqueza de taxa 1997.

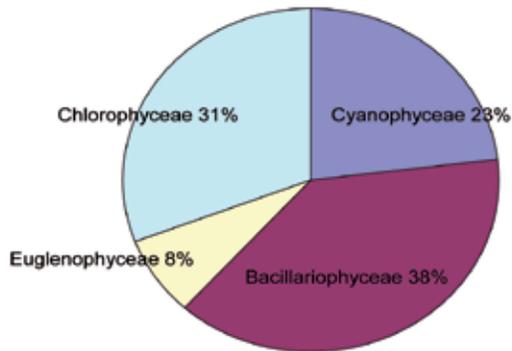


Figura 3. Riqueza de taxa 1981.

Con respecto a la abundancia Cyanophyceae son las que aportan la mayor proporción en los tres periodos (Figuras 4, 5 y 6), la menor abundancia fue para Dinophyceae, en los periodos 1979 y 1997. Mientras que para el espacio de 1981 las clases menos abundantes correspondieron a Bacillariophyceae, Chlorophyceae y Euglenophyceae.

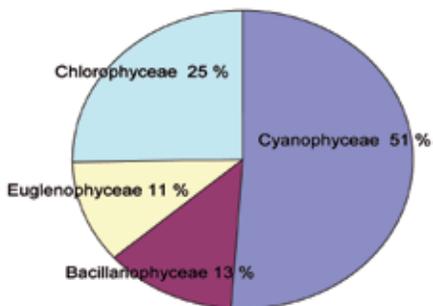


Figura 4. Abundancia de taxa del 1979.

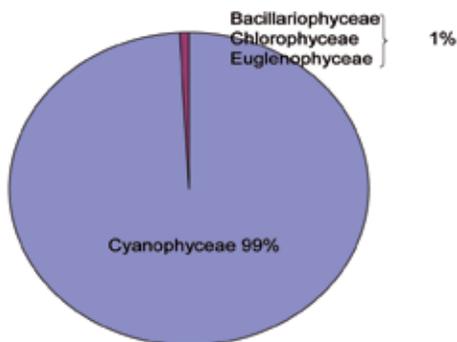


Figura 5. Abundancia de taxa del 1981.

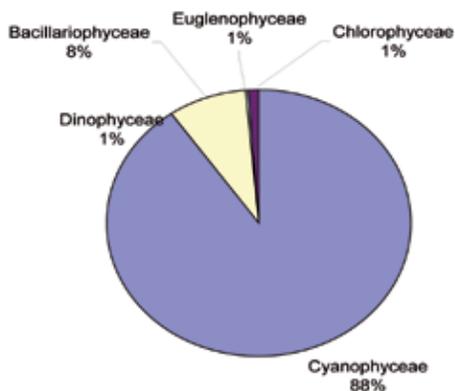


Figura 6. Abundancia de taxa del 1999.

Las especies más abundantes para el periodo 1979 y 1997 corresponden a las Cyanophyceae y fueron *Anabaenopsis arnoldii* y *Anabaena planctónica* Brunthaler (Figura 7), en el periodo 1981 los florecimientos de algas azul-verde continuaron detectándose a varias especies de *Oscillatoria* spp. (Figura 8). La presencia de una especie que no es abundante en todo el lago pero si en los sitios más salinos correspondió a *Stephanocyclus meneghiniana* Skabitschevsky (Figura 9).

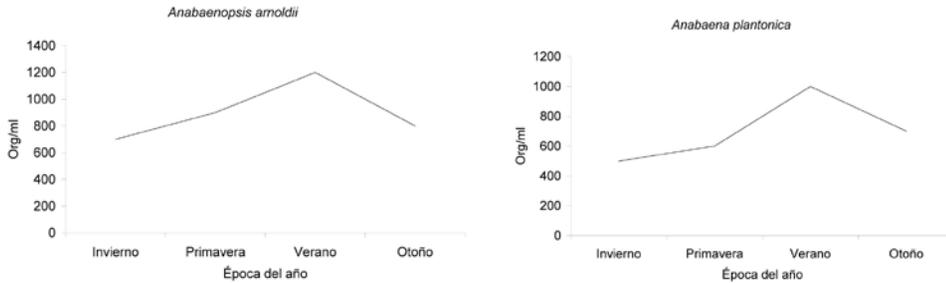


Figura 7. Especies más abundantes del 1999.

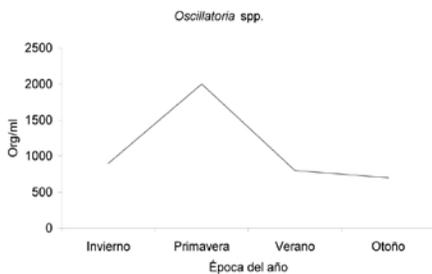


Figura 8. Especies más abundantes del 1981.

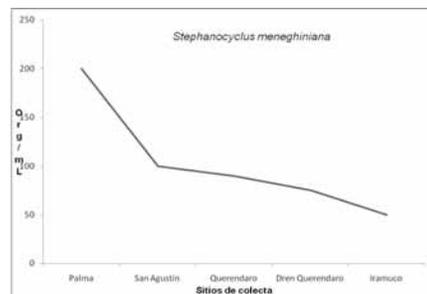


Figura 9. Especies más abundantes de sitios salinos 1997.

DISCUSIÓN

Existen ecosistemas forzados o que trabajan bajo tensión (Margalef, 1983), entre los cuales se encuentran los lagos salados o salinos o athalasoalinos, cuyas características principales es que se localizan en cuencas endorreicas y su salinidad oscila superior a los 3 gL^{-1} (Margalef, 1983, Alcocer y Escobar, 1992; Alcocer y Williams, 1993; Alcocer y Hammer, 1998), el Lago de Cuitzeo se localiza en el Cinturón Volcánico Transversal y corresponde a una cuenca endorreica y que se caracteriza por presentar tres zonas o regiones bien definidas con base a la conductividad y salinidad, la zona este de agua dulce es donde se encuentra la entrada de los dos ríos que desembocan al cuerpo de agua, la zona más salina con valores altos y corresponden a la región o vaso oeste y una zona intermedia o central (Alvarado et al., 1985; Ceballos et al., 1994; Israde, 1999; Israde-Alcantara y Garduño-Monroy, 1999; Chacón et al., 2000).

Los cuerpos salinos o athalasoalinos son someros y sus productores primarios principales corresponden a organismos o componentes del plancton y del perifiton, dadas las condiciones de salinidad existen pocas especies que se desarrollen

exitosamente en esta agua, así que sus principales componentes corresponden a las divisiones diatomeas y algas azul verde (Margalef, 1983; Alcocer y Escobar 1992). En el caso de los productores primarios en las aguas salinas de Cuitzeo la mayor diversidad o riqueza de taxa concernió a las Diatomeas (Bacillariophyceae) como primer lugar siguiéndole Cyanophyceae o algas azul verde en las tres zonas, pero la mayor abundancia fue aportada por Cyanophyceae sobre todo en los sitios donde entra las aguas negras al lago (Dren Queréndaro, Queréndaro e Iramuco), mientras que en los sitios con valores altos de sales se detecta a las diatomeas con *Stephanocyclus meneghiniana* Skabitschevsky (La Palma, San Agustín y Capacho), ambos grupos se pueden encontrar formando parte del plancton y del perifiton (Ortega, 1985; Ortega y Alvarado, 1998).

Las algas por su ciclo de vida son utilizadas como indicadoras de las condiciones ambientales (Barbour et al., 1999; De la Lanza et al., 2000), las Cyanophyceae o algas verde azules se desarrollan principalmente en aguas con presencia de valores altos de alcalinidad y en materia orgánica; las diatomeas por su sensibilidad a las respuestas ambientales se utilizan como indicadoras de condiciones ambientales actuales y del pasado (Margalef, 1957; Lowe, 1974; Metcalfe, 1988).

En los sistemas acuáticos salinos se puede reflejar el fenómeno de eutrofización con el estudio de los productores primarios: fitoplancton y perifiton (Alcocer y Escobar, 1992), así como algunas variables ambientales (concentración de oxígeno, transparencia, nutrimentos, entre otras). Dicha condición trófica se detecto desde hace más de 1000 años en el lago de Cuitzeo, donde se estudiaron las comunidades algales del fitoplancton y perifiton; detectándose que dichos gremios pasaron a ser una monocomunidad específica con el gran dominio de *Stephanocyclus meneghiniana* Skabitschevsky y que en la actualidad persiste en los habitas salinos en el lago (Ortega, 2002; Israde et al., 2002).

Cortés (1976, inédito) analiza los organismos del fitoplancton, realiza en su exposición preliminar la florística donde las diatomeas son más diversas y además registra "florecimientos" de algas verde-azul dada con la presencia de *Anabaena aphanizomenoides* (Forti) Hortobágyi et Komárek y *Anabaenopsis arnoldii*, en la época cálida, dicho fenómeno persiste con *Anabaenopsis arnoldii* y *Anabaena planctónica* Brunthaler en 1979, considerándose para este periodo todavía el proceso de eutrofización que se presentaba en el cuerpo de agua.

Alvarado et al. (1985) detectan a fines de 1979 el proceso de hipertroficación en el vaso oeste, discuten la disminución del volumen de agua, así como el incremento en la carga interna de nutrientes sobre los cambios en el fitoplancton y que posteriormente se reflejaron en las otras comunidades (zooplancton, peces, macroinvertebrados). Para el periodo 1979-1981 se detecta un marcado incremento en la abundancia y dominancia de *Oscillatoria* spp., así como la disminución de la diversidad del fitoplancton; aparentemente dichos cambios en el fitoplancton modificaron la comunidad zooplanctónica y provocaron mortalidades masivas de peces (Alvarado et al., 1985; Ortega, 1985; Ceballos et al., 1994; Chacón et al., 2000).

Las Cyanophyceae tienden a ser características de los ambientes con aguas salinas, en un pH básico, alcalinidad y fosfatos elevado; con baja profundidad y poca transparencia (Alcocer y Escobar, 1992; Alcocer y Hammer 1998), dichas condiciones

prevalecieron en el lago durante 1979-1981, lo cual permitió la presencia de algas fijadoras de nitrógeno como *Anabaenopsis arnoldii* y *Anabaena* planctónica Brunthaler con auges en verano y que hacen un "efecto de sombra" sobre las otras algas (Alvarado et al., 1985; Ortega, 1985; Ceballos et al., 1994; Chacón et al., 2000).

Al continuar disminuyendo la profundidad y la transparencia del cuerpo, lo convierte en un lago de aguas turbias, haciendo al nitrógeno como un factor limitante, provocando que las algas que fijaban nitrógeno sean cambiadas por otros tipos organismos de bajo requerimiento de luz como sucedió con la presencia de varias especies de *Oscillatoria* spp. ocurriendo a principios de la primavera, lo anterior crea las condiciones para que se desarrolle el zooplancton de cuerpo corto como fue la presencia de *Moina* sobre *Daphnia* y que colorearon el agua roja, provocando gran mortandad de peces y la proliferación de la mosca, que repercutió en la salud de los pueblos ribereños (Alvarado et al., 1985; Ortega, 1985; Ceballos et al., 1994; Chacón et al., 2000). Aunado a lo anterior se agrega las altas cantidades de oxígeno durante el día y en la noche puede suceder la anoxia, fenómeno que se reflejo en 1981, a esos cambios tanto de las condiciones ambientales y comunidades son consideradas dentro de la evolución de los lagos como el proceso de eutroficación a hipertroficación (Alvarado et al., 1985; Ceballos et al., 1994; Chacón y Alvarado, 1995; Chacón et al., 2000).

Ortega y Alvarado (1998) y Ortega (2002), mencionan como la diversidad se vuelve a recuperar en el lago pero aluden que continúan los florecimientos de las algas azul verde (*Anabaena* planctónica Brunthaler y *Anabaenopsis arnoldii*), sobre todo en las entradas de aguas negras; con respecto a las diatomeas observaron en el fitoplancton que el 1% de especies son euplanctónicas y el resto son ticoplanctónicas. La especie de diatomeas más abundante para el fitoplancton fue *Nitzschia palea* (Kutz) W. Smith, la cual es resistente a la contaminación orgánica y su mayor abundancia se localiza al ingreso de los afluentes. Para el perifiton y fitobentos menciona que la mayor diversidad corresponde a las diatomeas y las especies más abundantes para el perifiton fue *Nitzschia palea* (Kutz) W. Smith y *Amphora ovalis* (Kutzing) Kutzing, ambas indicadoras de la presencia de materia orgánica, para el fitobentos las especies mas abundantes se le atañen a *Stephanocyclus meneghiniana* Skabitschevsky.

CONCLUSIONES

Las algas como productores primarios, en los lagos salinos reflejan las condiciones del estado trófico, para el caso del lago de Cuitzeo, la disminución de la diversidad, la abundancia de las Cyanophyceas y las condiciones ambientales que prevalecieron en los diferentes periodos del muestreo, marcan los cambios del estado trófico que desde hace más de 1000 años hasta 1979 se consideraba un cuerpo en estado eutrófico, cambiando sus comunidades a principios de 1981-1983 en que se presenta el estado hipertrófico. Y en la actualidad la comunidad de las algas se ha mantenido constante en su diversidad y abundancia.

LITERATURA CITADA

- Alcocer, J. y E. Escobar. 1992. La Producción Primaria en aguas Athalasohalinas. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 43: 101-108.
- Alcocer, J. y W. D. Williams. 1993. Lagos Salinos Mexicanos. Pp. 849-865. In *Biodiversidad Marina y Costera de México*, S. I. Salazar-Vallejo y N.E. González (ed.) Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México, 865 pp.
- Alcocer, J. and U. T. Hammer. 1998. Saline lake ecosystems of Mexico. *Aquatic Ecosystem Health and Management* 1: 291-315.
- Alvarado, D., J. J., T. Zubieta R., R. Ortega M., A. Chacón T. y R. Espinozas G. 1985. Hipertroficación en un lago tropical somero (Lago de Cuitzeo, Michoacán, México). *Revista Biológica*. 1. Escuela de Biología. UMSNH. 1-22.
- Barbour, M. T., J. Gerritsen, B. D. Snyder, and J. B. Stribling. 1999. Rapid Bioassessment Protocol for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic macroinvertebrate and Fish. Second edition. EPA 841-B-99-002 U.S. Environmental Protection Agency, Office of water; Washington D.C.
- Chacón, A. y J. Alvarado. 1995. El lago de Cuitzeo. In: G. de la Lanza y J.L. García (comps). *Lagos y Presas de México*. Centro de Ecología y Desarrollo, México. 117-127.
- Chacón-Torres A.; C. Rosas-Monge. and J. Alvarado-Díaz. 2000. The effects of hypertrophication in a tropical Mexican lake. *Aquatic Ecosystems of Mexico: Status and Scope*. Edited by M. Munawar, S.G. Lawrence, I.F. Munawar & D.F. Malley. *Ecovision World Monograph Series*. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands. 89-101 pp.
- Chapman V. J. and D. J. Chapman. 1973. *The algae*. 2ª. Ed. Macmillan Press, Londres, 497.
- Ceballos, C., J. G. A, M. R. Ortega M., M. Medina N., M. Martínez T., L. S. Rodríguez J. y S. González S. 1994. Análisis Limnológico del lago de Cuitzeo Michoacán, México. *Revista Biológicas de la Escuela de Biología de la UMSNH*, N° 4. 45 pp.
- Darley, W. M. 1987. *Biología de las Algas. Enfoque Fisiológico*. Edit. Limusa. 231 pp.
- De la Lanza, Espino, G., S. Hernández Pulido y J. L. Carbajal Pérez. 2000. Organismos indicadores de la calidad del agua y contaminación (Bioindicadores). *Comisión Nacional del Agua y la Universidad Nacional Autónoma de México*. 633 pp.
- Edmonson, W. T. 1959. A simplified method for counting phytoplankton. 15-16. In *Vollenweider, R.A., J.F. Talling and D.F. Westlake. A Manual on Methods for Measuring Primary Production in Aquatic Environments*. Second edition. International Biological Programme 7 Marylebone Road, London.
- González I. A. 1988. *El Plancton de aguas continentales*. Sec. General de la Organización de los Estados Americanos. Washington D.C. 109 pp.

Graham, L. E. and L. W. Wilcox. 2000. *Algae*. Prentice –Hall International. 640 pp.

Israde-Alcántara, I. y V. H. Garduño-Monroy. 1999. Lacustrine Record in a Volcanic Intra Arc setting: The Evolution of late Neogene Cuitzeo Basin System Central Western Mexico, Michoacan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 209-227.

Israde, A., I. 1999. Los Lagos Volcánicos y Tectónicos en Michoacán. *Carta Geológicas de Michoacán escala 1: 250 000*. Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, UMSNH. 45-74.

Israde-Alcántara, I., V. M. Garduño-Monroy y R. Ortega-Murillo. 2002. Paleambiente Lacustre Del Cuaternario Tardío En El Centro del Lago de Cuitzeo. *Rev. Hidrobiológicas* Vol. 12, Núm. 1. Pág. 61-78.

Lind O.T. 1985. *Limnology Second Edition*. Kendall/Hunt Publishing Company 199 pp.

Lowe, R. L. 1974. Environmental Requirements And Pollutin Tolerance of Freshwater Daitoms. EPA report # Epa-6704/74-005, Cicinnati Oh, 333 pp.

Margalef, R. 1957. *Los Organismos Indicadores de Limnología*. Instituto de Investigaciones Forestales, Madrid.

Margalef, R. 1983. *Limnología*. Edic. Omega, Barcelona España. 1010 pp.

Metcalf, S. F. 1988 Modern diatom assemblage in Central Mexico: the role of water chemistry and other environmental factors as indicated by TWINSPAN and DECORANA. *Fres. Biol.* 19:217-233.

Ortega M., M. R. 1985. Contribución al Conocimiento del Fitoplancton del Lago Cuitzeo, Mich., México. Tesis Profesional Escuela de Biología, UMSNH.

Ortega M., M. R. y R. Alvarado V. 1998. El Perifiton Vegetal del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México. Resumen del Séptimo Congreso Latinoamericano de Botánica, XIV Congreso Mexicano de Botánica. pág. 166.

Ortega, M. María del R. 2002. Evolución del lago de Cuitzeo en los últimos Ca 18,000 años A.P. con base en el análisis de las diatomeas del presente y pasado. Tesis de Maestría. Facultad de Biología. UMSNH. 101 pp.

SEPESCA. 1990. Determinación del Potencial Acuicola de los embalses Epicontinentales Mayores de 10,000 hectáreas a Nivel De Aprovechamiento, LAGO. 71 DE CUITZEO, Informe final pp.

Vollenweider, R. A. 1969. A manual on methods for measuring primary production in Aquatic environments. International Biological Program Handbook No. 12. Blackwell Scientific Publications Ltd. Oxford England. 213 pp.

INTERCEPCIÓN PLUVIAL EN DISTINTOS ECOSISTEMAS DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DE COINTZIO, MICHOACÁN

Esperanza Díaz Fernández, Alberto F. Gómez Tagle Rojas

Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales (INIRENA), UMSNH. Av. San Juanito Itz'icuaró s/n. Col. San Juanito Itz'icuaró. C. P. 58330 Morelia, Mich.

peradf@hotmail.com; dr.alberto.gomez.tagle@gmail.com

RESUMEN

La lluvia interceptada por diferentes compartimentos del ambiente en su paso hacia los acuíferos u otros cuerpos de agua, pasa a través de masas arboladas, permanece en la superficie de las hojas, dentro de la planta misma y en parte se pierde por evapotranspiración o se infiltra en el suelo. Se conoce poco de estos movimientos que son de suma importancia para los servicios ambientales. La finalidad de la investigación fue evaluar y comparar la intercepción de lluvia en hojarasca de pino, encino y pastizal, evaluando su relación con la humedad del suelo e infiltración del agua, midiendo la intercepción de lluvia en tres tipos de cobertura vegetal con diseño de bloques, plantación de pino, bosque de encino y pastizal inducido, evaluando su relación con las características dasométricas de la vegetación y algunas propiedades físicas del suelo, se midió la lluvia dentro y fuera de cada cobertura arbórea, mediante pluviómetros y se usó un simulador de lluvia en pastizal y hojarasca. Se analizaron en el arbolado: cobertura, precipitación, flujo caulinar, intercepción, humedad del suelo e infiltración del agua. En pastizal fueron: intercepción, humedad del suelo e infiltración del agua, comparando con hojarasca de pinos y encinos. Los resultados indican que en muchos eventos intercepción y flujo caulinar resultaron mayores en encinos que en pino y pastizal. La intercepción en plantaciones de pino es menor a la de encinos. La intercepción del pastizal es diferente a la hojarasca de encino pero no a la de pino. Las precipitaciones máximas fueron en un rango de 35mm a 45mm, el flujo caulinar y el flujo a través del follaje fue mayor en encinos que en pinos, la intercepción de lluvia varió de 25% al 40% en pinos y de 20% al 30% en zona de encinos.

Se concluye que en pinos de 18cm de diámetro y 12m de altura se presentó una captación hasta de 250 litros por evento de 25mm de lluvia, los encinos tienden a interceptar mayor cantidad de lluvia. La infiltración ocurre en forma más rápida sin hojarasca y más lenta con hojarasca.

Palabras clave: Hidrología forestal, plantaciones forestales, ciclo hidrológico, flujo caulinar, balance hídrico.

INTRODUCCIÓN

La precipitación pluvial es interceptada por distintos compartimentos como es la vegetación, el mantillo forestal, etc., donde el agua puede permanecer por un tiempo y otra parte se pierde por evapotranspiración o se infiltra en el suelo. El mantillo forestal ayuda a disminuir la velocidad de los escurrimientos superficiales así como el pasto, ayudando a incrementar la humedad en el suelo. (Ward y Robinson, 2000).

La subcuenca hidrográfica de la presa Cointzio pertenece a la cuenca de Cuitzeo dentro del estado de Michoacán, presenta deforestación significativa que ha conducido a la plantación de árboles desde 1946 por distintas dependencias de gobierno (Agencia General de la SAG, Unión de Productores Forestales de Michoacán AC, Comisión Forestal del Estado de Michoacán (COFOM), Distrito de Conservación de Suelo y Agua de la SAG) (Madrigal y Trujillo, 2000). Debido al poco éxito que han tenido las reforestaciones surge la inquietud de evaluar algunas plantaciones en relación con el recurso hídrico de la cuenca, y se consideró como objetivo del trabajo, evaluar y comparar el efecto de interceptación pluvial por plantaciones de Pinus michoacana, encinar y pastizal en la zona baja de la cuenca hidrográfica de Cointzio, comparando la interceptación de lluvia en hojarasca de pino, encino y pastizal, evaluando su relación con la humedad del suelo e infiltración del agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la evaluación de cada plantación se delimitó un sitio de 1000 m² considerando que es el área mínima representable para evaluación de zonas de arbolado, utilizando el método del Sistema Agrológico Forestal (Gómez Tagle, 1997). En seis sitios de arbolado se midió porcentaje de cobertura con un densitómetro convencional, altura con un Hipsómetro Haglof electrónico, diámetros de copa con un Longímetro de 100 m Mod. FG 9901, diámetro del tronco (DT) y diámetro al 1.30m (DAP) con una cinta diamétrica de 5 m, la precipitación dentro y fuera de la plantación con pluviómetros convencional, el flujo caulinar colocando collarines de plástico alrededor del tronco y conectado a un colector en tres árboles por sitio, flujo interfoliar (es la precipitación dentro de la plantación) e interceptación por medio de las siguientes fórmulas:

$$\text{Intercepción total} = I_c + I_m$$

$$I_c = P_t - F_i - F_c$$

Recarga de agua al suelo forestal = $F_i + F_c$

Precipitación neta es:

$$P_n = F_i + F_c - I_m$$

Donde:

I_c = Intercepción de cobertura arbórea, I_m = Intercepción del mantillo forestal, P_t = Precipitación total, F_i = Flujo interfoliar, F_c = Flujo caulinar, (Brooks et.al. 1991) en 17 eventos de lluvia. Se hizo el análisis de ANOVA y correlaciones entre variables.

En pastizal y hojarasca se midió la intercepción, humedad del suelo e infiltración del agua, con tres repeticiones en cada tipo de hojarasca y pastizal, utilizando un simulador de lluvia portátil con intensidad de 8.5mm/h, la humedad se midió con Field ScoutTM TDR 300, la infiltración con un Infiltrómetro de doble anillo Turstec.

La intercepción del pastizal se midió con el simulador de lluvia portátil de campo aplicando el mismo método de la intercepción de la hojarasca. En los tres sitios de pastizal se midió la humedad e infiltración el mismo día que se obtuvo la intercepción del pasto. Se hizo análisis de correlación y ANOVA.

RESULTADOS

Estrato Arbóreo

Para el año 2004 la precipitación total fue de 1073.7 mm, la temperatura máxima para el mes de abril fue de 21.3 °C, la evapotranspiración fue de 789.2 mm, en general para este año las mayores precipitaciones se concentraron de finales de mayo a septiembre donde las precipitaciones máximas se presentaron en un intervalo de 35 mm a 45 mm, fue un año más cálido en los meses de abril y mayo y la evapotranspiración fue alta con un 3.3 % más que la media anual.

En cuanto a los datos dasométricos se obtuvo que para pinos el diámetro de copa varió de 4.0 m y 6.5 m, en encinos de 4.9 m a 5.8 m, la cobertura en pino fue de 87% a 97% y en encinos de 50% a 93%. El diámetro del tronco al 1.30 m varió de 18.6 cm a 37.3 cm para pino y en encino de 20.3 cm a 21.5 cm.

El flujo interfoliar fue variable en un intervalo de 10.3 mm a 19.9 mm en pino y de 6.3 mm a 19.9 mm para encino lo cual en promedio y porcentaje es similar al reporte de Flores et. al., 2003, y mayor al de Cantú y González, 2001. En general se observó mayor amplitud de variación en los sitios de encino. El flujo caulinar fue más variable que el interfoliar en un intervalo de 0.2 mm a 0.5 mm en pino y de 0.2 mm a 0.8 mm para encino, en general se obtuvo mayor flujo caulinar en zona de encinos que en pino, el valor máximo en pino fue de 0.52 mm y en encino de 0.77 mm. La intercepción fue de 0.2 mm a 9.7 mm para pino y de 0.6 mm a 13.7 mm en bosque de encino (Figura 1).

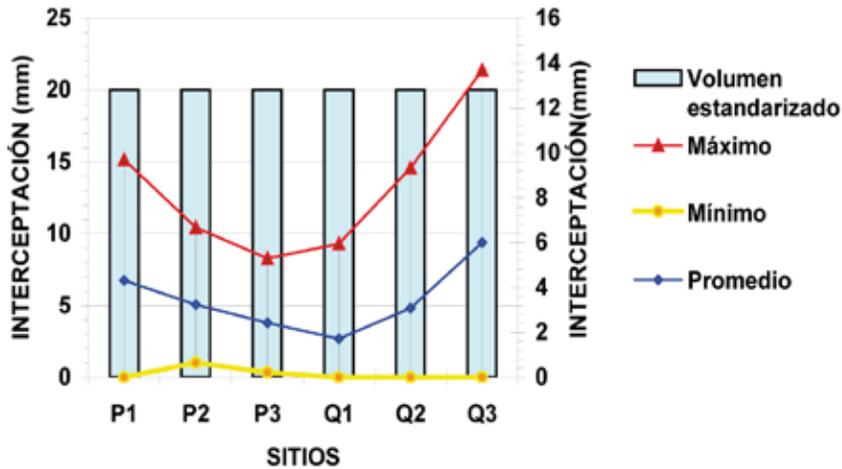


Figura 1. Interpretación pluvial del arboleado.

En la mayoría de los eventos la interceptación y flujo caulinar resultó mayor en *Quercus* que en las plantaciones. Se estandarizaron los datos a 20 mm de precipitación y se obtuvo que la interceptación máxima en pino fue de 9.7 mm a 5 mm, en encino de 13.7 mm a 6 mm. La interceptación promedio en pino fue de 4.3 mm a 2.42 mm, en encino de 6 mm a 1.7 mm. La interceptación mínima para pino fue de 0.6 mm a 0 mm y en encino fue 0 mm en todos los sitios.

En el análisis de varianza se encontró que para la interceptación de las plantaciones en relación con los sitios de encino, las medias no son significativamente diferentes al 95% de confiabilidad. Las variables utilizadas para el análisis de correlación fueron: Interceptación, precipitación, diámetro al 1.30 m de altura y volumen de copa, en los tres sitios de pino (P1, P2, P3) y los tres de encino (Q1, Q2, Q3), en donde se obtuvo para las plantaciones de pino una correlación negativa entre interceptación y precipitación (-0.61), para diámetro al 1.30m fue correlación positiva (0.56) así como en volumen de copa (0.51), mientras que para el bosque de encino se observó una correlación importante solo para precipitación (-0.79).

Estrato Rasante

La interceptación promedio del pastizal fue de 0.65 mm (Figura 2), en la hojarasca de pino de 1.05 mm y en hojarasca de encino de 0.45 mm. Estos resultados se encuentran dentro del intervalo reportado por otros autores (Black, 1996). Los valores promedio totales variaron de 0.6mm a 1.5 mm en hojarasca de pino y de 0.1 mm a 0.7 mm en hojarasca de encino (Figura 3). La humedad en hojarasca de pino y encino se incrementó de 6% a 24% después de la simulación de lluvia, en pastizal fue de 4% a 42%.

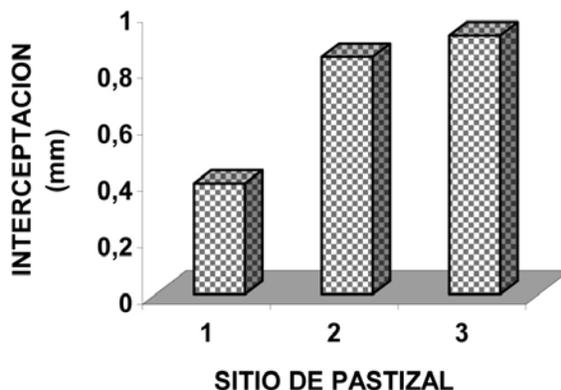


Figura 2. Intercepción pluvial del pastizal.

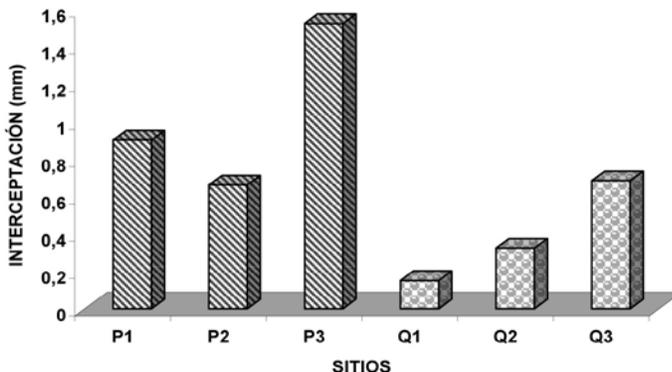


Figura 3. Intercepción pluvial de hojarasca de pino y encino.

En los sitios de pino el suelo seco presentó de 4% a 8% de humedad y al mojarlo se incrementó de 19% hasta 29%, en los sitios de encino el suelo seco fue de 4% a 8% y al mojarlo se incrementó de 19% a 29% y en pastizal el suelo seco presentó 4% de humedad y al mojarlo se incrementó de 40% a 43%.

La infiltración promedio con hojarasca de pino fue de 0.5 mm/s y sin hojarasca fue de 1.7 mm/s, con hojarasca de encino fue de 0.23 mm/s y sin hojarasca de 0.26 mm/s, en pastizal fue de 0.08 mm/s y sin pasto de 0.12 mm/s. La intercepción tuvo correlación negativa altamente significativa con la infiltración de -0.8 para hojarasca de pino, -0.9 para encino y -0.7 para pastizal. En el ANOVA hay diferencia significativa con hojarasca de encino pero no existe con hojarasca de pino.

En el análisis de varianza entre la intercepción del pastizal con los sitios de hojarasca de pino, se obtuvo que existe diferencia significativa al 95% de confiabilidad

para los tres sitios de pastizal. En resumen la intercepción del pastizal es significativamente diferente en comparación con la zona de encinos y no lo es para la zona de pinos.

En el análisis de correlación del pastizal comparada con hojarasca de pino y encino se obtuvo que la intercepción de la hojarasca de encino tiene correlación negativa altamente significativa con infiltración de -0.892 para Pino, -0.9 para encino y -0.798 para pastizal, además tiene correlación significativa con precipitación: negativa para pino de -0.629 y para encino positiva de 0.729 .

La humedad de la zona de pino presenta correlación significativa con la infiltración del encino de 0.645 . La infiltración en la zona de pino presenta correlación altamente significativa con la infiltración en encino de 0.965 y de 0.978 en pastizal. La infiltración en zona de encinos tiene correlación altamente significativa con infiltración en pastizal de 0.905 .

La intercepción total fue mayor en encino que en las plantaciones de pino, la recarga de agua al suelo forestal fue mayor en los sitios de pino que en encino con la observación de que el flujo caulinar fue mayor en encino que en las plantaciones de pino. La precipitación neta fue mayor en las plantaciones de pino y menor en el bosque de encino. Tanto la recarga de agua al suelo forestal como la precipitación neta son las variables que para este caso definen el rendimiento hídrico, que al parecer fue mas en las plantaciones de pino, aunque no existe una clara definición en cuanto a los resultados para determinar si tienen mayor rendimiento hídrico las plantaciones o el bosque de encino, para ello faltaría un estudio a mas detalle y con una representación en el tiempo mayor.

DISCUSIÓN

En general la intercepción pluvial fue mayor en los sitios de *Quercus obtusata* que en las plantaciones de *Pinus michoacana* lo cual podría ser explicado por varios factores como la hoja de *Quercus obtusata* es ancha y grande, en los encinos se observó menos altura de fuste limpio por lo tanto mayor cantidad de ramas, mientras que el flujo caulinar fue mayor en *Quercus obtusata* y menor en las plantaciones de *Pinus michoacana*, probablemente explicado también por la poca altura fustal en encinos y mayor ramificación que sirven como embudo para conducir el agua al suelo, se considera que el flujo caulinar se conduce por el tronco para llegar al suelo, fenómeno que también ocurre en las raíces, que sirven como conductos de agua dentro de la matriz del suelo, aunque podría no ser el caso cuando el suelo esta muy compactado, puede ser que parte del flujo se escurra superficialmente y otra parte si se infiltre aprovechando el espacio poroso que puede haber a lo largo de las raíces.

De igual forma, el flujo interfoliar al llegar al suelo forestal, depende del arreglo espacial de la hojarasca, así como el hecho de que el tipo de hojarasca sea más o menos hidrófoba para permitirle el paso hacia el suelo en donde dependerá de las propiedades de éste para su infiltración. La precipitación neta fue mayor en las plantaciones de pino que en el bosque de encino. La precipitación penetrante depende mayormente de la precipitación bruta y la cobertura del dosel tiene una influencia significativa en los eventos pequeños reduciendo la precipitación penetrante y aumentando su variabilidad espacial (Flores et. al., 2003).

CONCLUSIONES

- 1) La intercepción arbórea en las plantaciones de *Pinus michoacana* no es significativamente diferente a la del bosque de encino.
- 2) El diámetro al 1.30 m y el volumen de copa y precipitación son las variables que presentan mayor relación con la intercepción.
- 3) En el flujo interfoliar no existe una clara diferencia entre los sitios de pino y encino, mientras que el flujo caulinar es mayor en encinos.
- 4) Las plantaciones de *Pinus michoacana* captan mayor volumen de la precipitación pluvial como recarga de agua al suelo que en *Quercus obtusata*.
- 5) La intercepción en hojarasca de pino fue mayor que en encino.
- 6) La intercepción del pastizal es significativamente diferente con hojarasca de encino pero no con hojarasca de pino.
- 7) La mayor humedad se registró en pastizal, las diferencias de humedad entre pino y encino no son muy claras.
- 8) En pastizal fue la infiltración más lenta y con menor volumen de agua por unidad de tiempo.

LITERATURA CITADA

Brooks, K. N. 1991. Precipitation and interception. In : Hidrology and the Management of Watersheds. Iowa State University Press/Ames USA. pp. 15–36.

Cantú S., I. and H. González R. 2001. Interception loss, throughfall and stemflow chemistry in pine and oak forests in northeastern México. *Tree Physiol.* 21: 1009–1013.

Flores L. J. S., E. D. Carlyle – Moses, A. G. Price, and J. Navar . 2003. Throughfall fluxes en subtropical Montane Forests of the Sierra Madre Oriental (Nuevo León, México). VI Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Nuevas tecnologías para el manejo forestal. Sociedad Mexicana de Recursos Forestales. U A S L P. 5 al 7 de Noviembre. SLP México. 330 –331 p.

Gómez-Tagle, R. A. 1997. Levantamiento Agrológico Forestal de la cuenca de Pátzcuaro, Mich. y diagnóstico de posibilidades de recuperación y desarrollo, mediante sistemas de información geográfica. Tesis Doctoral. Fac. Ciencias UNAM. 130 pp.

Madrigal S., X. y P. Trujillo G. 2000. Algunas consideraciones para la planeación de plantaciones en la cuenca de Cuitzeo, Mich. México. Memoria de ponencias del 1er Congreso Nacional de Reforestación SEMARNAP, PRONARE, C. POSTGRADUADOS, del 8 – 10 noviembre. 16 pp.

Ward R., C. and M. Robinson. 2000. Inteception In: Principles of Hidrology. Fourth edition. McGraw Hill. London. pp. 63–90.

Black P., E. 1996. The Biosphere En: Watershed Hydrology. Second edition. Lewis publishers. Washington. D.C. 91 – 158 págs.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece de forma especial al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales por el apoyo económico para este trabajo el cual forma parte del proyecto “Diagnóstico integrado y priorización de alternativas de rehabilitación para sustentabilidad de la cuenca de Morelia”. Al Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales y la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por el apoyo económico y de materiales para la realización del presente trabajo de investigación.

CARACTERIZACIÓN ECONÓMICA DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE EN EL MUNICIPIO DE MORELIA, MICHOACÁN.

J. Martín Arreola Zarco

Campo Experimental Uruapan, INIFAP

Av. Latinoamericana 111, Col Revolución, Uruapan, Mich.

arreola.josemartin@inifap.gob.mx

RESUMEN

Morelia ocupa el primer lugar en el estado por la superficie sembrada de maíz con alrededor de 20 mil hectáreas anuales en una gran diversidad de sistemas de producción (riego, temporal y humedad residual, así como solo y asociado con frijol) una parte de las cuales en terrenos de topografía accidentada y sistemas de tracción animal tipo campesino. Un cambio a la mecanización con herramientas convencionales puede ocasionar mayor erosión del suelo y arrastre hacia el lago de Cuitzeo. Una alternativa para la producción sostenible es la siembra directa o Labranza de Conservación (LC): Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es conocer los sistemas de producción y las racionalidades de los productores que permitan estimar el potencial real de la LC para el programa de transferencia de tecnología en el municipio de Morelia, especialmente en zonas de temporal y topografía accidentada. Se realizaron encuestas por muestreo aleatorio estratificado (por calidad del temporal y tipo de propiedad) al 7% de productores en base al padrón de PROCAMPO y métodos de análisis multivariados. Los resultados indican que la mayor parte de maíz se siembra con semilla criolla (95%) y cultivos asociados (70%) con una relación sinérgica con los sistemas de ganadería bovina de doble propósito, lo que reduce el potencial de la LC a un 10%. Por lo tanto es necesario investigar en sistemas de LC en este tipo de sistemas, sobre todo en lo que respecta a la cobertura del suelo y uso de herbicidas.

Palabras clave: Sostenibilidad, análisis multivariado, muestreo estratificado, cultivos asociados, agricultura campesina.

INTRODUCCIÓN

El municipio de Morelia ocupa el primer lugar en el estado por la superficie sembrada de maíz con alrededor de 20 mil hectáreas anuales. A la vez el maíz ocupa el 93% de la superficie cultivada (anuales y perennes) en su mayor parte en condiciones de temporal en un 94% (SIAP, 2007). La mayor parte del territorio es de topografía accidentada donde se implementan sistemas de producción tradicional de semilla criolla y tracción animal, lo que tiene impacto diferenciado en el suelo. Sin embargo, la ocasional mecanización de la agricultura y uso de herramientas convencionales en la preparación del suelo y siembra puede aumentar la erosión y ocasionar mayores arrastres del suelo al lago de Cuitzeo. La labranza de conservación de suelo (LC) es una alternativa a la producción de maíz que evita la erosión, mejora la estructura del suelo, cosecha agua de lluvia y reduce los costos de producción (Claverán, 2000; Erenstein, 1997a; Juove, 1986; Scopel, 1994, 1996; Spedding, 1988; Valdés, 1996; Violic, 1989). Sin embargo, muchos de los resultados que se tienen son a nivel experimental y existen pocos estudios que estimen el potencial real de la tecnología considerando el manejo y condiciones socioeconómicas de los productores. Por lo tanto, el uso de labranza de conservación del suelo, representa una alternativa para lograr la producción sostenible reduciendo los costos de producción y para lograrlo es necesario descubrir los sistemas de producción en base a maíz existentes en una región en particular, los objetivos y racionalidades (lógicas de funcionamiento y estrategias socioeconómicas) de los productores y estimar el potencial real de la labranza de conservación del suelo en los diferentes sistemas de producción, existentes así como detectar las limitantes para la transferencia de la tecnología y los ajustes o cambios a la tecnología para apropiarla al manejo del productor. Los objetivos del presente trabajo fueron: a) Describir las características de los sistemas de producción dominantes en el municipio de Morelia, b) Detectar la racionalidad socioeconómica de los productores de maíz que servirán de base en la elaboración de un plan de transferencia en prácticas de agricultura sostenible, y c) Establecer las bases de la sostenibilidad social de la labranza de conservación con residuos de maíz sobre los sistemas de producción de maíz en el municipio de Morelia, Michoacán.

REVISIÓN DE LITERATURA

Las tipologías son uno de los medios que permiten apreciar la diversidad y la dinámica de los sistemas de producción. Numerosas tipologías han sido propuestas para la agricultura, algunas se fundamentan, como las denominadas OTE y OTE X (de orientación técnico-económica de la unidades de producción) de la Comunidad Económica Europea, sobre la combinación de las producciones. Otras buscan apoyarse en datos más estables (criterios de estructura), como datos estadísticos (censos agrícolas) sin embargo, "tanto las ventajas como los límites del enfoque estadístico están ligados a la aceptación taxonómica de la noción de sistema de producción que les es inherente" (Labouesse, 1986).

Por otro lado, la semántica sistémica plantea algunos problemas de concepción. Le Moigne (1980) propone llamarle "Análisis de sistema o modelización sistémica", sin embargo el término "análisis" es peligroso porque deja entender que seguimos

con el procedimiento analítico de descomposición cuando se trata de un análisis sintético. En todo caso es preciso evitar la expresión "análisis de los sistemas" o "enfoque sistémico", pues este último deja entender que lo único que se hace es tomar superficialmente el tema. Es preferible hablar de metodología sistémica o de modelización sistémica. La metodología sistémica conduce a una renovación del método científico que une investigación y acción. Se le ha llamado con frecuencia Investigación-Acción o Investigación-Desarrollo (Dent, 1985; Brossier, 1987). Un proyecto de Investigación-Desarrollo en agricultura, basado en la metodología sistémica, tiene características propias: dificultad de experimentación, importancia de las variables aleatorias, carácter no totalmente previsible de la actividad, y tiene varias funciones: formación de los campesinos, conocimiento del medio, investigación agronómica, enseñanza, apoyo al medio rural y apoyo a la política agropecuaria y forestal; estas diferentes funciones se articulan entre sí en el desarrollo del trabajo (Boutillier et al., 1985). La metodología sistémica implica varios cambios fundamentales en la investigación que Brossier (1987) sintetiza en:

- Priorizar la comprensión para modificar el sistema. El procedimiento es holístico y no normativo.
- Estudiar lo que hacen los agricultores en vez de decir lo que deberían hacer.
- Procedimiento es ascendente apoyado en el estudio de las prácticas de los agricultores.
- Necesidad de un enfoque pluridisciplinario

La búsqueda de alternativas que garanticen la producción sostenible de maíz es una necesidad tecnológica. Sin embargo, existen muchas y variadas posiciones sobre agricultura sostenible, los dogmáticos relacionan la producción sostenible con la Agro ecología o la producción de alimentos sin insumos de origen industrial, o lo que se ha denominado agricultura orgánica. Otros la asemejan con el rescate de la agricultura tradicional o de bajos insumos, como una forma de producción autónoma y persistente que ha sobrevivido por siglos. Desde luego existe toda una gama de posiciones que van desde la reducción paulatina en el uso de los agroquímicos y uso racional de ellos, al uso de plantas transgénicas más productivas, resistentes a insectos, enfermedades y herbicidas por medio de la biotecnología que se identifica como una "segunda revolución verde" (Vega y Trujillo, 1989).

En este planteamiento se ubica la propuesta de labranza de conservación con residuos de maíz que al descomponerse aumenta la permeabilidad y el almacenamiento del agua de lluvia del suelo y lo protege de la lluvia. La tecnología presenta, además, grandes bondades como son: mejorar la estructura y fertilidad de los suelos, evitar la erosión, reducir los riesgos de pérdida por sequía, garantizar la producción sostenible de maíz y en algunos casos reduce los costos de producción (Violic, 1989; Scopel, 1994, 1995; Valdés, 1995). No obstante la labranza de conservación, al desistir de la roturación del suelo (barbecho, rastreo y escardas) para el control mecánico de las adventicias depende de los herbicidas para su control, con consecuencias negativas en los sistemas campesinos como son: a) limitar las asociaciones con fríjol, calabaza, tomate o chile; b) afectar la estructura de costos al sustituir mano de obra y maquinaria por herbicidas; c) limitar el libre pastoreo de los animales, por utilizar el 30% de los residuos en la protección del suelo y la sinergia

entre agricultura y ganadería (a través de la valoración de grano y rastrojo en la alimentación animal y su retorno en forma de energía y estiércol) que se observa en los sistemas de producción de maíz. De la discusión se desprenden la necesidad de contemplar al menos cuatro aspectos fundamentales para la producción sostenible: 1) Sustentabilidad ecológica, 2) Viabilidad económica, 3) Eficiencia energética y 4) Sostenibilidad social (Palerm y Navarro, 1996).

Por otro lado la labranza de conservación implica cambio de sembradora, por lo tanto requiere: a) conocer la disponibilidad de los productores para conservar y mejorar el suelo dado que significa una inversión; b) evaluar el costo de oportunidad de la mano de obra y el "costo" del control químico; c) determinar el "valor" de los residuos para conocer el potencial y el impacto socioeconómico del cambio técnico y la disponibilidad de otras fuentes de forraje para los animales en los tipos de productores. Los estudios tendientes a caracterizar los sistemas de producción, no sólo en sus condiciones biofísicas, sino socioeconómicas (donde se contempla racionalidad socioeconómica) son indispensables para lograr la producción sostenible. Este estudio busca entre otras cosas, establecer las bases de la sostenibilidad social de la labranza de conservación con residuos de maíz sobre los sistemas de producción de maíz en el municipio de Morelia, Michoacán.

Las investigaciones realizadas sobre labranza de conservación en maíz no son nuevas. Diferentes tipos de labranza de conservación han sido practicadas por agricultores mexicanos desde la época prehispánica en forma de terrazas y de siembra a espeque o coa, técnicas que se han usado hasta la fecha. Sin embargo algunos investigadores no la consideran como labranza de conservación por realizarse la quema de residuos lo cual deja al suelo expuesto al viento y a la lluvia por un tiempo, siendo esta la principal diferencia entre labranza convencional y labranza de conservación de suelo, esta se hace posible con el descubrimiento de los herbicidas como el Gramoxone y el Treflan (FIRA, 1996). A la fecha existen recomendaciones precisas en cuanto a implementos de siembra -tanto de tracción animal como mecanizada-, tipos y porcentajes de cobertura del suelo, retención de agua -que demuestran la eficiencia de la materia orgánica en el aprovechamiento del agua de lluvia, sobre todo en zonas con precipitaciones escasas o mal distribuidas-, así como en el control de plagas, enfermedades y malezas que si bien aumenta el uso de herbicidas, los costos se ven compensados por el ahorro en las labores de preparación del suelo como barbecho, rastra, cruza y escardas, siendo esto diferente según la topografía y el tipo de suelo (Nieuwkoop et al., 1994). Sin embargo, son varias las razones por las que no se ha podido modificar la adopción de la LC, entre las que destacan el aspecto técnico, de esta manera su adopción en México es pobre comparada con el potencial que se tiene en cuanto a superficie y sobre todo porque un alto porcentaje de esta superficie requiere de sistemas de conservación de suelos y de un manejo eficiente del agua. Al año 2000 la superficie establecida, se resume a un estimado de 850 mil hectáreas distribuidas en diferentes entidades federativas, así como la venta de alrededor de 4000 sembradoras especializadas (Martínez, 2006).

METODOLOGÍA

Se seleccionó el municipio de Morelia por su importancia en la superficie cultivada de maíz siendo el más importante del DDR 092 por la superficie de maíz sembrada. La información fue recopilada a fines del periodo seco de 1997, por el método de encuesta directa al 7 % de los productores en base al padrón de PROCAMPO de la SAGARPA 1996. La muestra fue estratificada por tipo de propiedad (privada, comunal y ejidal) y por la calidad del agua de lluvia. Para la propiedad ejidal y comunal se estratificó adicionalmente por ejido y comunidad. Como el estudio se enfocó sobre la agricultura de temporal en áreas laborables, se descartaron del marco de muestreo los ejidos ubicados principalmente en zonas irrigadas.

El municipio de Morelia fue estratificado por su cantidad de lluvia en el periodo de mayo a octubre en: 1). Zona seca (de 400 a 650 mm), 2). Zona intermedia (de 800 a 1000 mm) y 3). Zona húmeda (de 1200 a 1700 mm) con base a las cartas pluviométricas de INEGI escala 1:250,000. En estas tres zonas, se eligieron 10 localidades con más de 200 hectáreas sembradas de maíz, procurando la mayor variabilidad posible entre sistemas de producción. En estas localidades se encontraron 656 productores de maíz que hacen una muestra de 44 encuestas (Cuadro 1). Los productores tanto privados como ejidatarios, fueron seleccionados por medio de un muestreo aleatorio simple con un tamaño de muestra, como se menciono, del 7%. La caracterización de las Unidades de Producción se realizó por medio de una encuesta formal con información sobre familia, tierra, maquinaria, cultivos (con énfasis en maíz), manejo y consumo de maíz, tenencia de animales, apoyos y servicios. Para la diferenciación de los productores se realizó el análisis de varianza y prueba de t para las variables numéricas y un análisis de frecuencias para las variables alfanuméricas.

Cuadro 1: Localidades y productores encuestados.

AREA	Prop.	LOCALIDADES	PRODUCTORES	
			EN PROCAMPO	MUESTRA
Seca	Ejidal	Atapaneo	98	7
	Ejidal	Jesús del Monte	93	7
	Ejidal	T. Morelos	134	9
Intermedia	Ejidal	Santiago Hundameo	134	8
	Privada	Capula	80	6
Húmeda	Ejidal	Tiripetio	117	7
		TOTAL	656	44

Fuente: SAGARAPA- DDR 092, 1996.

Fuente: SAGARAPA- DDR 092, 1996.

Existe una multitud de criterios de tipificar unidades de producción, estos pueden ir de lo más simple, usando un solo criterio, o lo más sofisticado usando análisis multivariado (Buckles y Sain, 1995; Bonnal et al, 1992), cada forma tiene ventajas y desventajas. En este estudio se utilizaron ambos criterios, una tipificación relativamente simple basada en el tamaño de la Unidad de Producción representada por la superficie sem-

sembrada de maíz en el ciclo PV. 96-96 y la escala económica representada por la cantidad de Unidades de Bovino Equivalente (Ellis, 1988; Erenstein, 1997) y una relativamente compleja usando Análisis Factorial de Correspondencias (AFC) basada en 25 variables y 84 clases (10 activas en 36 clases y 15 inactivas en 48 clases) (Dervin, 1992). Este segundo criterio nos ayuda a definir las variables que más contribuyen en la diferenciación de los individuos.

De esta manera los pasos metodológicos que se siguieron fueron los siguientes:

- Método de entrevista directa al productor con temas sobre familia, tierra, maquinaria, cultivos, animales, consumo, apoyos y servicios.
- Muestreo Aleatorio Estratificado por calidad de la lluvia y propiedad de la tierra
- Parámetros de confiabilidad de 95 % y precisión de 10 % por superficie de acuerdo a padrón de productores de PROCAMPO.
- Análisis Factorial de Correspondencias (AFC).
- Prueba de medias.
- Análisis de frecuencias.

RESULTADOS

Si consideramos la contribución total de las variables, en la construcción del factor uno, la ubicación de las clases con la distribución típica de tipo herradura (Dervin, 1992), está formado por variables estructurales relativas al consumo de maíz y tierra que son: consumo animal de maíz (CO=15.9%), superficie privada (SP= 14.44%), superficie en PROCAMPO (SP= 12%), superficie de maíz (SM= 10.6%) y número de jornales contratados (JO= 8.3%). El eje dos está formado por variables relativas a la producción ganadera como: posesión de ganado bovino (UA= 17.3%), la producción de leche por año (PL= 17%), el número de vacas (VA= 22.2%), la edad del productor (ED= 16.31%) y la superficie asociada de cultivos (SA= 7.96%). El primer eje clasifica por tanto las unidades de producción (UP) según la producción-consumo de maíz en un orden decreciente (de derecha a izquierda), la superficie privada, las hectáreas en PROCAMPO, las hectáreas sembradas de maíz. El segundo permite separar las UP de orientación ganadera (en la parte superior) y las UP basadas exclusivamente en la agricultura (en la parte inferior izquierda) (Figura. 1).

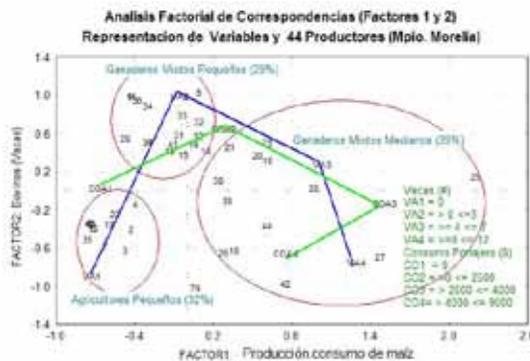


Figura 1. Análisis factorial de correspondencia factores 1 y 2: representación de variables y 44 productores del municipio de Morelia, Mich.

En resumen, el AFC muestra que la superficie de tierra cultivada, especialmente maíz, y posesión de ganado bovino son criterios útiles para diferenciar las UP del municipio de Morelia, de donde se desprende la siguiente diferenciación: el tamaño de la UP se basa en la superficie sembrada de maíz, para diferenciar los agricultores pequeños, medianos y grandes, (para catalogar el tamaño se tomó de 1 a 3 ha, de 3.1 a 6 ha y de 6.1 a 11 ha para UP, pequeñas, medianas y grandes respectivamente) dividiendo la muestra en tres subgrupos. La escala económica se relaciona con los principales productos obtenidos, en especial los productos pecuarios ya que los productos agrícolas no son discriminatorios (todos los productores tienen maíz, p. e.). Como principal criterio se usó la presencia o ausencia de bovinos para catalogar un productor como agricultor o ganadero. Se tomó 3 UA (correspondiente a 3 vacas adultas) como tamaño para diferenciar los pequeños ganaderos de los medianos en base al AFC (Cuadro 2).

Cuadro 2: Umbrales utilizados y tipos de productores de maíz del municipio Morelia.

ESCALA		COMPONENTE PECUARIO: UNIDADES ANIMAL (UA)			N
		AGRICULTOR	GANADERO		
		(UA = 0)	PEQUEÑO (UA>0 < 3)	MEDIANO (UA >3 <16)	
COMPONENTE AGRÍCOLA: SUP. DE MAÍZ	PEQUEÑO (< 3 has.)	Agricultores pequeños 32 %	Ganaderos pequeños 29 %		17
	MEDIANO (>3 < 6 has.)			Ganaderos medianos 39 %	19
	GRANDE (>6<11 has.)				8
	n	14	5	25	44

Unidades Animal Equivalente (UA): vacas adultas= 1, toros adultos= 1.2, vaquillas y toretes= 0.8, terneras y toretillos = 0.6, becerros y becerros= 0.3.

Fuente: encuestas a productores.

Unidades Animal Equivalente (UA): vacas adultas= 1, toros adultos= 1.2, vaquillas y toretes= 0.8, terneras y toretillos = 0.6, becerros y becerros= 0.3.

Fuente: encuestas a productores.

Sistema de Producción

La mayor parte de los pequeños agricultores (57%) y ganaderos (69%) se ubican en zonas seca (400-650 mm) y cerca de la mitad (47%) de los ganaderos medianos se ubican en la zona intermedia (800-1000 mm), sólo el 16% de la muestra se ubica en la zona húmeda (1200-1700 mm).

La edad promedio de los productores es de 58 años, los pequeños ganaderos

son el grupo más joven con 50 años en promedio y el de más edad es el de los agricultores pequeños con 65 años. Esto sugiere que los productores jóvenes son los que poseen ganado bovino. El número de individuos dependientes por familia, en promedio es de 6 integrantes con diferencias entre los grupos que varía de 4 a 6 dependientes: Son los pequeños agricultores los que menos dependientes tienen. En relación a los miembros activos, no se detectó diferencia entre los grupos con un promedio de la muestra de 3 activos por familia, con poca variación entre los grupos y sólo el 4.5 % de las UP manifestó tener peones permanentes, lo que es ligeramente mayor (7%) para los pequeños agricultores (Cuadro 3).

Cuadro 3: La fuerza de trabajo y localización de las unidades de producción (UP).

VARIABLES	Muestra total	TIPOS DE PRODUCTORES		
	Promedio	AGRICULTORES	GANADEROS	
		Pequeños	Medianos	
		Pequeños		
		Aspectos sociales de los productores		
Edad (años)	57.8	65	50	57.6
Escolaridad (años)	2.6	1.8	3.0	3.0
No. De individuos Dependientes	5.5	4.21	6.7	5.7
Activos	2.95	3.0	3.4	2.5
Unidades con Peones (%)	4.5	7	0	5.8
		Ubicación de las UP en zonas de temporal		
% de UP				
Seco (400-650 mm)	52	57	69	35
Intermedio (800-1000)	32	28	15	47
Húmeda (1200-1700 mm)	16	14	15	17

Fuente: Encuestas a productores

Fuente: Encuestas a productores

El recurso Tierra

El tamaño promedio de la UP es de 7 ha, con fuerte variación entre las unidades encuestadas, con un mínimo de 1 ha y un máximo de 56 ha. El tamaño promedio de la UP de los agricultores pequeños y ganaderos pequeños es de 4.6 ha y 10.5 ha para los ganaderos medianos (considerando tanto superficie productiva como no productiva). En general la mayor parte de la tierra (6.6 ha en promedio) es propia, mientras que una parte mínima (0.26 ha) es rentada de otros. De hecho solamente un 4.5% de los casos se puede considerar como arrendatarios por rentar más de 50% de la superficie cultivada de otros productores. Por otro lado, la mayor parte de la tierra de los agricultores pequeños (83%), de los ganaderos pequeños (96%) es ejidal, por lo que se pueden considerar como ejidatarios. En contraste un poco más de la mitad (52%) de la tierra de los medianos ganaderos es propiedad privada por lo que se pueden considerar como de tenencia mixta (Cuadro 4).

Cuadro 4. La tenencia de la tierra

VARIABLES	Muestra total Promedio	TIPOS DE PRODUCTORES		
		AGRICULTORES	GANADEROS	
		Pequeños	Pequeños	Medianos
Sup. Total (ha)	6.9	4.6	4.6	10.5
Tenencia de la tierra (has)				
Propia	6.6	4.4	4.6	10
Ejidal	4.2	3.9	4.4	4.3
Privada	2.24	0.4	0.0	5.4
Rentada a otros	0.3	0.0	0.0	0.7
Comunal	0.2	0.1	0.15	0.2
Rentada de otros	0.3	0.2	0.0	0.5
PROCAMPO	4.3	2.8	3.5	6.1
% de casos	4.5	7.0	0.0	6.0
Arrendatario				

Fuente: Encuestas a productores

Fuente: Encuestas a productores

El uso de la Tierra

En promedio el productor tiene 6.1 ha de tierra laborable, especialmente de temporal. De esta la mayor parte (70%) es cultivada de maíz. Cerca de la tercera parte de la superficie de maíz se siembra asociada con frijol y calabaza. Otros cultivos cíclicos como el sorgo, trigo y el garbanzo, ocupan menos de 0.8 ha. El resto de la superficie laborable es principalmente forraje (Avena- Veza, Olleto y descanso) sumando un total de 0.7 ha en promedio (Cuadro 5). Los forrajes (Avena-Veza y Olleto) son más importantes para los ganaderos pequeños que para los ganaderos medianos. La tierra en descanso mostró poca diferencia entre los estratos de productores, siendo de alrededor de media hectárea lo cual parece poco si consideramos el sistema de año y vez que se practica en la zona.

Cuadro 5. El uso de la tierra.

VARIABLES	Muestra total	TIPOS DE PRODUCTORES		
	Promedio	AGRICULTORES	GANADEROS	
		<i>Pequeños</i>	Pequeños	Medianos
Tipo de tierra				
laborable total	6.10	4.60	4.60	8.50
Riego	1.70	1.50	2.00	1.50
Humedad residual	0.50	0.00	0.10	1.30
Temporal	3.90	3.10	2.40	5.70
No laborable				
Agostadero	0.70	0.00	0.00	2.00
Uso de la tierra (ha)				
Área laborable PV-96 (riego + temporal + humedad residual)				
Básicos				
Maíz (grano)	4.80	3.80	3.4	6.70
Maíz asociado	1.40	1.10	1.0	2.00
Sorgo	0.10	0.10	0.0	0.30
Trigo	0.40	0.00	0.0	0.10
Garbanzo	0.10	0.10	0.2	0.00
Forraje				
Olleto	0.02	0.00	0.07	0.00
Avena – veza	0.09	0.00	0.30	0.00
Descanso	0.50	0.50	0.50	0.50

Fuente: Encuestas a productores

Fuente: Encuestas a productores

Destino del Maíz

La mayor parte de la producción de maíz (67%) es para el mercado local o regional. Sin embargo hasta una cuarta parte de los productores siembra para el autoconsumo. La producción total de maíz reportada por los productores promedia 7.5 ton por UP, este promedio es poco variable entre los estratos. Como consecuencia sólo el 7% de los productores compró maíz durante el último año. La cantidad comprada varía de 100 a 400 kg.

Manejo Técnico del Cultivo de Maíz y Labranza de Conservación (LC)

El maíz es el cultivo más importante con 4.8 has promedio por productor, el 34% de los casos tiene un solo predio y el 29% tienen tres o más. La fracción más grande esta circulada en el 53% de los casos, pero el 70% de los predios de los pequeños agricultores no están circuladas lo que limita el control de los residuos de maíz nece-

sarios para la LC. Por otro lado el 70% de los ganaderos medianos tienen circulada la parcela pero son posiblemente los que tienen fuertes problemás para la alimentación de su ganado en tiempo de secas y estarían poco dispuestos a utilizar el rastrojo para protección del suelo. Sin embargo la mayoría de los productores (75.6%) no usan la quema de residuos para la limpia de su predio (Cuadro 6).

Cuadro 6. Manejo técnico del cultivo de maíz

VARIABLES	Muestra total (promedio)	TIPOS DE PRODUCTORES		
		AGRICULTORES		GANADEROS
		Pequeños	Pequeños	Medianos
No. parcelas	2.07	1.6	1.5	2.7
Datos de la parcela más grande de maíz				
Hectáreas	2.6	2.7	2.5	2.5
Rendimiento últimos tres años y un año regular (kg/ha)				
1996	1239	1338	1230	1170
1995	1009	1116	1218	799
1994	832	1123	958	620
Regular	1548	1388	1720	1570
Aplicación de fertilizante				
No. fertilizaciones	1.34	1.07	1.36	1.53
kg de N	93	88	84	104
kg de P	12	2	2	26
Control de malezas				
No. desh. Manual.	0.6	0.6	0.9	0.5
No. escardas	1.9	2.0	1.9	1.9
No. desh. químicos	0.1	0.1	0.2	0.3
Jornales				
Contratados	9.9	11.8	3.5	12.5

Fuente: Encuestas a productores

Fuente: Encuestas a productores

El rendimiento promedio obtenido en 1996 (1239 kg/ha) es bajo en relación al promedio del Distrito. La preparación del suelo en la mayoría las parcelas se realiza con tracción animal (73%) y sólo el 12% siembra de forma mecánica, lo cual se debe considerar para la apropiación de la LC al sistema de tracción animal, acondicionando los arados. En la mayoría de las parcelas (95%) se cultiva semilla criolla y el 29% cultiva maíz solo, siendo común las asociaciones con fríjol (20%), calabaza (22%) o con ambos (29%), esto también limita la adopción de la LC por el hecho de recomendar el control químico de las malezas y la contraindicación de estos en el cultivo de fríjol

y calabaza.

En el 29% de las parcelas que no tiene cultivos asociados sólo el 19% menciona usar herbicidas para el control de las malezas, lo que reduce las posibilidades de la implementación de la LC. Aun con la apropiación de la LC a tracción animal es necesario encontrar parcelas que reúnan algunas características como: estar circuladas; tener disponibilidad de rastrojo, no tener cultivos asociados y usar herbicidas. Estas condiciones no son frecuentes lo que reduce el potencial de la LC a menos del 10% de las parcelas en los grupos de agricultores y ganaderos pequeños. En este sentido se encuentra una relación directa entre los que cercan su parcela y siembran cultivos asociados representado el 91%. Sólo 9% de los que circulan su parcela siembran maíz solo que representan el 4% del total (Cuadro 7).

Se observa poco uso de agroquímicos en frecuencia y dosis, así por ejemplo los más usados son los fertilizantes nitrogenados que en el 92 % de las parcelas, siendo lo común (53 %) una aplicación con dosis de 94 kg/ha en promedio. No así en fósforo que se aplicó en 12 kg/ha en promedio con una diferencia entre los grupos. El uso de herbicidas es poco común (19 %), estos son sustituidos por deshierbes manuales y escardas con tracción animal que se reportó en el 97% de los casos, sólo el 12% aplica insecticidas. Por lo que estos sistemas están más cerca del manejo agroecológico que del uso intensivo de agroquímicos y se debe aprovechar su potencial en la producción de alimentos (Altieri, et al., 2002) por medio de la generación de tecnología apropiada.

Cuadro 7: El cultivo de maíz

% de casos	Muestra total Prom.	TIPOS DE PRODUCTORES		
		AGRICULTORES		GANADEROS
		Pequeños	Pequeños	Medianos
Número de parcelas de maíz (% de casos)				
Una	34	53	54	5.9
Dos	36	23	36	47
Tres o más	29	23	9	47
Datos de la parcela más grande de maíz (% de casos)				
Quema				
No	75	70	72	83
Si	24	30	27	27
Circulada				
Si	53	30	54	70
No	46	70	45	29
Preparación del suelo				
Tracción	73	69	72	76
Animal				
T. Mecánica	26	30	27	23
Sistema de Siembra				
Sembradora	12	8	9	17
Tapa pie	5	8	0	6
Rabo de buey	36	61	27	23
Otras	46	23	63	53
Una	5	0	9	6
Dos o más	93	100	91	88
Tipo de semilla				
Criolla	95	92	100	94
Mejorada	5	8	0	6
Tipo de cultivos asociados				
Ninguno	29	31	27	29
Frijol	19	15	27	17
Calabaza	22	30	0	29
Ambos	29	23	45	23
No. de fertilizaciones				
No	7	8	18	0
Una	53	77	36	47
Dos o tres	39	15	45	53
Aplicación de Insecticida				
Si	88	92	91	82
No	12	8	9	17
Uso de herbicida				
Si	19	8	18	29
No	80	93	82	70
No. deshierbes manual				
No	34	38	9	47
Una	66	62	91	53
No. De escardas				
No	2.4	0	0	6
Una	4.8	0	9	6
Dos o más	92	100	91	88

Fuente: Encuestas a productores

Fuente: Encuestas a productores

Rastrojo como Forraje y Fuente de Protección del Suelo

El rastrojo de maíz es una fuente importante de forraje durante la temporada seca. En el año de estudio un 47% de los productores con ganado no les alcanzó el rastrojo como fuente de forraje. Existe un mercado de residuos en la zona para aliviar las deficiencias existentes entre oferta y demanda al nivel de UP. Un 39% de los casos vendió rastrojo, mientras que un 22% compró. La venta de rastrojo es especialmente común (29%) entre los ganaderos medianos y la compra entre los ganaderos pequeños (46%), esto tiene que ver con la poca superficie de tierra de agostadero disponible entre los estratos y a la ausencia de divisiones en la parcela de maíz (Cuadro 8).

Cuadro 8: El destino del maíz

VARIABLES	Muestra total	TIPOS DE PRODUCTORES		
	Promedio	AGRICULTORES	GANADEROS	
		Pequeños	Pequeños	Medianos
		Pequeños		
		Producción PV-96 (ton/Unidad de Producción)		
Maíz	7538	6585	5172	10132
		Destino del maíz		
-Consumo humano	1801	1614	1823	1938
- Consumo animal	1706	55.50	898	3290
- Venta	4281	4935	2510	5097
		Rendimiento en ton/ha		
PV- 96	1369	1338	1230	1170
PV-95	1052	1230	1219	799
PV- 94	832	1123	958	620
Año regular	1602	1557	1720	1570
		Compra venta de rastrojo (% de casos)		
Nada	39	93	46	47
Compra	223	0	46	24
Venta	39	7	8	29

CONCLUSIONES

a) Por lo anterior se puede decir que el sistema de producción de maíz en el municipio de Morelia es un sistema complejo de asociación maíz-fríjol, maíz-calabaza o maíz-fríjol-calabaza, con semilla criolla , bajo uso de agroquímicos,ba-

sado en el aprovechamiento de la tracción animal, cuyo principal objetivo es el autoconsumo de grano y forraje.

b) Se requiere generar tecnología de manejo agroecológico para estos sistemas y aprovechar su potencial para la producción sustentable de alimentos.

c) En el municipio de Morelia predomina el sistema de producción de temporal con cultivos asociados, sin uso de herbicidas, uso del rastrojo para el ganado, parcelas carentes de cercados, dominancia de tracción animal y parcelas pequeñas (2.6 ha), por lo que la labranza de conservación tiene un potencial de implementación en alrededor del 10% de las parcelas del municipio. Sin embargo, el estudio se considera de gran importancia en la planeación de programas de investigación, validación y transferencia de tecnologías apropiadas para el manejo y conservación de los recursos naturales.

LITERATURA CITADA

Altieri, M., A., P. Rosset, y L. A. Trupp. 2002. El Potencial de la agro ecología para combatir el hambre en el mundo en desarrollo. En La Agenda Inconclusa. Perspectivas para superar el hambre, la pobreza y la degradación ambiental. P. Pinstup-Anderson y Pandya-Lorch edit. IFPRI, Washington, D.C., pp 123-127.

Bonnal P., D. M. L. Clement, Gastal, and J. H. V. Xavier. 1992. Les Petits et Moyens Producteurs du Sylvania –Etat du Goias- Bresil: Caracteristiques Generales et Typologie des Explotations Agricoles. CIRAD- No. 45a/92. De. CIRAD/SAR. No. 45a. France.

Boutillier, J. I., J. Brossier, J. M. Funel. 1985. Recherche Developpement en Haiti 135p. Annexes. Mission d evaluation du projet Madian Salagnac en Haiti. Ministère de la Coopetation.

Brossier, J. 1987. Sistema y sistemas de producción. "Cahiers ORSTOM, Serie Sciences Humaines, vol. 23, 3/4, 377-390 pp. Trad. Boletín Sistemas Agrarios 3/9. p 3-29. 1989.

Buckles, D. and G. Sain. 1995. Land and Livelihoods: Patterns of Rural Development in Atantic Honduras. NRG Paper 95-01. México, D.F. CIMMYT.

CENAPROS. 2001. Manual para Labranza de Conservación. Manual No. 1, INIFAP. 86 p.

Claverán A., R., 2000. Panorámica de la labranza de conservación en México y en América Latina. En Workshop International Symposium on Conservation Tillage. Natural Resources Program Comité of the Mid-American International Agricultural Consortium (MIAC), Mazatlan, México, January 24-27.

Dent, J. B. 1995. Theory and Practice in FSRE: Considering the role of modelling. Journal for Farming System Research- Extension. 5(1):31- 44.

Dervin, C. 1992. Comment interpreter les résultats d'une analyse factorielle des correspondances. Paris: ITCF, 1992. Collection STAT-ITCF. 72 p.

Ellis, F. 1999. La diversidad de las estrategias de vida rurales en los países en desarrollo: evidencias e implicaciones para las políticas. Rev. ESRI, Núm. 40, abril de 1999.

Erenstein, O. et al. 1997a. Los sistemas de producción de maíz en el área de Ciudad Guzmán y San Gabriel, Jalisco - México. Documento de trabajo. Colaboración INIFAP – CIMMYT – CIRAD. 98 p.

_____ 1997b. La economía de la labranza de conservación en México. Resumen de las investigaciones del programa de economía del CIMMYT. En Avances de Investigación en Labranza de Conservación I. INIFAP-CENAPROS, libro técnico No. 1. pp 225-241.

FIRA. 1996. Labranza de conservación para una agricultura sostenible. Experiencias y logros de FIRA. Boletín Informativo No. 281, Vol. XXIX. 28 p.

Juove, P. 1986. Algunos principios para la elaboración de tipologías de explotaciones agrícolas según diferentes situaciones agrarias. Traducido por Castillo, J. y Arias M. Rev. Investigación/ Desarrollo para América Latina. Núm. 1/ Oct. 1992 pp 27- 39.

Labouesse, F. 1986. Remarques critiques concernant a la publication intitulée "Systeme de production et transformation de l agriculture". Bulletin de ESR INRA 45-43PP.

Le Moigne, J. L. 1980. L analyse de systéme malgré tout... La pensée, No 120 p 63-78.

Martinez R., A. 2006. Evolución y perspectivas de la labranza de conservación en México. CONCYTEG, Ideas concyteg. Tema Labranza de Conservación, Núm. 15, oct. 2006. <http://octi.guanajuato.gob.mx/gaceta/Gacetaideas/>. Consultado en diciembre de 2007.

Nieuwkoop Van M. et al. 1994. La adopción de las tecnologías de la labranza de conservación en La Fraylesca, Chiapas. INIFAP, CIMMYT-MRN. 93 p.

Palerm V., J. y G. H. Navarro. 1996. Relatoría de la Mesa III Impacto Ambiental. Memorias del II Simposio Internacional y III Reunión Nacional sobre Agricultura Sostenible. Bauer et al Edit.. C.P/ UASLP. Pp. 393.

SAGARPA-DDR 092. 1996. Padrón de productores PROCAMPO.

Scopel, E. 1994. Le semis direct avec paillis du residus dans la region de V. Carranza au Mexique. Interet de cette technique pour ameliorer l'alimentation hydrique du mais pluvial en zones a pluviometrie irreguliere. These PhD, Paris:INA-PG.

_____ 1995. Proyecto INIFAP/CIMMYT/CIRAD-CA: "Estudio de sistemas de cultivo sostenibles y productivos con labranza de conservación en maíz de temporal en Mexico". México, DF: CIMMYT/CIRAD-CA.

SIAP. 2007. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola, SAGARPA.

Spedding, C. R. W. 1988. General Aspects of Modeling and its Applications in Livestock Production. In: Modelling of livestock Production Systems. A seminar in the European Community Programme for the Coordination of Agricultural Research, held in Brussels, Belgium 7 -9 April 1987. S. Korver and J.A.M. Van Arendonk (Eds.) Kluwer Academic Publishers. pp 3- 9.

Valdés D., .L .E. 1996. Manejo de la labranza de conservación: Experiencias obtenidas en el Sur de Jalisco entre 1992 y 1994. Memorias del Taller Transferencia de Labranza de Conservación para Maíz de Temporal en Jalisco. E. Scopel Editor. CIMMYT-NRG/ INIFAP/ CIRAD/ INIFAP/ SDR. pp. 22-32.

Vega E., F. y A. J. Trujillo. 1989. Biotecnología agrícola, espejo de la revolución verde. Rev. Comercio Exterior, 39-. 11, pp 947-952.

Violic A. D. 1989. Breve historia de la labranza de conservación. En Labranza de Conservación en México. Barreto H. Et Al Editores. CIMMYT- PROCIANDINO. pp 1-4.

**CONSERVACIÓN
Y RESTAURACIÓN
DE RECURSOS
NATURALES**

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LA BIODIVERSIDAD DE INSECTOS PARASITOIDES EN EL VALLE MORELIA-QUERÉNDARO, MICH.

F. Bahena-Juárez ¹, R. Peña-Martínez ²

1 Campo Experimental Uruapan. CIRPAC, INIFAP. Av. Latinoamericana 1101,

Col. Revolución, C. P. 60150, Uruapan, Mich. 2 Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN.

fbahenaj@prodigy.net.mx

RESUMEN

Conocer los parasitoides nativos o introducidos que se encuentran en una región, es uno de los primeros pasos cuando se pretende implementar un programa de control biológico contra alguna plaga; dicho conocimiento incluye la exploración, identificación, bioecología y los factores bióticos y abióticos del entorno donde interactúan con su hospedero. En el valle Morelia-Queréndaro se han venido haciendo trabajos conducentes a determinar la presencia de parasitoides de plagas de interés agrícola con el propósito de desarrollar estrategias de Manejo Agroecológico, mediante colecta directa de hospederos en el cultivo o indirectamente mediante el uso de trampas. En diez especies de áfidos se detectaron 746 parasitoides siendo *Aphidius* el más frecuente (56%) con tres probables especies, seguido por *Diaeretiella rapae* (41%), *Trioxys* (2%) y *Aphelinus* (0.3%). En cuanto a hiperparásitos de 91 colectados el más común fue *Asaphes* con 45 ejemplares (50%), seguido de *Alloxysta* con 31 (34%) *Pachyneuron* con 12 (13%) y *Syrphophagus* con solo dos y *Tetrastichus* con uno. Excepto *D. rapae* y *Pachyneuron* sp. el resto representan nuevos registros para Michoacán. En pulgones de canola *B. brassicae* y *L. erysimi* se encontraron los parasitoides *Diaeretiella rapae*, *Lysiphlebus testaceipes* y *Aphidius* spp así como los hiperparasitos *Pachyneuron* sp y *Asaphes* sp. El parasitismo natural observado se comporto en forma gradual, pasando de un 10% en el periodo más crítico (floración), hasta llegar a un 85% en las etapas finales, cuando ocurre la maduración de la vaina. En 15 localidades se colectaron más de 900 larvas de diferentes estadios de *Spodoptera frugiperda* y se obtuvieron 19 especies de parasitoides y un hiperparásito; entre los cuales *Chelonus insularis* y *Campoletis sonorensis* son los de mayor importancia por

su parasitismo, frecuencia y distribución. El parasitismo ha sido variable, dependiendo de la localidad, región y época del muestreo, oscilando del 5% al 80%.

Palabras clave: Enemigos naturales, entomófagos, Estado de Michoacán.

INTRODUCCIÓN

La realidad mundial es alarmante, nos preocupa a todos la pérdida de grandes especies como el tigre indio o los osos pandas de la China, el deterioro de los bosques tropicales lluviosos o los arrecifes de coral; sin embargo, nos olvidamos de un problema real y silencioso, al no alarmarnos con los niveles de simplificación que se tienen con la actividad agrícola. En el mundo existen unas 75,000 especies de plantas comestibles, sin embargo el área cultivada (aproximadamente 1,440 millones de hectáreas) se encuentra ocupada por unas 70 especies de plantas, de estas solamente unas 20 son las que nos aportan el 90% de alimentos para toda la población y, lo que es peor, tan solo el maíz, trigo y arroz proveen más de la mitad de este alimento para toda la humanidad (Challenger, 1998). Esto contrasta enormemente con lo que ocurre en un bosque tropical lluvioso donde se tienen típicamente sobre 100 especies de árboles por cada hectárea (Altieri, 1992; Coronado, 2001; Van Dermeer y Perfecto, 2000). Esta simplificación de la biodiversidad ocurre en México, al igual como se presenta en el resto del mundo; en nuestro país 10% del territorio nacional (unas 20 millones de hectáreas) es ocupado por cultivos agrícolas, de éstos el maíz es uno de los predominantes, tan solo la zona templada sub-húmeda se encuentra cubierta en un 15% con dicho cultivo, mientras que en el trópico sub-húmedo el 24% de su cubierta original, actualmente se encuentra cultivada (Challenger, 1998).

Los principales factores que han acelerado la pérdida de la biodiversidad vegetal y animal en los agroecosistemas son los siguientes: 1) propagación de variedades genéticamente mejoradas que han desplazado a las nativas o criollas, 2) el incremento de la extensión con monocultivo, en detrimento de los cultivos asociados que perduraron por muchos años, 3) la aplicación de paquetes tecnológicos con uso intensivo de fertilizantes y plaguicidas, 4) la tecnología de cultivo que promueve la supresión total de plagas y malezas, 5) la disminución de las especies cultivadas debida a la industrialización de la agricultura, por ejemplo sólo 20 especies de plantas aportan el 90% de la alimentación humana, 6) la sobre explotación de dos o tres especies de plantas dejando de lado aquellas que no tienen un interés comercial, 7) la deforestación en selvas y bosques, 8) la modificación de los patrones de vida y consumo de la sociedad, buscando imitar la llamada "cultura occidental" e imponiéndose en el mercado la homogenización de los productos, 9) el menosprecio oficial hacia la medicina tradicional que minimiza el uso de muchas plantas tradicionalmente útiles (Clades, 1998).

Es necesario conocer a los entomófagos nativos o introducidos, que se encuentran establecidos en una región, es uno de los primeros pasos cuando se pretende implementar un programa de control biológico contra alguna plaga; dicho conocimiento incluye la exploración, identificación, bioecología y los factores bióticos

y abióticos del entorno donde interactúan con su hospedero o presa (Van Driesche & Bellows, 1996).

Entre los grupos de parasitoides el orden Himenoptera es uno de los más importantes, son insectos holometabolos, uno de los grupos más grandes, con cercas de 48 familias agrupadas en 10 superfamilias de hábitos parasíticos, englobando más de un cuarto de millón de especies en el mundo y un gran porcentaje aún desconocido (Pérez-Lachaud, 1995). Son de lo más evolucionados en cuanto a comportamiento que incluye la sociabilidad entre los insectos y uno de los más importantes dentro del control biológico. Presentan gran variedad de hábitos que incluyen la fitofagia, depredación, parasitismo e hiperparasitismo (Cervantes et al., 2003). Otro orden importante son los Díptera que incluye familias sobresalientes como Tachinidae y Sarcophagidae.

El conocimiento de estos grupos de insectos entomófagos en México es escaso y en especial para el Valle de Morelia, Queréndaro, Michoacán, existen pocos registros de ellos. En el Cenapros se han venido haciendo trabajos conducentes a determinar la presencia de entomófagos de varias plagas de interés agrícola con el propósito de desarrollar estrategias de Manejo Agroecológico de Plagas (Bahena, 2003).

Entre los escasos antecedentes para esta zona, se tienen los trabajos con parasitoides (Braconidae) e hiperparasitoides (Pteromalidae) de áfidos (Lomelí y Peña-Martínez, 2001; Bahena et al., 2000) y los parasitoides del gusano cogollero como la familia Ichneumonidae y Braconidae (López-Mora, 2001), por lo cual el objetivo de este trabajo es dar a conocer algunas familias y especies de estos grupos presentes en el valle Morelia-Queréndaro y aportar datos sobre parasitismo, distribución, abundancia y fluctuación poblacional con respecto a parámetros ambientales, además de elaborar una colección de referencia de los mismos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La exploración de entomófagos ha sido en localidades distribuidas por el Valle Morelia-Queréndaro. Se han usado diferentes técnicas de colecta y muestreo; para el caso de los parasitoides de *Spodoptera frugiperda* se han colectado huevecillos y larvas, para los de pulgones colonias que se encontraban en diferentes cultivos y otras arvenses; en ambos casos el material se trasladó al laboratorio para su procesamiento. Para la corroboración en las identificaciones se ha recurrido a especialistas de cada grupo taxonómico. Con la descripción de los entomófagos identificados, las imágenes de sus partes o cuerpos completos, los datos de campo, los antecedentes bibliográficos y las observaciones de su actividad sobre su huésped, se construye una base de datos que estará disponible para técnicos y usuarios.

La colecta por medio de trampas se realizó en las instalaciones del entonces CENAPROS-INIFAP, dónde se implementan métodos alternativos para el manejo integrado de plagas que disminuyan el uso de plaguicidas. Se ubica a la altura del Km. 18.5 de la Carretera Morelia-Aeropuerto. Sus coordenadas geográficas son 19° 50' 30" Latitud Norte y 101° 02' 30" Longitud Oeste a una altitud de 1820 msnm, utilizando la trampa amarilla de agua (No. 2) tipo Möericke, con agua y una pizca de detergente para romper la tensión superficial (Peña-Martínez et al., 2001), ubicada en un policultivo (sorgo, canola, maíz, frijol, hortalizas y algunas plantas medicinales).

El material fue colectado semanalmente, desde el 14 de febrero al 26 de junio del 2000, obteniendo datos de monitoreo ambiental que corresponde a la estación meteorológica del ex-CENAPROS. Los ejemplares fueron conservados en frascos con alcohol al 70% y posteriormente fueron revisados en el laboratorio de la ENCB. Se cuantificaron y se realizaron montajes en alfiler para incorporarlos a la colección de referencia de Insectos de Importancia Agrícola (IVMQMich.), del Laboratorio de Entomología de la ENCB-IPN.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con las trampas amarillas se capturaron un total de 13023 insectos, de los cuales 259 ejemplares fueron himenópteros, distribuidos en 18 familias, 15 de ellas (81%) entomófagas además de Apidae (19%) que son polinizadoras. Las familias entomófagas más abundantes fueron de parasitoides (59%), tal como se aprecia en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Familias de himenópteros entomófagos por categoría y porcentaje en el Valle Morelia-Queréndaro, Michoacán. Febrero-Julio, 2000.

Familia	Categoría	Porcentaje (%)
Familia Scelionidae	Parasitoide	12
Familia Eucolidae	Parasitoide	11
Familia Ceraphronidae	Parasitoide	8
Familia Halictidae	Parasitoide	6
Familia Bethyidae	Parasitoide	5
Familia Dipriidae	Parasitoide	4
Familia Pteromalidae	Parasitoide	4
Familia Aphidiidae	Parasitoide	3
Familia Encyrtidae	Parasitoide	2
Familia Braconida	Parasitoide	1
Familia Mymaridae	Parasitoide	1
Familia Eulophidae	Parasitoide	1
Familia Cynipidae	Parasitoide	1

En la Figura 1 se presenta la fluctuación poblacional con respecto a la temperatura y precipitación se observó mayor abundancia en las primeras de Febrero, cuando la temperatura media se encontraba en 26° C y pudiera deberse a que en ese periodo existe un mayor número de organismos fitófagos, sus posibles hospederos, por corresponder a la etapa vegetativa de follaje en los cultivos. Su fluctuación se disminuye posteriormente conforme la temperatura aumentaba en los siguientes meses de 25 a 28 ° C, pero cuando la época de lluvias se presentó la abundancia de

himenópteros se vio disminuida.

Esto puede contrastarse con lo mencionado por Herrera et al. (2005) en una zona semiárida de Zapotitlán de Salinas, Puebla en muestreo con red dónde encontraron mayor abundancia de este orden, tanto en temporada de lluvias como en secas para el periodo diciembre 1998 y Junio 1999.

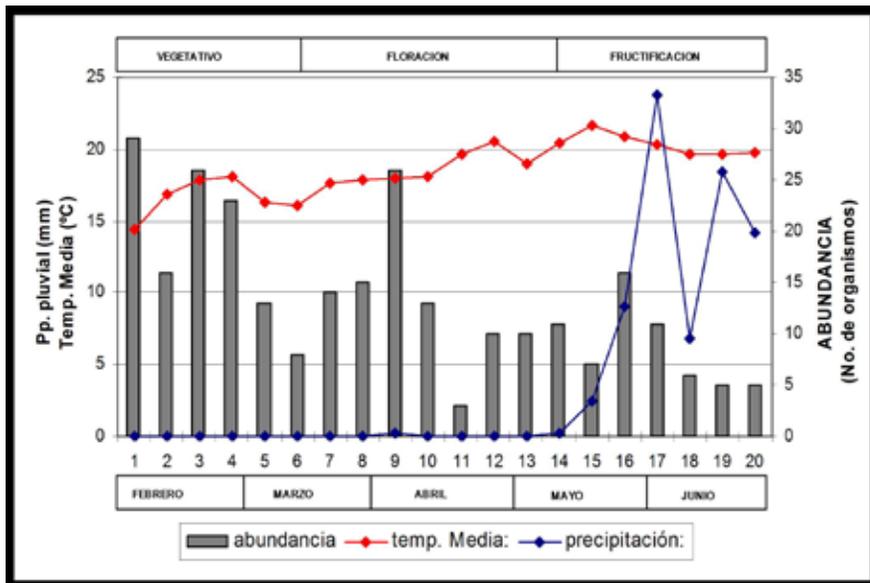


Fig. 1. Fluctuación poblacional de himenópteros en el Valle Morelia-Queréndaro, Michoacán. 2000.

Por otra parte, en el Cuadro 2 se anotan los parasitoides e hiperparásitos identificados que suman 32 especies, en 12 familias; entre los cuales 21 son parasitoides y un hiperparásito de *S. frugiperda*. *Chelonus insularis* y *Campoletis sonorensis* son los de mayor importancia en cuanto a su parasitismo, frecuencia y distribución sobre *Spodoptera frugiperda* (Bahena et al., 2002). Los Aphididae con 6 especies, entre las cuáles, *Diaeretiella rapae*, *Lysiphlebus testaceipes* y *Aphidius* spp son parasitoides de los pulgones de brassicáceas de mayor abundancia en el Valle Morelia-Queréndaro, además de 5 especies de hiperparásitos (Bahena et al., 2000).

Cuadro 2. Listado de parasitoides e hiperparásitos* del estado de Michoacán.

Especie	Familia	Huésped	Referencia
<i>Chelonus insularis</i> Cresson	Braconidae	<i>Spodoptera frugiperda</i>	López, 2001; Reyes, 2005
<i>Chelonus sonorensis</i> Cameron	Braconidae	<i>Spodoptera frugiperda</i>	López, 2001
<i>Chelonus cautus</i> Cresson	Braconidae	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Reyes, 2005
<i>Glyptapanteles</i> sp	Braconidae	<i>Spodoptera frugiperda</i>	López, 2001; Reyes, 2005
<i>Cotesia</i> sp.	Braconidae	<i>Spodoptera frugiperda</i>	López, 2001
<i>Meteorus laphygmae</i> Viereck	Braconidae	<i>Spodoptera frugiperda</i>	López, 2001
<i>Homolobus</i> sp.	Braconidae	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Reyes, 2005
<i>Stantonia</i> sp.	Braconidae	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Reyes, 2005
<i>Diaperitiella rapae</i> (M'Intosh)	Aphidiidae	<i>Brevicoryne brassicae</i>	Bahena et al., 2005
<i>Aphidius</i> spp.	Aphidiidae	<i>Lipaphis erysimi</i> y otros	Bahena et al., 2005
<i>Lysiphlebus testaceipes</i> (Cresson)	Aphidiidae	Varias especies de áfid.	Bahena et al., 2005
<i>Aphidius ervi</i> Haliday	Aphidiidae	<i>Acyrtosiphon pisum</i>	Bahena et al., 2000
<i>Aphelinus</i> sp.	Aphelinidae	<i>Rhopalosiphum maidis</i>	Bahena et al., 2000
<i>Trioxys</i> sp.	Aphidiidae	Varios áfidios	Bahena et al., 2000
<i>Syrphophagus</i> sp. *	Encyrtidae	<i>Aphidius</i> sp	Bahena et al., 2000
<i>Pachyneuron</i> sp. *	Pteromalidae	<i>Diaperitiella rapae</i>	Bahena et al., 2000
<i>Asaphes</i> sp. *	Pteromalidae	<i>Aphidius</i> sp	Bahena et al., 2000
<i>Alloxysta</i> sp. *	Cynipidae	<i>Trioxys</i> sp	Bahena et al., 2000
<i>Campoletis sonorensis</i> Cameron	Ichneumonidae	<i>Spodoptera frugiperda</i>	López, 2001; Reyes, 2005
<i>Netelia</i> sp.	Ichneumonidae	<i>Spodoptera frugiperda</i>	López, 2001
<i>Eiphosoma vitticolle</i> Cresson	Ichneumonidae	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Reyes, 2005
<i>Pristomerus spinator</i> (Fabricius)	Ichneumonidae	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Reyes, 2005
<i>Temelucha</i> sp.	Ichneumonidae	<i>Spodoptera frugiperda</i>	López, 2001
<i>Eutanyacra</i> sp.	Ichneumonidae	<i>Spodoptera frugiperda</i>	León, 1988
<i>Stenichneumon</i> sp.	Ichneumonidae	<i>Spodoptera frugiperda</i>	León, 1988
<i>Spilochalcis</i> sp	Chalcididae	<i>Spodoptera frugiperda</i>	León, 1988
<i>Conura petioliventris</i> Cameron *	Chalcididae	<i>Spodoptera frugiperda</i>	López, 2001
<i>Trichogramma pretiosum</i> Riley	Trichogrammatidae	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Reyes, 2005
<i>Euplectrus</i> sp	Eulophidae	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Bahena et al., 2002
<i>Archytas marmoratus</i> (Townsend)	Tachinidae	<i>Spodoptera frugiperda</i>	López, 2001; Reyes, 2005
<i>Archytas analis</i>	Tachinidae	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Bahena et al., 2002
<i>Lespesia archippivora</i> (Riley)	Tachinidae	<i>Spodoptera frugiperda</i>	López, 2001

Cabe mencionar que algunas de las familias que aquí se anotan parasitan a otros tipos de organismos como arañas, sírfidos y otros depredadores como menciona Lomeli et al. (2001), algunos de ellos ya reportados para el estado de Michoacán. Tooker & Lawrence (2000) relacionan de manera directa la presencia de himenópteros parasitoides como Braconidae, Pteromalidae y Eucilidae, con la de plantas de la familia Asteraceae, que también fueron encontradas en el presente estudio.

CONCLUSIONES

Como fue demostrado con estos estudios, existe una amplia diversidad de organismos benéficos que se encuentran regulando en forma natural a las poblaciones de fitófagos. Este conocimiento debe ser aprovechado para implementar estrategias de conservación como podría ser la minimización del uso de insecticidas químicos.

LITERATURA CITADA

Altieri, M. A. 1992. Biodiversidad, agroecología y manejo de plagas. CETAL. Valparaíso, Chile. 162 p.

Bahena J., F.; R. Peña M. y J. R. Lomelí F. 2000. Los áfidos (Homoptera: Aphididae) y sus parasitoides en el Valle Morelia-Queréndaro, Michoacán, México. Memorias del XXIII Congreso Nacional de Control Biológico. Guanajuato, México. 44–46.

Bahena J., F.; H. C. Arredondo B.; M. Vázquez G.; A. González H. y M. A. Miranda S. 2002. Parasitoides del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el occidente de México. Sociedad Mexicana de Entomología. Entomología Mexicana. 1: 260–265 .

Bahena J., F. 2003. Manejo agroecológico de plagas para una agricultura sostenible. In: Tornero C., M.; J. F. López O. y A. Aragón G. (eds). Agricultura, Ambiente y Desarrollo Sustentable. Publicación Especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México. pp. 149–182.

Bahena J., F.; R. Sánchez M. y M. A. Cepeda V. 2005. Insectos asociados al cultivo de la canola en Michoacán, México. Sociedad Mexicana de Entomología. Entomología Mexicana. 4: 553–558.

Cervantes M., J. F., J. R. Lomelí F., R. A. Terrón S. y S. Rodríguez N. 2003. Fundamento de control Biológico en México. UAM Xochimilco, México, D. F. 226 p.

Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. CONABIO. Instituto de Biología. Agrupación Sierra Madre, S. C. pp. 40 – 65.

CLADES. 1998. Biodiversidad. Revista de Agroecología y Desarrollo No. 13, 7 pag. Disponible desde Internet en: <[WWW. CLADES.org/r13-art14.htm](http://WWW.CLADES.org/r13-art14.htm)>.

Coronado, M. 2001 Biodiversidad y la industria de la vida. Abstract No. 3. Unidad de Comunicación e Información. CIED. Disponible desde Internet en: <www.clades.org/biblio3.htm>.

Herrera F., M. C.; A. Granados P.; J. A. Zavala H. y R. Guzmán M. 2005. Patrones de composición y abundancia de órdenes de insectos diurnos (Clase: Insecta) del Valle semiárido de Zapotitlán Salinas, Puebla. Entomología Mexicana. 4: 311–315.

León R., A. 1988. Autoecología del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* y gusano elotero *Heliothis zea* en maíz de riego y temporal en el municipio de Tarímbaro, Michoacán. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. UMSNH. 84 p.

Lomeli F., J. R. y R. Peña M. 2001. Lista de los himenópteros parasitoides e hiperparasitoides de áfidos (Homoptera: Aphididae) de México. pp: 77–92. En: *Contribuciones Entomológicas*. 2001. ENCB–IPN. México, D. F. 175 p.

Lomeli F., J. R.; R. Peña M. y A. D. Camacho. 2001. Identificación de áfidos (Homoptera: Aphididae) y sus enemigos naturales en trigo y cebada en Montecillo, Estado de México. *Vedalia*. 8: 17–26.

López M., J. D. 2001. Enemigos naturales del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en Michoacán. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 164 p.

Peña M., R.; J. R. Lomeli F.; A. Trejo L. y N. Villegas J. 2001. Monitoreo de áfidos y áfidófagos. Memoria de Curso. ENCB. IPN. 89 p.

Pérez L., G. 1995. Biología y comportamiento de parasitoides. Memoria del VI Curso de Control Biológico. México. pp: 69–80.

Reyes G., J. J. 2005. Enemigos naturales del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) y alternativas para su control biológico en el Valle de Apatzingán, Michoacán. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ciencias Agropecuarias. UMSNH. 94 p.

Tooker, J. F. & L. M. Hnaks. 2000. Flowering Plant Hosts of Adult Hymenopteran Parasitoids of Central Illinois. *Ann. Entomol. Soc. Ame.* 93 (3): 580–588.

Van Dermeer, J. y I. Perfecto. 2000. La biodiversidad y el control de plagas en sistemas agroforestales. *Rev. Manejo Integrado de Plagas*, 55.

Van Driesche, R. G. & T. S. Bellows Jr. 1996. *Biological Control*. Chapman and Hall. USA. 539 p.

AGRADECIMIENTO Y RECONOCIMIENTO

Los trabajos en la exploración e identificación de entomófagos han sido posibles gracias a la colaboración de varias personas de diferentes instituciones, particularmente de la MC Rebeca Peña-Martínez, Dr. Alejandro González Hernández, Dr. Mario A. Miranda Salcedo, Dr. Rubén Sánchez Martínez, MC Hugo Arredondo Bernal, MC Refugio Lomelí Flores, Biol. Guadalupe García Coapio, Biol. Juan Daniel López Mora, Ing. J. Jesús Reyes García y Biol. Dulce A. Hernández Zetina.

COCCINÉLIDOS (COLEOPTERA) DEPREDADORES DE LA CUENCA DEL LAGO DE CUIZEO

Rebeca Peña-Martínez¹, Guadalupe García Coapio², Fernando Bahena Juárez³

1 Escuela Nacional de Ciencias Biológicas-IPN. Prolongación Carpio y Plan de Ayala s/n Col.

Sto. Tomás. México D. F. CP 11340, 2 Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados, 3

Campo Experimental Uruapan. CIRPAC, INIFAP.

mrpena@encb.ipn.mx; fbahenaj@prodigy.net.mx

RESUMEN

Los coccinélidos, también conocidos como “catarinitas” o “mariquitas”, son insectos que en su mayoría presentan hábitos depredadores de insectos fitófagos de cuerpo blando como son áfidos, escamas, mosquitas blancas, arañas rojas y trips, además de alimentarse de huevecillos de otras especies de insectos que causan daños importantes a la agricultura. En el ámbito nacional son escasos los estudios taxonómicos y biológicos o ecológicos sobre este grupo a pesar de su importancia económica y su potencial como controladores biológicos. En el presente trabajo se identificaron y monitorearon las poblaciones de coccinélidos en una localidad de la Cuenca del Lago de Cuitzeo, ubicada en el municipio de Álvaro Obregón, durante los años 2000 y 2001, mediante el uso de trampas amarillas pegajosas, además se elaboraron Colecciones de referencia que apoyarán a futuras investigaciones, que se relacionen con el manejo integrado de plagas y la conservación de la biodiversidad. Se identificaron 30 especies, los géneros con mayor número de ejemplares fueron *Scymnus* e *Hippodamia*, las tres especies con mayor frecuencia y abundancia fueron *Scymnus* sp., *Scymnus loewii* e *Hippodamia convergens*. La tribu Scymnini, constituyó el 84% de la captura, donde *Scymnus* (*Pullus*) sp. fue la especie con mayor abundancia en ambos ciclos agrícolas representando un 65% del total de los coccinélidos colectados. Dentro de la tribu Coccinellini, *Hippodamia convergens* y *Coccinellina emarginata* fueron las especies más abundantes y frecuentes; otra especie interesante que se presentó fue la catarinita asiática, *Harmonia axyridis*, que mostró preferencia por el ciclo de temporal (julio-noviembre). En general el mes con

el mayor número de especies presentes y abundantes fue abril, mes en el cual también se registran en promedio las máximas temperaturas (29° C), por lo que es posible que el factor temperatura tenga cierta influencia en las fluctuaciones poblacionales.

Palabras clave: Enemigos naturales, monitoreo, fluctuación poblacional, Estado de Michoacán.

INTRODUCCIÓN

Los coccinélidos, también conocidos como “catarinitas” o “mariquitas”, son insectos cuyas larvas y adultos son depredadores de microartópodos entre los que se cuentan insectos herbívoros de cuerpo blando como son áfidos o pulgones, escamas, mosquitas blancas, trips y arañas rojas, además de alimentarse de huevecillos de otras especies de insectos que pueden o no ser nocivos a la agricultura, por lo que los coccinélidos en general representan una alternativa importante para el control biológico de plagas.

El conocimiento taxonómico de los organismos en el ámbito de la conservación y el desarrollo sustentable en la actualidad es de naturaleza estratégica ya que la introducción de especies en nuevas áreas representa cambios en la estructura de los ecosistemas que deben ser monitoreados para favorecer o, en caso necesario, evitar efectos indeseables a mediano y largo plazo. En el ámbito mundial Gordon (1985) menciona cerca de 6000 especies de coccinélidos con cerca de 453 para Norteamérica, mientras que para México los datos de Gorham (1887-1889), Blackwelder (1945) y los de la Colección de Aphidophaga de México (ENCB-IPN) reconocen en total 213 especies, algunos de ellos sin detallar su distribución. Actualmente es pobre la información cualitativa y cuantitativa sobre este grupo a nivel estatal a pesar de su importancia económica y su potencial como controladores biológicos.

La mayoría de los coccinélidos se consideran benéficos, sin embargo todas las especies de la subfamilia Epilachninae son de hábitos fitófagos, considerados como plaga de importancia agrícola, destacando la “conchuela del frijol” *Epilachna varivestis* Mulsant. En la tribu Psylloborini, se presenta el hábito de alimentarse únicamente de esporas e hifas de hongos (Marín, 2003).

Los objetivos del presente estudio son contribuir al conocimiento de la fauna de Coccinellidae de la cuenca de Cuitzeo y aportar datos sobre la frecuencia y abundancia estacional durante el periodo febrero a noviembre del año 2001.

METODOLOGÍA

El trabajo se realizó en los terrenos del CENAPROS-INIFAP, en el municipio de Álvaro Obregón, localizado al sur de la cuenca de Cuitzeo, entre los paralelos 19°35'-20°00' y los meridianos 100°45'-101°30'. El área pertenece a la provincia del Eje Neovolcánico, Subprovincia de Sierras y Bajíos Michoacanos. En la zona predomina el clima Cwa, semicálido húmedo con lluvias abundantes en verano. La precipitación anual oscila entre los 700 a 800 mm, su temperatura media anual es de 12 a 16 °C

(Correa, 1974).

Para llevar a cabo este trabajo se procesaron 70 muestras recolectadas por el personal del CENAPROS. Las muestras fueron tomadas cada semana entre el 24 de abril y el 11 de diciembre del año 2001. Se colectaron insectos adultos utilizando dos trampas pegajosas de plástico amarillo tipo "barrera rompevientos", de 200 cm de largo por 70 cm de ancho, con soportes de madera en los extremos. El pegamento utilizado fue Adhequim® a base de resinas sintéticas, el cual fue colocado en ambas caras de la barrera. Las trampas se colocaron durante todo el año dentro de un policultivo de alfalfa, trigo y frijol, separadas 18 m de distancia una de la otra. Las muestras fueron etiquetadas y se enviaron en alcohol etílico (80 %) al laboratorio de Entomología de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, donde se les asignó a cada muestra un número de registro en la bitácora de la Colección Aphidophaga de México, los ejemplares se procesaron con gasolina blanca para retirar el exceso de pegamento, se lavaron con agua destilada y se dejaron secar sobre papel filtro.

Los especímenes de cada muestra se separaron por morfotipos y en algunos casos se procedió a realizar la extracción de la genitalia (armadura genital de macho y hembra) de cinco ejemplares por morfotipo. La determinación de los ejemplares a nivel de género y especie se efectuó consultando las claves de Gordon (1985) y Vandenberg (2002). Las determinaciones taxonómicas fueron confirmadas por el Biol. Antonio Marín Jarillo, investigador del INIFAP. La colección de coccinélidos se realizó con los mejores ejemplares que fueron montados en alfileres entomológicos debidamente etiquetados, almacenados en cajas entomológicas y ordenados por subfamilias de acuerdo a la propuesta de Vandenberg (2002) que se conservan en la colección de Aphidophaga de México en la ENCB-IPN (Trejo et al., 1999). En general la abundancia de coccinélidos se refiere al número de organismos, que se encuentra a lo largo del ciclo anual, mientras que la frecuencia se refiere a las veces que las encontramos presente a lo largo de los ciclos.

RESULTADOS

Se recolectaron cerca de 15,000 ejemplares, los cuales pertenecen a 30 especies agrupadas en 21 géneros, 11 tribus y cinco subfamilias. Estas representan cerca del 14% del total de especies reportadas para México, lo que confirma una elevada riqueza específica en el país, como lo sugirió Gordon (1985). El listado sistemático de los coccinélidos depredadores en el área de estudio es el siguiente:

STICHOLOTIDINAE

Serangiini

Delphastus pusillus LeConte 1852

SCYMNINAE

Brachiacanthini

Brachiacantha decora Casey 1899

Hyperaspini

Hyperaspis imitator Gordon 1985

H. trifurcata Schaeffer 1905

Hyperaspidius comparatus Casey 1899

Scymnillini

Zagloba sp.

Scymnini

Cryptolaemus montrouzieri Mulsant 1853

Nephus guttulatus LeConte 1852

N. atramentarius Boheman 1859

Nephus sp.

Nephaspis sp.

Scymnus huachuca Gordon 1976

S. loewii Mulsant 1850

S. nugator Casey 1899

Scymnus sp.

Stethorini

Stethorus punctum punctum LeConte 1852

COCCIDULINAE

Coccidulini

Rhyzobius lophante Blaisdell 1892

Noviini

Rodolia cardinalis Mulsant 1850

COCCINELLINAE

Coccinellini

Coccinellina emarginata Mulsant 1850

Coleomegilla maculata strenua Casey 1899

Cycloneda sanguinea limbifer Casey 1899

Harmonia axyridis Pallas 1773

Hippodamia convergens Guerin-Meneville 1842

H. parenthesis Say 1824

Neoharmonia venusta ampla Mulsant 1850

Olla v-nigrum Mulsant 1866.

Además de las especies enlistadas previamente se capturaron representantes de la subfamilia Epilachninae que son de hábitos fitófagos: *Epilachna varivestis* Mulsant 1850 y *E. tredecimnotata* Latreille 1833; dentro de la subfamilia Coccinellinae se encontraron además dos representantes de la tribu Halyziinae: *Psyllobora renifer* Casey 1899 y *Psyllobora borealis*, que son de hábitos micófagos.

Los resultados cuantitativos de las capturas del año 2000 fueron poco consistentes, por lo cual en el Cuadro 1 se presentan sólo los datos de frecuencia y abundancia relativa, de las 24 especies colectadas durante el año 2001.

Cuadro 1. Frecuencia (F) y abundancia relativa (A) de las especies de coccinélidos registradas durante el año 2001.

Especie	F (%)	A (%)	Especie	F (%)	A (%)
<i>B. decora</i>	15.9	0.16	<i>H. parenthesis</i>	4.54	0.015
<i>H. imitataor</i>	18.18	0.09	<i>C. emarginata</i>	100	6.74
<i>H. comparatus</i>	22.73	0.13	<i>C. sanguinea limbifer</i>	61.36	0.88
<i>Scymnus sp.</i>	100	64.94	<i>C. maculata strenua</i>	52.27	0.59
<i>S. loewii</i>	100	15.03	<i>O. v-nigrum</i>	20.45	0.103
<i>S. huachuca</i>	99.73	3.91	<i>N. venusta ampla</i>	4.54	0.015
<i>S. nugator</i>	22.73	0.095	<i>H. axyridis</i>	34.09	0.215
<i>N. (S.) guttulatus</i>	6.82	0.004	<i>R. cardinalis</i>	2.27	0.008
<i>N. (S.) atramentarius</i>	2.27	0.008	<i>Psyllobora borealis</i>	90.9	2.81
<i>C. montrouzieri</i>	13.63	0.064	<i>P. renifer</i>	84.09	1.9
<i>S. punctum punctum</i>	13.8	0.005	<i>E. varivestis</i>	4.54	0.015
<i>H. convergens</i>	100	6.74	<i>E. tredecimnotata</i>	4.54	0.015

En resumen, las especies con mayor frecuencia fueron seis, entre ellas los Scymninos: *Scymnus sp.*, *S. loewii* y *S. huachuca* que presentaron frecuencias cercanas al 100%, y los coccinélidos: *Hippodamia convergens*, *Coccinellina emarginata*, *Psyllobora borealis* y *P. renifer*. El resto estuvo conformado por las otras 17 especies, las frecuencias mínimas fueron para *Rodolia cardinalis*, *Nephus (S.) atramentarius*, *Epilachna varivestis*, *Epilachna tredecimnotata*, *Neoharmonia venusta ampla*, *Hippodamia parenthesis* y *Nephus (S.) guttulatus*.

Scymnus (Pullus) sp. Fue la especie más frecuente y abundante con máximos poblacionales en los meses de abril y agosto, los mínimos ocurrieron en diciembre. La especie que no pudo ser identificada con las claves de Gordon (1985), comparando con las especies descritas de las cuatro regiones de los Estados Unidos de Norteamérica y en especial los de la región tres (Nuevo México y Texas) que es la más cercana a nuestro país. Se asume por lo tanto que este material podría corresponder a una especie no descrita, cercana a *S. impletus* Gordon (1976) en Gordon (1985). Se detectaron diferencias morfométricas en longitud ligadas al sexo con machos que miden 1.3 mm y hembras 2 mm; existen cuatro morfotipos de coloración de adultos.

Scymnus loewii. Esta especie ha sido citada como muy abundante en plantas silvestres y cultivos agrícolas, en especial en algodónero de la zona costera del norte del Pacífico, donde es muy importante al principio del ciclo porque se alimenta de araña roja, trips, ninfas de mosquita blanca y pulgones (Pacheco, 1985). Es una especie que depreda áfidos de cereales (Lomeli, 1998), de nogales y alfalfa (Tarango, 1999), de ornamentales en Morelos (Trejo-Loyo, 2001) y de plantas arvenses y medicinales en Xochimilco, D. F. (Martínez, 2007). *S. huachuca*, la captura máxima fue en abril y el mínimo poblacional en octubre. *S. nugator* se presentó en la mayoría de los meses, excepto en febrero, julio y septiembre. Gordon (1985), menciona que

una buena parte de los géneros de Scimninos podrían ser endémicos de México, por lo que su estudio y conservación en el área de estudio y otras del país, deberían ser considerados prioritarios.

Dentro de la tribu Coccinellini, *H. convergens* y *C. emarginata* son especies afidófagas nativas de Norteamérica que fueron las más abundantes y frecuentes; además de las especies micófagas: *Psyllobora borealis* y *P. renifer*. Otra especie de interés fue la catarinita asiática *Harmonia axyridis*.

Hippodamia convergens. Fue la especie más frecuente y abundante de la tribu Coccinellini, que al igual que en otras especies encontramos una mayor captura en abril, con una disminución de la población en julio, octubre y diciembre. En esta especie se encuentra una gran variabilidad en las puntuaciones características de los élitros, mostrando desde la ausencia total de puntos hasta seis puntuaciones por élitro. Su frecuencia refleja una buena adaptación a los cambios bióticos y abióticos que se dan en el área de estudio durante el transcurso del año. *H. convergens*, es una de las especies mayormente utilizadas en control biológico en Norteamérica. Dreistadt y Flint (1996) reportan un consumo de 25 a 170 áfidos del melón incrementando al aumentar la densidad de la población de pulgones. Es decir que actúa en función del cambio de la población de presas. Las hembras tienen la capacidad de ovipositar hasta 802 huevecillos en 61 días bajo condiciones de laboratorio (Cervantes, 1989). Es la especie más comúnmente citada en México, donde se conoce que consume numerosas especies de áfidos de varios cultivos y plantas silvestres en la región Norte de México (Tenorio et al., 1991) y 43 especies de afidinos han sido mencionados como sus presas (Iruegas et al., 2002), este rango de presas es mayor en comparación con el citado para *Adalia bipunctata* y comparada al de *H. axyridis* en Xochimilco, Distrito Federal (Peña et al., 2004).

Cycloneda emarginata. Presentó su máximo poblacional en abril y un mínimo en junio. Es una especie que depreda varias especies de áfidos asociados a cereales (Lomeli, 1993). Trejo-Loyo (2001) reporta un total de 10 especies de áfidos que sirven de alimento para esta especie en las regiones agrícolas de Morelos.

Cycloneda sanguinea limbifer. La captura máxima de esta especie se registró en abril y un mínimo en Julio. Se conoce por literatura que cuando las presas son escasas, los adultos se alimentan de polen; por lo que las flores de algunas malezas juegan un papel importante en su supervivencia (Beltrame y Salto, 1999). Las larvas son más sensibles que los adultos en cuanto al contenido de la presa; ya que en algunas ocasiones las larvas no llegan a la etapa adulta debido a factores nutricionales diversos y/o tóxicos presentes en el cuerpo de los insectos que son consumidos (Morales, 1996).

Harmonia axyridis. Esta especie ha probado ser más efectiva que *C. sanguinea* como depredador generalista de plagas de homópteros en cítricos (Michaud, 2002). Koch et al. (2004) la identifican como un peligro potencial para los estados inmaduros de la mariposa Monarca *Danaus plexippus* L. Presenta agregaciones sobre las casas y otras construcciones (Kidd et al., 1995; Huelsman et al., 2002), causando molestia a las personas. En México falta información sobre su distribución actual, después de que fue liberada tanto en 1995 en Chihuahua para el control de pulgones del nogal donde se evaluó su reproducción, aptitud para cría masiva y comportamiento en campo campo (Tarango y Quiñónez, 1997; Tarango et al., 1998); a partir del año una

buena parte de los géneros de Scimninos podrían ser endémicos de México, por lo que su estudio y conservación en el área de estudio y otras del país, deberían ser considerados prioritarios.

Dentro de la tribu Coccinellini, *H. convergens* y *C. emarginata* son especies afídofagas nativas de Norteamérica que fueron las más abundantes y frecuentes; además de las especies micófagas: *Psyllobora borealis* y *P. renifer*. Otra especie de interés fue la catarinita asiática *Harmonia axyridis*.

Hippodamia convergens. Fue la especie más frecuente y abundante de la tribu Coccinellini, que al igual que en otras especies encontramos una mayor captura en abril, con una disminución de la población en julio, octubre y diciembre. En esta especie se encuentra una gran variabilidad en las puntuaciones características de los élitros, mostrando desde la ausencia total de puntos hasta seis puntuaciones por élitro. Su frecuencia refleja una buena adaptación a los cambios bióticos y abióticos que se dan en el área de estudio durante el transcurso del año. *H. convergens*, es una de las especies mayormente utilizadas en control biológico en Norteamérica. Dreistadt y Flint (1996) reportan un consumo de 25 a 170 áfidos del melón incrementando al aumentar la densidad de la población de pulgones. Es decir que actúa en función del cambio de la población de presas. Las hembras tienen la capacidad de ovipositar hasta 802 huevecillos en 61 días bajo condiciones de laboratorio (Cervantes, 1989). Es la especie más comúnmente citada en México, donde se conoce que consume numerosas especies de áfidos de varios cultivos y plantas silvestres en la región Norte de México (Tenorio et al., 1991) y 43 especies de áfidos han sido mencionados como sus presas (Iruegas et al., 2002), este rango de presas es mayor en comparación con el citado para *Adalia bipunctata* y comparada al de *H. axyridis* en Xochimilco, Distrito Federal (Peña et al., 2004).

Cycloneda emarginata. Presentó su máximo poblacional en abril y un mínimo en junio. Es una especie que depreda varias especies de áfidos asociados a cereales (Lomeli, 1993). Trejo-Loyo (2001) reporta un total de 10 especies de áfidos que sirven de alimento para esta especie en las regiones agrícolas de Morelos.

Cycloneda sanguinea limbifer. La captura máxima de esta especie se registró en abril y un mínimo en Julio. Se conoce por literatura que cuando las presas son escasas, los adultos se alimentan de polen; por lo que las flores de algunas malezas juegan un papel importante en su supervivencia (Beltrame y Salto, 1999). Las larvas son más sensibles que los adultos en cuanto al contenido de la presa; ya que en algunas ocasiones las larvas no llegan a la etapa adulta debido a factores nutricionales diversos y/o tóxicos presentes en el cuerpo de los insectos que son consumidos (Morales, 1996).

Harmonia axyridis. Esta especie ha probado ser más efectiva que *C. sanguinea* como depredador generalista de plagas de homópteros en cítricos (Michaud, 2002). Koch et al. (2004) la identifican como un peligro potencial para los estados inmaduros de la mariposa Monarca *Danaus plexippus* L. Presenta agregaciones sobre las casas y otras construcciones (Kidd et al., 1995; Huelsman et al., 2002), causando molestia a las personas. En México falta información sobre su distribución actual, después de que fue liberada tanto en 1995 en Chihuahua para el control de pulgones del nogal donde se evaluó su reproducción, aptitud para cría masiva y comportamiento en campo campo (Tarango y Quiñónez, 1997; Tarango et al., 1998); a partir del año 2000

fue reproducida en laboratorio y liberada en Yucatán y Quintana Roo para el control del pulgones en cítricos, sin embargo se carece de información sobre su dispersión y establecimiento en otros estados de la república mexicana y de su impacto sobre las comunidades nativas de coccinélidos. Estuvo ausente en las capturas del año 2000 en la Cuenca de Cuitzeo y sólo 27 ejemplares se capturaron durante el presente estudio; la máxima captura se realizó en septiembre, por lo que posiblemente éste sea su primer registro en el ámbito estatal.

CONCLUSIONES

- 1) El área de estudio presenta una gran riqueza en especies de Coccinélidos, en especial de Scymninos y Coccinelinos nativos que deberían considerarse en programas de conservación.
- 2) La alta frecuencia de ocho especies nos indica que posiblemente los coccinélidos presentan varias generaciones en el transcurso del año y soportan cambios climáticos severos.
- 3) La abundancia, notable en abril, mes en que se registran las máximas temperaturas (29 °C, en promedio), para ocho especies de coccinélidos, indica que el factor temperatura influye en los cambios poblacionales.
- 4) Las colecciones de referencia apoyarán a futuras investigaciones relacionadas con el Manejo Integrado de Plagas y la conservación de la biodiversidad.
- 5) Sugerimos continuar con estudios similares en otras localidades de la cuenca, conocer por observaciones directas la identidad y ocurrencia de sus presas en el área y estudiar con detalle otros comportamientos y fenómenos poblacionales como competencia entre especies nativas y exóticas, migración, hibernación, entre otros.

LITERATURA CITADA

Beltrame R. y C. Salto, 1999. *Ammi majus* L. y *Foeniculum vulgare* Miller como hospedantes de áfidos y sus enemigos naturales. Disponible desde Internet en: <<http://www.rafaela.intagiv.ar/anuario1999/p97.html>>.

Blackwelder, R. E. 1945. Checklist of the Coleopterous insects of Mexico, Central America, the West Indies and South America. Part 1. Bull. U.S.Nat.Mus., 185 (1-5): 1-925.

Cervantes M., J. F. 1989. Supervivencia y reproducción de *Hippodamia convergens* Guerin (Coleoptera:Coccinellidae), alimentado con *Acyrtosiphon pisum* (Harris) (Homoptera: Aphididae), criado en variedades resistentes de alfalfa. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Posgraduados Chapingo, México, 64 p.

Correa P., G. 1974. Geografía del Estado de Michoacán. Tomo 1, Editora y Distribuidora S. A. EDDISA. México, D. F. 454 p.

Gordon R., D. 1985. The Coccinellidae (Coleoptera) of America North of Mexico. J. New York Entomological Society. 93 (1):1-912.

Dreistadt H., S. & M. L. Flint. 1996. Melon Aphid (Homoptera: Aphididae) Control by Inundative Convergent Lady Beetle (Coleoptera: Coccinellidae) Release on Chysanthemum. Environ. Entomol. 25 (3):688-697.

Gorham, H. S. 1887-1899. Insecta. Coleoptera. Erotylidae, Endomychidae, and Coccinellidae. Volume VIII. Electronic Biologia Centrali Americana. Disponible desde Internet en: <www.sil.si.edu/digitalcollections/bca/navigation/bca_12_07_00/bca_12_07_00select.cfm>. (con acceso el 2 y 20 de julio de 2004).

Huelsman M., F.; J. Kovach; J. Jasinski; C. Young & D. Eisley. 2002. Multicolored Asian lady beetle (*Harmonia axyridis*) as a nuisance pest in households in Ohio, pp. 243-250. In: Koch L., R.; E. C. Burkness; S. J. Wold Burkness and W. D. Hutchison. 2004 Phytophagous Preferences of the Multicolored Asian Lady Beetle (Coleoptera: Coccinellidae) for autumn-Ripening Fruit. J. Econ. Entomol. 97 (2): 539-543.

Iruegas B., S. J.; A. G. Trejo L.; P. Ramírez H. y N. Villegas J. 2002. *Hippodamia convergens* Guerin-Meneville (Coleoptera: Coccinellidae) y sus áfidos (Aphididae: Aphidinae) presa en México. Entomología mexicana. 1: 131-136.

Kidd K. A., C. A. Nalepa, E. R. Day & M. G. Waldvogel. 1995. Distribution of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) in Nort Carolina and Virginia. In: Koch, L. R., E. C. Burkness, S. J. Wold Burkness, and W. D. Hutchison. 2004 Phytophagous Preferences of the Multicolored Asian Lady Beetle (Coleoptera: Coccinellidae) for autumn-Ripening Fruit. J. Econ. Entomol. 97 (2): 539-543.

Koch, L. R., E. C. Burkness, S. J. Wold Burkness, & W.D. Hutchison. 2004 Phytophagous Preferences of the Multicolored Asian Lady Beetle (Coleoptera: Coccinellidae) for autumn – Ripening Fruit. J. Econ. Entomol. 97 (2): 539-543.

Koch R. L., W. D. Hutchison, R. C. Vedette & G. E. Heimpel. 2003. Susceptibility of immature monarch butterfly, *Danaus plexippus* (Lepidoptera: Nymphalidae: Danainae), to predation by *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). In: Koch, L. R., E. C. Burkness, S. J. Wold Burkness, and W.D. Hutchison. 2004 Phytophagous Preferences of the Multicolored Asian Lady Beetle (Coleoptera: Coccinellidae) for autumn – Ripening Fruit. J. Econ. Entomol. 97 (2): 539-543.

Marín J., A. 2003. Introducción a Coccinellidae (Coleoptera: Coccinellidae) Curso Nacional "Identificación y Aprovechamiento de Depredadores en Control Biológico Chrysopidae y Coccinellidae". Monterrey, Nvo. León. México. pp. 44-51.

Martínez R., R. 2007. Coccinélidos (Coleoptera: Coccinellidae) del predio "Las Ánimas" Xochimilco, D. F. Tesis de Licenciatura por proyecto de investigación. Biólogo. 105 p.

Michaud J. P. 2002. Invasion of the the Florida Citrus Ecosystem by *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) and Asymmetric Competition with a Native Species, *Cycloneda sanguinea*. Environ. Entomol. 31 (5): 827-835.

Pacheco, M. F. 1985. Plagas de los cultivos agrícolas en Sonora y Baja California. Libro técnico No. 1. CIANO- INIA-SARH. México.

Peña Martínez, R., A. Trejo Loyo, A. Marín Jarillo, N. Villegas Jiménez y K. Velásquez Muñoz. 1999. Especies de áfidos depredadas por *Adalia bipunctata* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae) en México. Memorias del XXII Congreso Nacional de Control Biológico. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Estado de México. 23-25 pp.

Tarango R., S. H. y F. J. Quiñónes P. 1997. Desarrollo y reproducción de *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) bajo diferentes condiciones de cría. *Vedalia*. 4: 9-13.

Tarango R., S. H.; F. J. Quiñónes P. y N. Chávez S. 1998. Comportamiento de la catarinita *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae) en nogales cultivados en clima semiárido. *Vedalia*. 5: 29-37.

Tenorio V., Ma. C., J. Romero N. y J. L. Carillo S. 1991. Capacidad depredadora de *Hippodamia convergens* Guerin y *Hippodamia koebelei* Timberlake (Coleoptera: Coccinellidae), pp.178. Memorias del XXVI Congreso Nacional de Entomología. CENA, Colegio de Posgraduados. Chapingo México.

Trejo L., A. G.; A. Marín J.; R. Peña M.; J. R. Lomeli F. y N. Villegas J. 1999. Coccinellidae (Coleoptera) en la Colección de Aphidophaga de México. Memorias del XXII Congreso Nacional de Control Biológico. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Estado de México. 29-31 pp.

Trejo L., A. G. 2001. Áfidos (Homoptera: Aphididae) y sus afidófagos en Cuernavaca, Morelos. Tesis de Maestría, ENCB-IPN. México, D.F. 190 p.

Vandenberg, N. J. 2002. Coccinellidae Latreille 1807. 371-389 pp. In: Thomas, M. C., P. E. Skelley & J. H. Frank (eds.). *American Beetles. Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea*. Vol. 2. CRC Press. Boca Raton, Florida.

DINÁMICA DE LA EROSIÓN EN UNA CÁRCAVA EN LA CUENCA DE CUITZEO, MICHOACÁN, MÉXICO

Cutzi Bedolla-Ochoa¹, Arcelia Cabrera-González¹, Christian Prat² y Lenin E. Medina-Orozco¹
1 Facultad de Biología, U.M.S.N.H., 2 IRD-LTHE, Francia/UNAM-CIECO
luna_cz@hotmail.com

RESUMEN

Se evaluó la dinámica de erosión en una cárcava de la caldera de Atécuaro en la cuenca del Lago de Cuitzeo. Se caracterizó edáficamente el área, se determinó el tamaño y la estabilidad de los microagregados del suelo y se generó información cuantitativa de la tasa de erosión a través de los cambios topográficos del área y mediante el muestreo de sedimentos. Los resultados indican que el suelo es de tipo Acrisol, arcilloso (70%), ácido, con bajo contenido de materia orgánica y nutrientes, y de baja erodabilidad (K). La forma, ancho y longitud de la cárcava permiten que los procesos erosivos sean más recurrentes, lo que se incrementa por la escasa cobertura vegetal. La mayor proporción de microagregados se concentró en tamaños de 1.00 mm en promedio. La cabecera de la cárcava presentó mayor estabilidad que la parte baja debido a que esta última tiene mayor pendiente, mayor contenido de arena y microagregados de mayor tamaño. La estimación de pérdida de suelo, a partir de los modelos digitales de elevaciones (MDE), reportó un volumen total de 9.05 m³ (7.0 mm año⁻¹), que comparado con el sedimento colectado proporcionó una diferencia de 7.7%, error razonable para modelos de erosión. Para explicar la pérdida de suelo se analizó la precipitación, intensidad de la lluvia y energía cinética, encontrando que no presentaron una marcada diferencia entre los periodos de estudio (2004-2006); sin embargo el número de días entre cada evento de lluvia pudo ser el factor determinante en dicha diferencia. Se sugiere que la cárcava está en proceso de equilibrio, lo que se ve reflejado en un alto porcentaje de zonas estables (46.50%), por lo que posiblemente la abundancia de éstas en el paisaje es producto de una erosión por pulsos.

Palabras clave: Erosión, cárcava, topografía, MDE, microagregados.

INTRODUCCIÓN

La evaluación de los procesos erosivos es de gran importancia debido a que ofrece información para conocer la mecánica del fenómeno y para ayudar a implementar las medidas correctivas más apropiadas para su control, permitiendo así el mejor uso del suelo de acuerdo con su capacidad productiva. La erosión en su contexto global no solo implica el proceso físico del desprendimiento y arrastre de las partículas del suelo, sino también la disminución de la potencialidad de producción del terreno, generando muchas veces grandes problemas de acarreo de sedimentos, los cuales son depositados en las partes bajas de las cuencas, afectando terrenos altamente productivos y reduciendo la vida útil de los sistemas de almacenamiento (Oropeza, 1996).

En la cuenca del Lago de Cuitzeo se ha detectado la presencia de fenómenos erosivos de considerable magnitud, esto implica la degradación de vastas áreas de terreno convertidas en zonas inestables e improductivas, lo cual ha provocado su avanzada degradación (Medina-Orozco, 2002). Por otro lado, los procesos erosivos repercuten en una propiedad de gran importancia para el suelo: la estabilidad de los microagregados, propiedad que se relaciona estrechamente con múltiples factores físicos, químicos y biológicos, que actúan directa e indirectamente causando alteraciones en el comportamiento del suelo.

Atendiendo a las consideraciones anteriores, y tomando en cuenta que se han llevado a cabo diferentes investigaciones en el área, acerca de la degradación que sufre la cuenca, la cual por su complejidad se requieren de mayores estudios para lograr obtener una explicación de los factores que intervienen en su deterioro; este proyecto surge por la necesidad de obtener mayores y mejores respuestas. Asimismo, se pretende contribuir con nuevas técnicas para conocer la dinámica de erosión, mediante prácticas modernas de análisis que se basan en información georeferenciada e información obtenida directamente en el área de estudio. Las investigaciones realizadas en cárcavas son escasas, y en particular para la zona de estudio se carece de trabajos al respecto, por lo que la presente investigación constituye la base para futuras investigaciones que tengan como fin la generación de conocimiento y tecnologías para contribuir a la solución de la problemática planteada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Dentro de las zonas de cárcavas en la caldera de Atécuaro, que se ubica en la cuenca del Lago de Cuitzeo, se seleccionó una cárcava representativa; ésta se ubica en el paraje "La Ciénega", sobre una loma geográficamente localizada entre las coordenadas 19°35.294' LN y 101° 12.234' LO, a una altitud de 2227 msnm. Ocupa una área de 704.0 m², caracterizada por presentar pendientes fuertes (25%) (Figura 1).

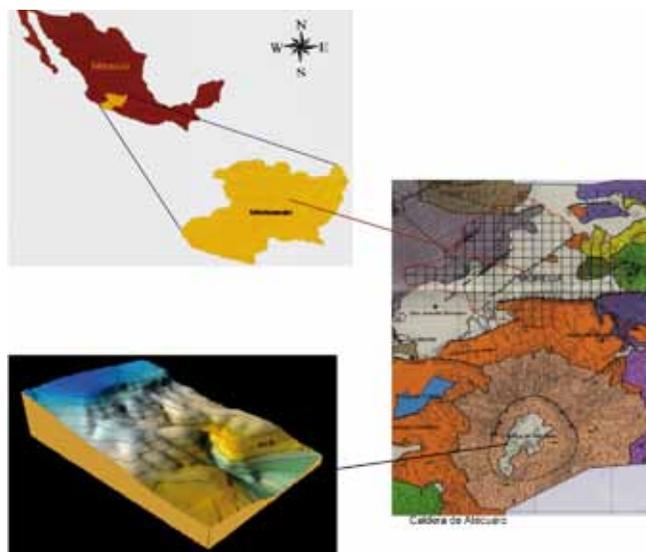


Figura 1. Localización geográfica del área de estudio

La caracterización edáfica se realizó con base en la información de los análisis físicos y químicos proporcionados por investigadores del Proyecto REVOLSO (2002); y para complementarla, se describió el sitio de trabajo y la morfología de un perfil de suelo con base en el manual para la descripción de perfiles de suelo en campo (Cuanalo, 1990). Los parámetros seleccionados, por ser las propiedades de mayor influencia en la resistencia del suelo a ser degradado, fueron textura por el método de la pipeta de Lowy, materia orgánica y carbono orgánico por el método de Walkley y Black (ISRIC, 1995). Las características morfométricas de la cárcava se determinaron mediante los métodos propuestos por Henao (1988) y Sánchez (1987). Estos parámetros se relacionaron considerando la capacidad de la cárcava para captar y evacuar agua, y por su grado de erosionabilidad.

Para obtener el tamaño de los microagregados, se tomaron muestras de suelo en ocho sitios establecidos a lo largo del cauce de la cárcava, y siete sitios en los taludes, y muestras de los dos contenedores de sedimentos colocados en el área. Las muestras previamente secadas al aire se tamizaron en un aparato mecánico, el contenido de suelo retenido en cada tamiz se pesó y se calcularon proporciones para cada tamaño de microagregados.

En los mismos sitios se tomaron muestras para determinar la estabilidad de los microagregados menores de 2 mm. El análisis se realizó en húmedo de acuerdo con Kemper (1965). Para la estimación de la pérdida de suelo a partir de modelos digitales de terreno (MDE), se efectuaron tres levantamientos topográficos a detalle: el 4 de junio de 2004, 12 de abril de 2005 y 21 de febrero de 2006 con ayuda de un sistema GPS (Global Positioning System) denominado Estación Total (taquímetro electrónico), el cual proporcionó un registro de datos de manera automática aplicando la técnica de levantamiento por radiaciones, obteniendo cartas topográficas con isohip-

sas reales a cada 0.5 m.

En el levantamiento topográfico se realizó un barrido del área hasta cubrir la totalidad de la superficie; el número de puntos registrados para cada medición fue de 2230 (junio 2004), 2443 (abril, 2005) y 2176 (febrero 2006), la distancia entre cada uno de los puntos se determinó con base en las deformaciones de la superficie, de tal manera, que a mayor cantidad de deformaciones o variaciones de pendiente, mayor densidad de puntos, logrando registrar las variaciones de inclinación de la superficie así como las deformaciones de mayor interés.

El volumen de pérdida de suelo se determinó a través de los cambios morfológicos de la cárcava detectados por la sobreposición de cortes longitudinales sobre los MDE, utilizando el software AutoCAD 2005. Y posteriormente se realizó un mapa de las zonas de erosión, depositación y de áreas estables por sobreposición de los MDE utilizando el SIG Ilwis versión 3.1.

Previo a la interpretación de las pérdidas de suelo, se efectuó un análisis de los datos de precipitación de la estación climatológica automatizada del paraje "La Ciénega", ubicada a menos de 500 m del sitio de estudio, analizando la distribución mensual de la cantidad de lluvia, con el apoyo de un programa de cómputo desarrollado por el IRD (Institut de Recherche Pour le Développement).

La cuantificación de sedimentos en los contenedores se realizó para comparar el volumen de pérdida de suelo calculado con los MDE versus el volumen de suelo realmente perdido. Antes de iniciar la temporada de lluvias se instalaron dos contenedores o diques. Los contenedores se inspeccionaron y vaciaron semanalmente, colocando el sedimento en costales. Posteriormente se registró el peso del sedimento en húmedo y en seco (24 h a 105 °C).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El suelo del sitio se caracteriza por ser altamente arcilloso (70%), con grietas de poca amplitud pero profundas, cuando está seco; presenta un intenso desarrollo de motas de manganeso dentro de los primeros 70 cm de profundidad, causados por reducción del hierro. Como resultado de los análisis físico-químicos, corresponde a un suelo muy ácido, con bajo contenido de materia orgánica y nutrientes. El valor de la erodabilidad (K) es catalogado como bajo. De acuerdo con la clasificación FAO (1988), este suelo pertenece a la unidad Acrisol.

En general todo el perfil del suelo (0-150 cm) corresponde a la clase textural arcillosa (57.80% - 60.50%), sin embargo, a una profundidad de 50 a 100 cm el porcentaje de arcilla decrece en 10%. La presencia de arcilla permite al suelo una buena agregación, pero con problemas de infiltración y encostramiento (Ortiz y Cuanalo, 1981). Los porcentajes de materia orgánica y de carbono orgánico son bajos (2.2 %), concentrándose el mayor valor en el horizonte superficial. Lo anterior repercute en características físicas inadecuadas para el crecimiento de las plantas, y es una causante para que las cárcavas carezcan de cobertura vegetal.

Morfométricamente, por su superficie, la cárcava bajo estudio se considera pequeña, lo cual ocasiona mayor posibilidad de pérdida de suelo y de que el material arrastrado salga de la misma. Su forma es oval-redonda u oval oblonga, lo que implica

que las distancias relativas de los puntos de la divisoria con respecto a uno central no presenten diferencias, y el tiempo de concentración se haga menor. Por la forma, ancho y longitud que presenta la cárcava, ésta cuenta con características que permiten que los procesos erosivos sean más recurrentes; además de que se aumenta el riesgo de erosión por presentar una escasa cobertura vegetal tanto en los márgenes como al interior de la cárcava. La pendiente se considera fuerte y el perfil topográfico sugiere una tendencia cóncava lo que permite inferir, cuando menos para el plazo corto, que la cárcava está en proceso de estabilidad. El sistema de drenaje de tipo dendrítico indica condiciones homogéneas del área drenada y permite que el agua se transporte en toda dirección, y que la capacidad de transporte de sedimentos sea mayor.

El tamaño de los microagregados del suelo para los sitios de muestreo que se establecieron a lo largo del cauce de la cárcava y los taludes, se concentraron en 2.00, 1.00 y 0.50 mm, siendo la fracción modal la correspondiente a 1.00 mm (Figura 2). La fracción adecuada que permite una mejor infiltración y penetración de las raíces corresponde a microagregados de 1.00 a 2.00 mm de diámetro, por lo que el resultado obtenido indica que respecto a esta característica, en la cárcava el riesgo de sufrir compactación por el efecto de la lluvia y el pisoteo de animales disminuye (Kohnke, 1968). En el colector de sedimentos 1 el tamaño de los agregados fue de 1.00 mm, y en el colector 2 fue de 2.00 mm (Figura 3).

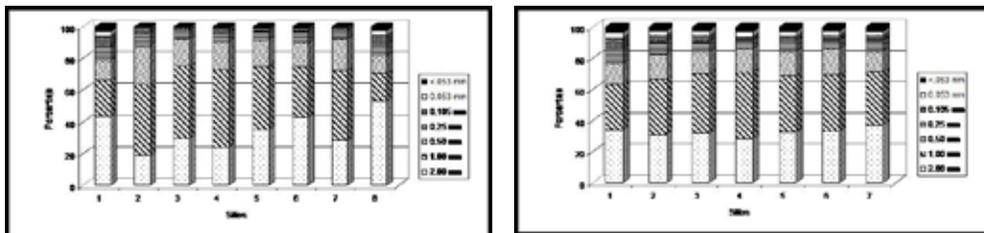


Figura 2. Distribución del tamaño de los microagregados para los sitios de muestreo siguiendo el cauce y los taludes de la cárcava, respectivamente.

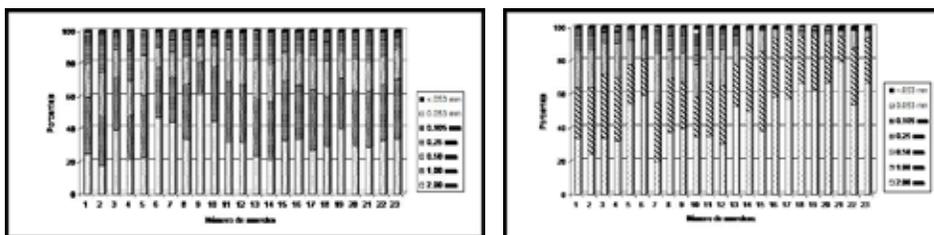


Figura 3. Distribución del tamaño de los microagregados para los colectores 1 y 2.

La estabilidad de microagregados para el cauce de la cárcava tuvieron valores límites entre 44% y 11% disminuyendo a medida que descendió el cauce, lo que indica una estrecha relación entre la estabilidad y la evolución del cauce aguas abajo. Del total de las muestras analizadas, 63% corresponde a fracciones estables, de acuerdo con lo límites (30%) reportados por Leenheer y de Boodt (1958). Los

microagregados en los taludes alcanzaron valores altos, siendo el mayor 73% y el más bajo 33%. Caesar-TonThat y Cochran (2000), y Rilling et al. (2002) reportan en sus investigaciones porcentajes promedio de buena estabilidad de microagregados del 60%.

La estabilidad de los microagregados presentó una correlación inversamente proporcional con el contenido de partículas de arena para cauce ($r^2= 0.76$) y para taludes ($r^2= 0.98$). El contenido de arenas se relacionó directamente con la estabilidad de microagregados (Figura 4). Esta variable es la que explica mejor la estabilidad de los microagregados.

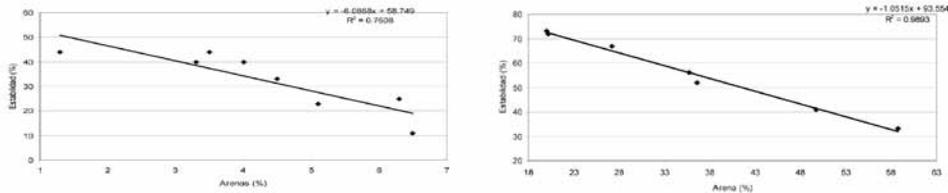


Figura 4. Relación entre la estabilidad de microagregados y contenido de arena en el cauce y taludes de la cárcava.

Para los contenedores de sedimentos se reportan valores de 64% y 61% respectivamente, los cuales se interpretan como valores altos. En el cauce de la cárcava la mayor estabilidad en la parte alta se asocia a un menor contenido de arena y a pendientes menos pronunciadas, esta misma relación se observa entre el contenedor uno y el contenedor dos; el primero localizado en la parte alta de la cárcava, con microagregados de 1.00 mm, pendientes del 25% a 50%, con porcentajes de arena de 7.6 y estabilidad de microagregados del 64%. El segundo contenedor con microagregados de 2.00 mm, pendientes de 50% a 100%; 16% de arenas y estabilidad de agregados del 61%. Con base en el mapa de erosión-sedimentación (Figura 5), la cabecera de la cárcava presentó mayor estabilidad que la parte baja. Se concluye que existe una relación directa entre el tamaño de los microagregados, la estabilidad, el contenido de arena y la pendiente del terreno. Microagregados de 1.00 mm representan el rango de mayor estabilidad. A mayor pendiente y mayor contenido de arena, menores niveles de estabilidad, ya que el flujo de agua tiene más energía para desprender microagregados de mayor tamaño, por lo tanto la cabecera de la cárcava presenta mayor estabilidad, y la parte baja representa zonas de erosión. En general la cantidad de materia orgánica en los agregados estudiados es baja.

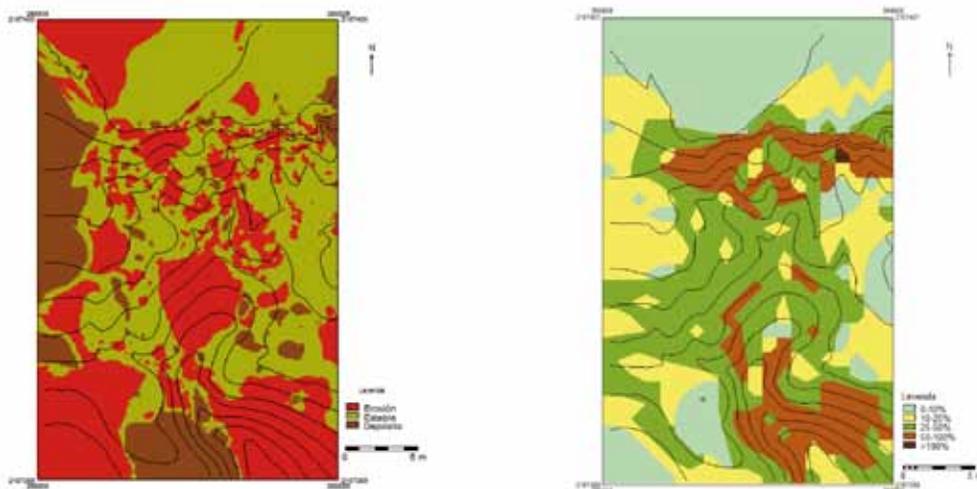


Figura 5. Mapa de pendiente y mapa de zonas estables, de erosión y depósito en la cárcava.

Considerando los levantamientos topográficos para cada modelo topográfico se obtuvieron 32 secciones transversales, con una resolución de un metro entre cada sección; por sobreposición se identificaron las modificaciones del terreno ocurridas en cada periodo, es decir, las zonas de arrastre y las de acumulación del suelo. Se obtuvo una pérdida de suelo total de 9.05 m^3 (11.4 t) para el periodo 2004-2006 distribuido de la siguiente manera: 3.3 m^3 (4.15 t) para el 2005 y para el 2006 el volumen fue de 5.7 m^3 (7.24 t), el cual registró la mayor cantidad de sedimento. Los cambios en la superficie del terreno representaron una pérdida de 7.0 mm de suelo por año.

Con la colecta de sedimentos en los dos contenedores, se obtuvo una pérdida total de 7.855 t (6.233 m^3) para el periodo del 6 de junio al 8 de noviembre de 2006, distribuida para el colector 1 con 0.895 t (0.710 m^3), el cual fue ubicado cerca de la cabecera de la cárcava. El colector 2 almacenó mayor cantidad de sedimentos (6.959 t ó 5.523 m^3). Esto sugiere que la zona que aporta sedimento al segundo contenedor presenta pendientes más pronunciadas, provocando que el desprendimiento del material edáfico fuera mayor que en el primer caso.

Los datos de lluvia reportaron que el 80% de los eventos tienen poca capacidad erosiva, por lo que esto pudo contribuir a que el material perdido se transportara a través de la cárcava lentamente cambiando los sitios de pérdida-depositación conforme presentaron los eventos de lluvia. Con base en la anterior, y para explicar porque durante el periodo 2005-2006 se obtuvo un volumen mayor de suelo perdido, se analizaron los datos de precipitación, intensidad de la lluvia y energía cinética encontrando que ninguno de estos factores determinó la diferencia entre los periodos de estudio; sin embargo, la diferencia de días entre cada evento de lluvia pudo ser el factor determinante en la diferencia de volúmenes, ya que los eventos durante el periodo 2005-2006 fueron más cercanos entre sí, lo cual provocó que el suelo llegara a su punto de saturación más rápido y el contenido de humedad fuera

mayor, facilitando el escurrimiento superficial.

CONCLUSIONES

Los suelos sobre los cuales se ha desarrollado una alta densidad de cárcavas son de tipo Acrisol con características texturales arcillosas (70%), ubicados sobre laderas, pobres en materia orgánica (< 2.2%) y carbono orgánico menor de 1.2%, y densidad aparente de 1.2 g cm^{-3} . Estas características causan problemas de encostramiento y disminuyen la infiltración. La baja fertilidad, alto contenido de arcilla, densidad aparente alta (compactación) y pendientes pronunciadas provocan que no se establezca vegetación sobre la cárcava.

Morfométricamente la cárcava bajo estudio es potencialmente erosiva permitiendo que el transporte de material edáfico sea recurrente. La pendiente de los taludes se considera accidentada, el drenaje es de tipo dendrítico lo que permite el aporte uniforme de sedimentos, sin embargo, el perfil topográfico (longitudinal) sugiere que la cárcava está en proceso de equilibrio, lo que se ve reflejado en que el 46.5% corresponda a zonas estables.

El tamaño predominante de los microagregados presentes en la cárcava fue de 1.00 mm, lo cual se considera apropiado para una estructuración adecuada del suelo, esto explica parcialmente que la cárcava se encuentre en estado de equilibrio. La estabilidad de microagregados fue buena en toda la cárcava, la cual estuvo correlacionada en proporción inversa con la cantidad de arena y la pendiente del terreno.

El 83% de las lluvias ocurridas durante los tres años de estudio fueron potencialmente no erosivas, con intensidades muy bajas y una energía cinética que se relaciona ligeramente con la pérdida de suelo. Lo cual sugiere que pocos eventos de lluvia son capaces de provocar erosión.

La pérdida de suelo calculada con los MDE's fue de 3.3 m^3 para el 2005 y para el 2006 el volumen de pérdida fue de 5.75 m^3 , registrando un total de 9.05 m^3 . A pesar de que la cantidad e intensidad de la lluvia fue mayor en 2005 con respecto a 2006, se perdió menor cantidad de suelo; esto posiblemente se explica porque los eventos de lluvia fueron más espaciados entre sí, dando oportunidad a que el suelo estuviera en un estado más seco, con respecto a lo sucedido en el 2006, y ello produjera menor escurrimiento.

El registro de sedimentos colectados para la cárcava durante el periodo junio-noviembre 2006 fue de 7.84 t. En comparación con los modelos digitales de elevaciones (MDE's), la pérdida de suelo fue de 7.24 t para el mismo periodo. Los MDE's presentaron una subestimación de pérdida de suelo con respecto a lo colectado del 7.7%; este porcentaje de error del modelo se encuentra dentro de los límites aceptables para modelos de erosión, por lo que se concluye que los MDE's fueron adecuados para medir los cambios sobre la superficie de la cárcava y estimar el volumen y cantidad de pérdida de suelo, esto contribuye a optimizar tiempo y esfuerzo comparado con los métodos tradicionales de la medición pérdidas de suelo.

LITERATURA CITADA

- Caesar-TonThat, T. C., and V. L. Cochran. 2000. Soil aggregate stabilization by a saprophytic lignin decomposing basidiomycete fungus. I. Microbiological aspects. *Biology and Fertility of Soils* 32: 374-380.
- Cuanalo D., H. 1990. Manual para la descripción de perfiles de suelo en el campo. Centro de edafología. Colegio de Postgraduados. Tercera edición. Chapingo, México.
- ISRIC (Centro Internacional de Regencia e Información de Suelos). 1995. Procedimientos para análisis de suelo. pp. 1-145. In: L.P. van Reeuwijk (ed.). *Procedures for soil Analysis*. Ma. del C. Gutiérrez C, C. A. Tavares E. y C. A. Ortiz S. (Trads.). Colegio de Postgraduados, Montecillo, Mex.
- Henoa S., J. 1988. Introducción al manejo de cuencas hidrográficas. Universidad Santo Tomás. Bogotá, Colombia.
- Kemper, W. D. 1965. Aggregate stability. *Methods of soil analyses*. Agronomy No. 9. Acad. Press. New York, U.S.A.
- Kohnke, H. 1968. *Soil physics*. McGraw Hill, New York.
- Leenheer, L. and M. de Boodt. 1958. Determination stability by the change in mean weight diameter. *Proc. Int. Syn. Soil structure*. Ghent.
- Medina-Orozco, L. E. 2002. Erosión hídrica y transporte de sedimentos en la microcuenca de Atécuaro, Mich. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. UMSNH. Morelia, Michoacán, México.
- Oropeza M., J. L. 1996. Curso EDA-670b: Dinámica de sedimentos en cuencas hidrográficas. Colegio de Postgraduados. IRENAT. Montecillo, Edo. México.
- Ortiz S., C. A. y H. E. Cuanalo de la C. 1981. Introducción a los levantamientos de suelo. Rama Suelos. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- REVOLSO. 2002. Agricultura Alternativa para Rehabilitación Sostenible de Suelos Volcánico Degradados en México y Chile. Resultados preeliminares. Morelia, Mich.
- Rilling, M.C., S. T. Wright, and V. T. Eviner. 2002. The role of arbuscular micorrhizal fungi and glomaling in soil aggregation: comparing effects of a five plants. *Species, Plants and Soil* 238: 325- 333.
- Sánchez V., A. 1987. Conceptos elementales de hidrología forestal. Agua, cuenca y vegetación. Vol. I. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 99 pp.

COMUNIDADES VEGETALES Y SU VARIACIÓN ESTRUCTURAL Y FLORÍSTICA EN LA CUENCA DE CUITZEO: UN ANÁLISIS DE SU ESTADO DE CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO

Jorge Rodríguez-Velázquez, Martínez-Ramos Miguel, García-Oliva Felipe, Arizaga Pérez Santiago, Martínez Cruz Juan, Velázquez-Durán Rodrigo, Pérez-Pérez Miguel A., Quijas Fonseca Sandra.

*Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia, Apartado postal 27-3, Morelia, Michoacán, 58194, México.
jorger@oikos.unam.mx*

RESUMEN

Dentro de la cuenca de Cuitzeo, Michoacán se censó la vegetación en 30 sitios con diferentes tipos de cobertura vegetal. En cada sitio de muestreo de vegetación se colocaron 10 transectos de 2 m de ancho x 50 m de largo, espaciados cada uno 25 m. En cada uno de los transectos se midió cada 10 m, el porcentaje de cobertura de herbáceas. Para árboles y arbustos mayores a 1.30 cm. de altura, se tomaron registros de cobertura de la copa, diámetro del tronco a la altura del pecho (dap) y altura total del individuo. Se tomó en cada uno de los transectos el porcentaje de luz que atraviesa el dosel y llega a una altura de 1.30 cm de altura del suelo. También se tomaron muestras de suelo en cada uno de los sitios. Se registro el uso el tipo de uso que se le da a cada a cada uno de los sitios de muestreo. Los sitios de muestreo de la vegetación corresponden a; 17 matorrales subtropicales, 1 Bosque de oyamel, 3 Bosques de encinos, 8 Bosques mixtos y 1 Bosque de pino. Se encontró un total para todos los tipos de cobertura un total de 37 familias para árboles y arbustos y 86 familias para herbáceas. Los matorrales subtropicales y los bosques mixtos fueron los tipos de vegetación que presentaron un mayor número de familias. El matorral tuvo el menor número de especies, la menor densidad de individuos y la mayor apertura del dosel. Los bosques mixtos y los bosques de pino fueron los sitios más diversos, con mayor número de individuos densos y con mayor área basal. La disponibilidad

de carbón en el suelo fue mayor en el bosque de oyamel y menor en el matorral subtropical. Los matorrales y los bosques mixtos fueron los tipos de vegetación con mayor diversidad de manejo.

Palabras clave: Manejo, estructura, composición, bosques, cuenca.

INTRODUCCIÓN

La Cuenca de Cuitzeo tiene una superficie aproximada de 4,000 km², se localiza en el eje neovolcánico transversal, en la parte norte del Estado de Michoacán y sur del Estado de Guanajuato. Es una cuenca de naturaleza endorreica que incluye al Lago de Cuitzeo uno de los lagos más grandes del país y más antiguos del mundo (Bocco et al., 1999). La importancia de la cuenca radica en que proporciona servicios ambientales a los habitantes de 21 municipios (16 de Michoacán y 5 de Guanajuato). Ha sido catalogada como la región terrestre prioritaria para la conservación 111 por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad bajo la justificación de que “es el remanente más importante del bosque tropical caducifolio, que en otros tiempos ocupaba cerca de 11,000 km² y que ahora ha desaparecido casi totalmente” (Anónimo). Revisiones bibliográficas evidencian una alta riqueza florística calculada en 1,646 especies correspondientes a 661 géneros de 160 familias botánicas. Colateralmente, la cuenca sostiene a un cuarto de la población del Estado de Michoacán, la cual desarrolla actividades agrícolas, ganaderas, pesqueras, industriales y de servicios (Acosta, 2001; López et al., 2005). El crecimiento poblacional, agropecuario y la falta de aprovechamiento de las tierras en la cuenca, provocan serios daños para su conservación. En general ese trabajo pretende explorar como es el estatus actual de las comunidades vegetales que se desarrollan en la cuenca de Cuitzeo, así como el uso y la conservación que tiene la cuenca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Gracias al Sistema de Información Geográfico (SIG) se localizaron y se censaron en la Cuenca de Cuitzeo 30 puntos de muestreo de vegetación. Los puntos comprenden a 5 tipos diferentes de cobertura vegetal como son; matorrales subtropicales, bosques mixtos, bosque de encino, bosque de pino y bosque de oyamel. En cada punto de muestreo se colocan 10 transectos de 2 m x 50 m espaciados paralelamente entre sí por 25 m. En cada uno de los transectos se realizaron mediciones para todos los árboles > a 1 cm dap (diámetro a la altura del pecho) de cobertura de la copa, altura total del individuo. También se tomó a una altura de 1.30 cm del suelo, el diámetro del tronco de cada individuo. Para las hierbas se estimó su cobertura cada 10 m dentro de cada uno de los 10 transectos en cada punto de muestreo. Se realizó también un registro taxonómico para individuos de cada tipo de crecimiento. Gracias a una barrena de acero (de 1.5 cm. de largo y por de ancho) se tomó para cada uno de los sitios, muestras del suelo y se midió la profundidad de este solo en 5 de los

10 transectos de cada sitio. Las muestras y la profundidad del suelo se tomaron cada 10 m a lo largo de cada transecto. El porcentaje de apertura del dosel se midió con la ayuda de un densímetro. El registro de luz se tomó cada 10 m a una altura de 1.30 m por arriba del suelo, en cada uno de los 10 transectos de cada sitio de muestreo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variación de la Estructura y Composición de la Vegetación

Se encontró un total de 37 familias de árboles y arbustos y 86 familias de herbáceas. Las familias más importantes para árboles fueron: Pinaceae, Fagaceae y Mimosaceae, mientras que para las herbáceas las familias fueron: Poaceae, Asteraceae y Fabaceae.

Los matorrales subtropicales y los bosques mixtos fueron los ambientes que presentaron el mayor número de familias, esto se observó tanto para árboles como para herbáceas. En los sitios de oyamel y de pino se observó el menor número de familias tanto para árboles como para plántulas (ver Figura 1).

El mayor número de especies se encontró en los bosques mixtos, mientras que los bosques de Oyamel tuvieron el menor número de especies (ver Figura 2, C). En promedio los bosques mixtos y el bosque de oyamel fueron los ambientes con mayor número de individuos y con mayor cobertura de la copa (ver Figura 2, A y B).

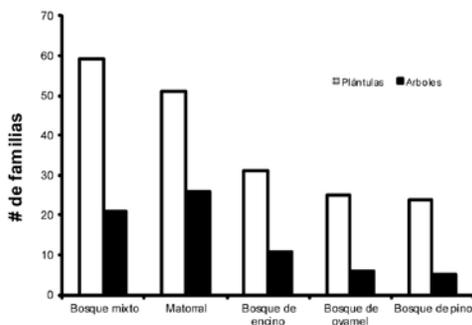


Figura 1. Número de familias de árboles y plántulas que se encontraron para cada uno de los diferentes tipos de vegetación en la Cuenca de Cuitzeo.

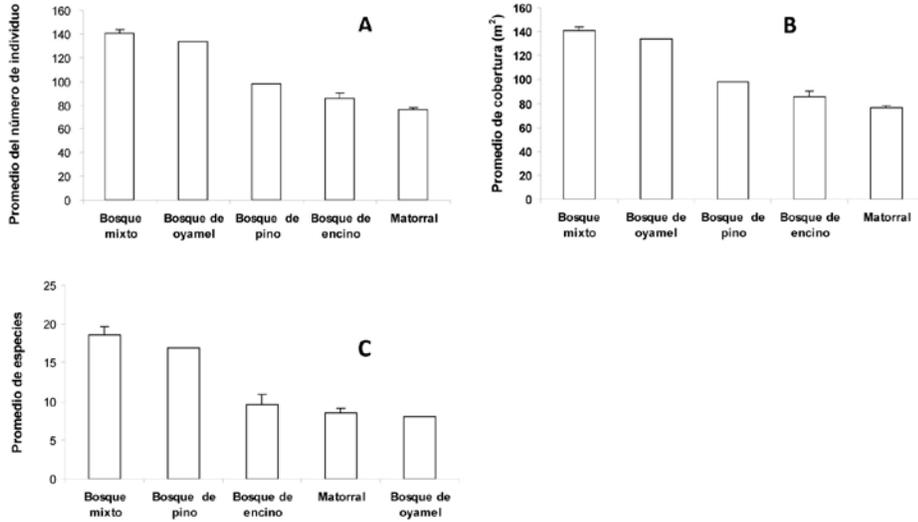


Figura 2. Variación de la estructural y riqueza de especies para los cinco tipos de vegetación en la Cuenca de Cuitzeo.

Variación de Luz, Profundidad del Suelo y Carbón en el Suelo

El bosque de oyamel fue el tipo de vegetación en donde se encontró la mayor cantidad de carbón en el suelo (14 kg por m²). En contraste los matorrales subtropicales fueron los ambientes en los que se encontró la menor cantidad de carbón en el suelo (3.4 kg por m²) (ver Figura 3 A). La profundidad del suelo varió dependiendo del tipo de cobertura de la vegetación, los matorrales subtropicales presentaron la menor profundidad del suelo (43 cm.) mientras que en los demás sitios la diferencia en la profundidad del suelo no difería demasiado (ver, Figura 3 B). Con respecto a la apertura del dosel se encontró que los bosques mixtos fueron los más cerrados y por lo tanto la cantidad de luz en el sotobosque fue muy baja. Por otro lado los matorrales subtropicales fueron los ambientes más abiertos en donde el porcentaje de luz en el sotobosque fue el más alto (Figura 3 C).

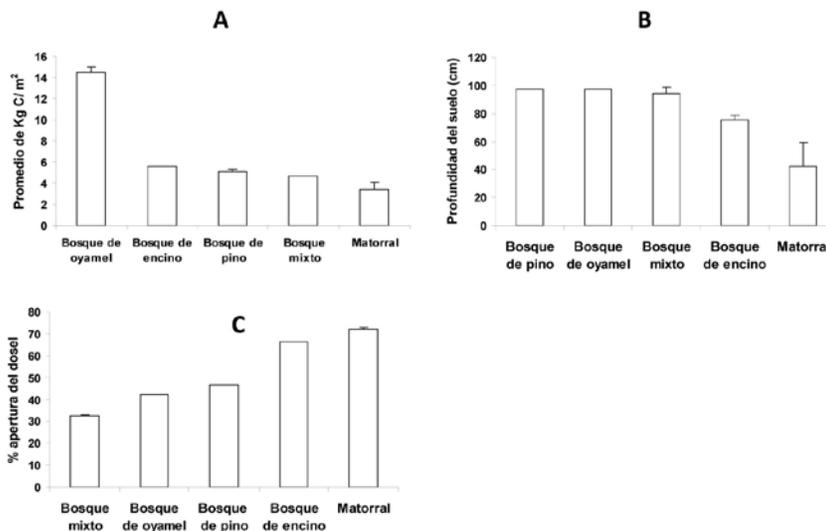


Figura 3. Diferencias en la profundidad del suelo, cantidad de carbón por m² y apertura del dosel para cada uno de los cinco tipos de vegetación que se encontraron en la Cuenca de Cuitzeo.

Relación entre Variables Biológicas y Fisicoquímicas

Se encontró una relación positiva entre el número de individuos con la cantidad de carbón en el suelo ($R^2= 0.38$), entre mayor es la cantidad de carbón en el suelo mayor es el número de individuos (Figura 4A). Esta relación positiva se observa también con la altitud y la cantidad de carbón en el suelo, cuando la altitud aumenta la cantidad de carbón aumenta ($R^2=0.62$) (Figura 4 °C).

En la Figura 4B se puede observar como el número de especies disminuye conforme el porcentaje de apertura del dosel aumenta ($R^2=0.7$). Otra relación negativa se observa con el carbón en el suelo y la apertura del dosel, conforme aumenta la apertura del dosel disminuye la cantidad de carbón en el suelo ($R^2=0.31$) (Figura 4C).

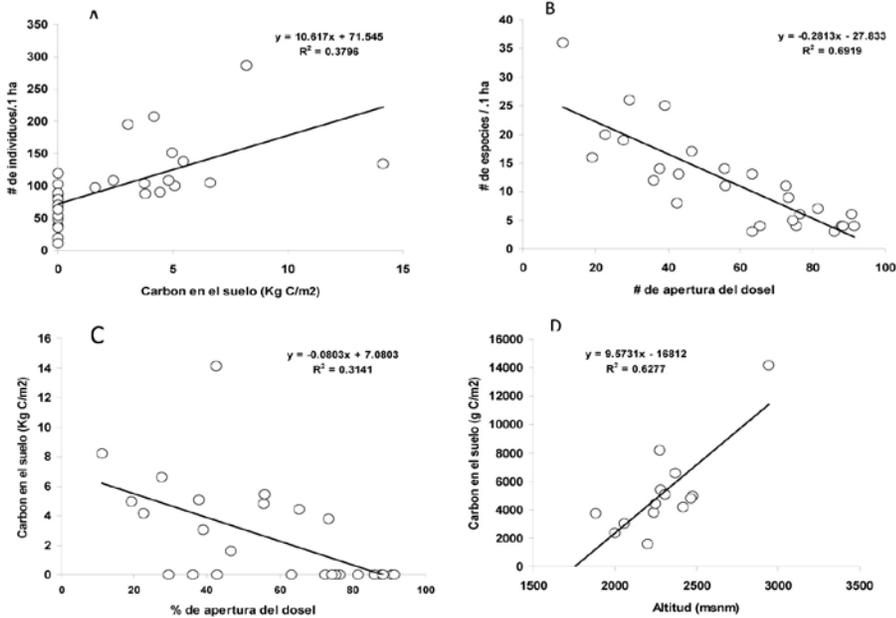


Figura 4. Relaciones entre variables biológicas y fisicoquímicas en la Cuenca de Cuitzeo. Cada punto en las gráficas corresponde a un sitio.

Diversidad de Usos en la Cuenca de Cuitzeo

Dentro de la cuenca de Cuitzeo se encontraron nueve usos diferentes en los 5 tipos de coberturas de la vegetación (Figura 5). Los matorrales subtropicales y los bosques mixtos fueron los tipos de vegetación con más diversidad de usos en la Cuenca de Cuitzeo. Se observa que en los matorrales subtropicales los potreros activos son muy importantes ya que representan el 70 % de uso en este ambiente. En los bosques mixtos se observa que el mayor porcentaje de uso fue la extracción de madera y de resina (49% y 25% respectivamente) (ver Figura 5).

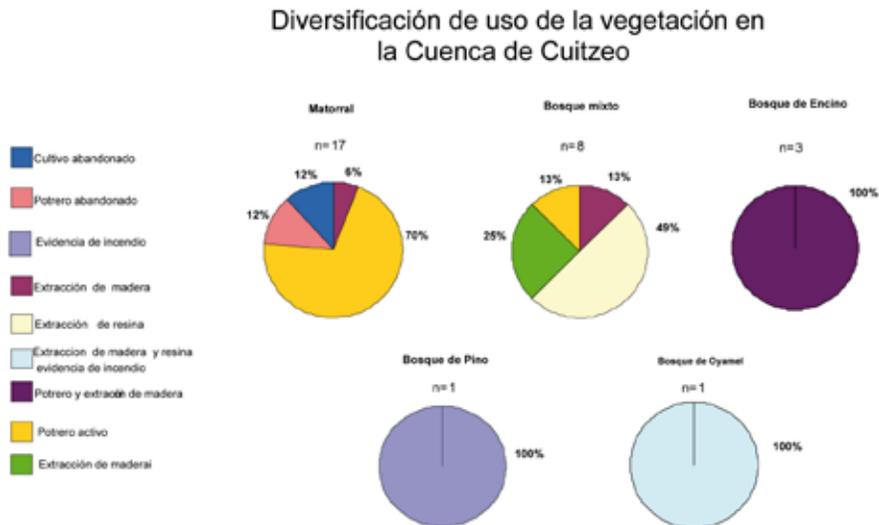


Figura 5. Diversificación de usos de la vegetación en la Cuenca de Cuitzeo para los matorrales subtropicales, bosques mixtos, bosque de encino, bosque de pino y bosque de oyamel.

CONCLUSIONES

- Los matorrales y los bosques mixtos fueron los sitios donde se observó el mayor número de familias tanto para árboles como para herbáceas.
- Los matorrales fueron los ambientes que presentaron menor número de individuos y de especies. También se observa en estos ambientes un porcentaje muy bajo de cobertura del dosel y de áreas basales y suelos poco profundos con cantidades bajas de carbón.
- Los bosques mixtos y de pino fueron los hábitats que presentaron mayor número de especies, mayor cobertura del dosel.
- La disponibilidad de carbón en el suelo aumenta cuando la altitud aumenta y disminuye en sitios con porcentajes altos de apertura de dosel.
- Se observa un aumento en el número de especies cuando las concentraciones de carbón en el suelo aumentan.
- El número de especies disminuye cuando el porcentaje de apertura del dosel aumenta.
- Se encontró que los bosques de oyamel y de pino tienen las mayores concentraciones de carbón en el suelo y también fueron los ambientes con suelos más profundos.
- Los sitios que presentaron porcentajes de apertura del dosel más bajos fueron los bosques mixtos y el bosque de oyamel.

- Los matorrales subtropicales y los bosques mixtos fueron los ambientes en donde se observó la mayor diversificación de usos.

LITERATURA CITADA

Acosta V., A. 2001. Crecimiento de los asentamientos humanos y consumo de agua en la cuenca del lago de Cuitzeo. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Anónimo. www.senado.gob.mx/sen60/sgsp/gaceta/?sesion=2005/09/20/1&documento=31 obtenida el 5 Jul 2007 19:04:40 GMT.

Bocco, G., y M. E. Mendoza. 1999. Evaluación de los cambios de cobertura vegetal y uso del suelo (1975-1995). Lineamientos para la ordenación ecológica de su territorio. Informe técnico final. Departamento de Ecología de los recursos naturales, Instituto de Ecología UNAM, Morelia. 70 pp.

López G., E.; M. Mendoza y A. Acosta. 2005. Cambio de cobertura vegetal y uso de la tierra. El caso de la cuenca endorreica (1) del lago de Cuitzeo, Michoacán. Laboratorio de Geoecología, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Macro Proyecto "Manejo de Cuencas y Desarrollo Humano", por apoyar este proyecto. También agradecemos a la Unidad de SIG del CIEco, a Jesus Fuentes y Fernando, a la unidad de sistemas, a Heberto Ferreira. Este trabajo no hubiera sido posible sin la participación de estudiantes que nos apoyaron en el campo gracias a; Violeta, Carlos Ramos, Ernesto Guzmán, Lupe, Nacho, Arlett, América, Francisco Mora, Oscar, Whalleeha, Adriana, Pablo, LuzPi. Noé, Ale Corzo y Aurora.

VARIACIÓN DE LA TENSIÓN DE HUMEDAD BAJO EL SISTEMA TRADICIONAL DE AÑO Y VEZ EN UN SUELO DE CHARANDA, CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO, MICHOACÁN

M. Bravo-Espinosa¹, C. Prat², L. Medina-Orozco³ y B. Serrato-Barajas¹

1 Campo Experimental Uruapan-INIFAP; 2 IRD-Francia; 3 Facultad de Biología, UMSNH.
bravo.miguel@inifap.gob.mx

RESUMEN

La tensión de humedad del suelo es un parámetro importante para conocer y determinar propiedades hidráulicas en condiciones no saturadas. El objetivo del presente trabajo fue determinar la variación de la tensión de humedad (Ψ_m) en respuesta a la lluvia bajo el sistema tradicional de Año y Vez (AV) en un suelo de Charanda (Acrisol). El trabajo de campo se realizó en La Ciénega, la cual se ubica en la porción sur de la cuenca del Lago de Cuitzeo. El sistema AV se evaluó durante 2003- 2006 en una parcela de escurrimiento de 1000 m², bajo la siguiente rotación: Avena- Descanso- Maíz-Descanso. En la parcela se instalaron de manera vertical, sin repeticiones, tensiómetros convencionales para medir la Ψ_m en cuatro profundidades: 0.15, 0.30, 0.50 y 0.80 m. Las mediciones de Ψ_m se realizaron diariamente; la precipitación fue registrada en un pluviómetro de balancín con datalogger, ubicado a menos de 60 m de la parcela. Los resultados mostraron una considerable variación estacional en Ψ_m , sin embargo, ésta fue consistente entre profundidades adyacentes. La Ψ_m aumentó con la profundidad en la temporada de secas, lo que originó movimientos ascendentes del agua. En la temporada de lluvias (2003-2006), Ψ_m alcanzó valores que sugirieron condiciones de saturación para la profundidad de 0.80 m, independientemente del manejo. Durante el año de cultivo con maíz, se presentaron valores mayores de Ψ_m para la profundidad de 0.50 m, con respecto a 0.15 y 0.30 m, sugiriendo mayor interceptación y transpiración, que limitó una recarga de humedad con respecto a la condición de descanso con vegetación de arvenses y pastos nativos. Se presume que las grietas que se forman durante el periodo de secas influyen en la recarga

relativamente rápida de las capas de suelo > 0.30 m.

Palabras clave: Potencial mátrico, Acrisol, Cointzio, humedad del suelo.

INTRODUCCIÓN

La tensión de humedad del agua en el suelo es un parámetro importante para conocer y cuantificar propiedades hidráulicas del suelo en condiciones no saturadas, para medir gradientes del potencial hidráulico del suelo y con ello determinar la dirección del agua en el perfil del suelo, y para el manejo del agua en la producción de cultivos (Brady y Weil, 1999; Young y Sisson, 2002). El potencial mátrico usualmente se mide con tensiómetros; este método es barato y replicable para medir la humedad del suelo, previa calibración; sin embargo, su principal desventaja es que el rango de medición es limitado (de 0 a -80 kPa). A pesar de esto se ha argumentado sobre la necesidad de realizar estudios sobre la dinámica del flujo del agua aprovechando las ventajas de los tensiómetros (Bouma, 1991).

El contenido de humedad en el suelo depende de las escalas temporal y espacial. En áreas pequeñas el contenido de agua en el suelo es influenciado por el tipo de suelo, el agua que consumen las plantas y por las prácticas de labranza que se realizan durante la producción de cultivos (Burt y Butcher, 1985; Fu et al., 2003; Havley et al., 1983). Diversos estudios se han realizado sobre la dinámica del agua bajo labranza convencional (LC) y labranza de conservación (LCO). Azooz y Arshad (1996) documentaron que con LCO, respecto de LC, se incrementaron la velocidad de infiltración y la conductividad hidráulica, pero el volumen de macroporos fue similar entre los dos sistemas de labranza. En áreas agrícolas con manejos que incluyen periodos de descanso, la humedad del suelo afecta la erosión y la formación de cárcavas, por su relación con el escurrimiento.

La agricultura predominante en la cuenca de Cuitzeo es de temporal y por ello, dependiente de la lluvia y del buen manejo de la humedad del suelo. Bajo el sistema de producción de Año y Vez, ocurren periodos donde la humedad del suelo disminuye hasta el punto de marchitez permanente, que cuando ocurre en estados críticos de los cultivos, los rendimientos disminuyen drásticamente. También es común observar en los perfiles de suelos motas oscuras por la acumulación de manganeso y compuestos ferrosos, debido a oxidaciones o reducciones incompletas, y condiciones de mala aireación y drenaje. El primer autor de este trabajo ha registrado en estos suelos, ricos en arcilla, de 9 a 15 grietas m⁻², con una profundidad mayor de 40 cm, las cuales se desarrollan un poco después de que termina la temporada de lluvias. Se ha mencionado que las grietas están relacionadas con procesos de desecación y humedecimiento, con la mineralogía de las arcillas y con prácticas de manejo del suelo, y su presencia puede favorecer el movimiento vertical del agua vía flujo preferencial (Bradley et al., 2007). Por lo anterior, es importante conocer cómo varía la tensión de humedad a distintas profundidades y bajo diferentes manejos agronómicos, para inferir sobre la disponibilidad y almacenamiento del agua en un

suelo arcilloso de la cuenca del Lago de Cuitzeo. El objetivo del presente trabajo fue conocer la variación temporal del potencial mátrico (Ψ_m) bajo el sistema Año y Vez y condiciones de temporal en un Acrisol con alto contenido de arcilla (> 60%) que restringe el movimiento del agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental de campo se realizó en La Ciénega, la cual se ubica en la porción sur de la cuenca del Lago de Cuitzeo (Figura 1). En esta zona el clima es templado sub-húmedo con lluvia promedio anual de 800-1000 mm, la cual ocurre principalmente de junio a septiembre. La temperatura media anual es < 18 0C. El sitio tiene pendiente menor de 6 % y se ubica a 2270 msnm. El suelo se clasificó como Acrisol; las principales características físicas y químicas del suelo del sitio experimental se presentan en el Cuadro 1. El sistema AV se evaluó durante 2003-2006 en una parcela de escurrimiento de 1000 m², bajo la siguiente rotación: Avena-Descanso-Maíz-Descanso. Se cultivó la variedad de avena negra Saia con una densidad de siembra de 90 kg ha⁻¹, fertilizada con la dosis 60-40 (kg ha⁻¹ de N y P). En los años de descanso (2004 y 2006) se desarrolló una cubierta de pastos y arvenses nativas, sujeta a pastoreo. El cultivo de maíz se estableció con 50 mil plantas ha⁻¹ fertilizadas con la dosis 140-100. En la parcela se instalaron de manera vertical, sin repeticiones, un juego de sensores de humedad del suelo (Figura 2) para medir la Ψ_m en cuatro profundidades: 0.15, 0.30, 0.50 y 0.80 m. Para su instalación se abrió un agujero en el suelo con una barrena del mismo diámetro de la capsula de cerámica y tubo, y se sellaron los espacios entre la pared y tubo con tierra húmeda. Los registros de Ψ_m se realizaron diariamente con un lector Watermark (Irrometer Company, Inc). Periódicamente también se midió la humedad volumétrica del suelo (0-15 cm y 0-30 cm) con un TDR (Trase System, Modelo 6050X1, Soilmoisture Equipment Corp.) y con el método gravimétrico. La precipitación fue registrada en un pluviómetro de balancín, el cual se ubicó a menos de 60 m de la parcela. Los registros de datos de los tensiómetros fueron analizados, primero para determinar durante la estación húmeda las diferencias de Ψ_m en respuesta a eventos tanto intensos como leves de lluvia; enseguida, se comparó el comportamiento estacional del potencial mátrico, para inferir sobre la disponibilidad de agua para las plantas así como del almacenamiento de agua en la zona de raíces.



Figura 1. Ubicación del área experimental de estudio.



Figura 2. Sensor de humedad, lector e instalación en campo

Cuadro 1. Propiedades físico-químicas del suelo (0-20 cm). La Ciénega, Mich., 2002.

	Características		
	Físicas		Químicas
Arena gruesa 2.0-0.2 mm, %	2.4	pH (1:2 en agua)	4.98
Arena fina 0.2-0.02 mm, %	5.7	Materia Orgánica, %	2.2
Limo grueso 0.02-0.005 mm, %	6.1	Nitrógeno total, %	0.11
Limo fino 0.005-0.002 mm, %	15.9	P-Bray, mg kg ⁻¹	XX
Arcilla <0.002 mm, %	69.9	K, mg kg ⁻¹	0.13
Clase Textural	Arcillosa	Ca, mg kg ⁻¹	5.71
Densidad aparente, g cm ⁻³	1.12	Mg, mg kg ⁻¹	2.29
PMP, %	21.4	Mn, mg kg ⁻¹	111.4
CC, %	31.9	Fe, mg kg ⁻¹	12.21
		Zn, mg kg ⁻¹	0.38
		Cu, mg kg ⁻¹	0.25

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la estación lluviosa de 2003, 2004, 2005 y 2006, en el sitio experimental se registraron 703.2, 812.4, 991.6 y 1103.7 mm de lluvia, respectivamente. En promedio el 85% de la lluvia ocurrió de junio a septiembre. Durante el periodo de secas (anterior o posterior a la época de lluvia), el movimiento del agua fue hacia la superficie o capas superficiales, y durante el periodo húmedo el movimiento del agua fue hacia abajo o capas profundas (Cuadro 2). Se presentó una considerable variación estacional en Ψ_m ; pero, la variación fue consistente entre profundidades adyacentes. La Ψ_m aumentó con la profundidad en la temporada de secas, lo que originó movimientos ascendentes del agua. En la temporada de lluvias (2003-2006), Ψ_m alcanzó valores que sugirieron condiciones de saturación para la profundidad de 0.80 m, independientemente del manejo.

Cuadro 2. Movimiento del agua en el estrato 50-80 cm para cuatro fechas con manejo de descanso (pastoreo).

Fecha	Febrero		Octubre		Noviembre			
	13	26	30	30				
Tensiómetro	T ₅₀	T ₈₀						
Z (cm)	30	0	30	0	30	0	30	0
Ψ (kPa)	-80	-29	-94	-31	-13	-2	-59	-20
Z + Ψ	-50	-29	-64	-31	17	-2	-29	-20
Gradiente	T ₅₀ < T ₈₀		T ₅₀ < T ₈₀		T ₅₀ > T ₈₀		T ₅₀ < T ₈₀	
Dirección del Flujo	↑		↑		↓		↑	

Con cultivo de maíz, se presentaron valores menores de Ψ_m para la profundidad de 0.50 m, con respecto a 0.15 y 0.30 m, sugiriendo que ocurrió una mayor interceptación y transpiración, que limitó una recarga de humedad mayor al suelo, en relación con la condición precedente (descanso), con arvenses y pastos nativos (Figura 3). Resultados similares fueron reportados por Ellies y Huber (1991) citados por Lillienfein et al (1999). Por los valores observados de Ψ_m (> -50 kPa) durante la estación de lluvias, se presume que las grietas que se forman durante el periodo de secas influyen en la recarga relativamente rápida de las capas de suelo > 0.30 m. Este es un proceso que requiere de mayores estudios, asimismo se sugiere explorar el comportamiento de Ψ_m para profundidades > 1.0 m, en donde se han observado restricciones al movimiento del agua.

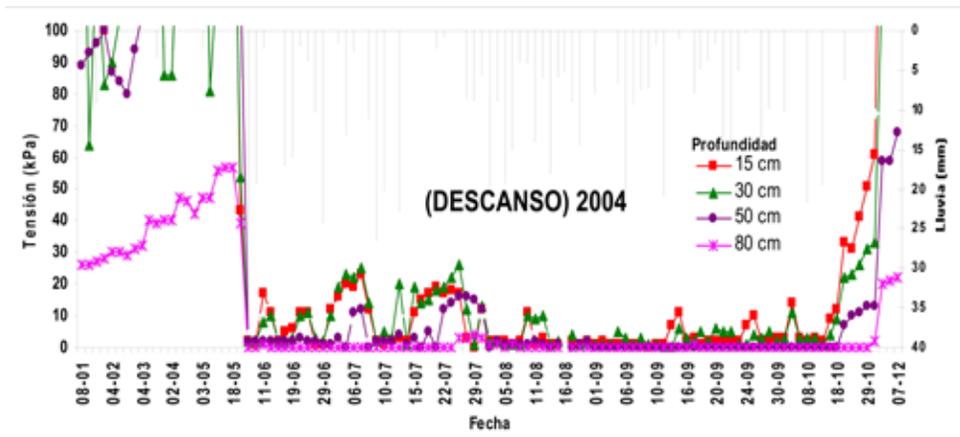


Figura 2. Lluvia diaria y variación de la tensión de humedad en 4 profundidades del suelo con manejo de descanso-pastoreo (2004) y cultivo de maíz (2005)

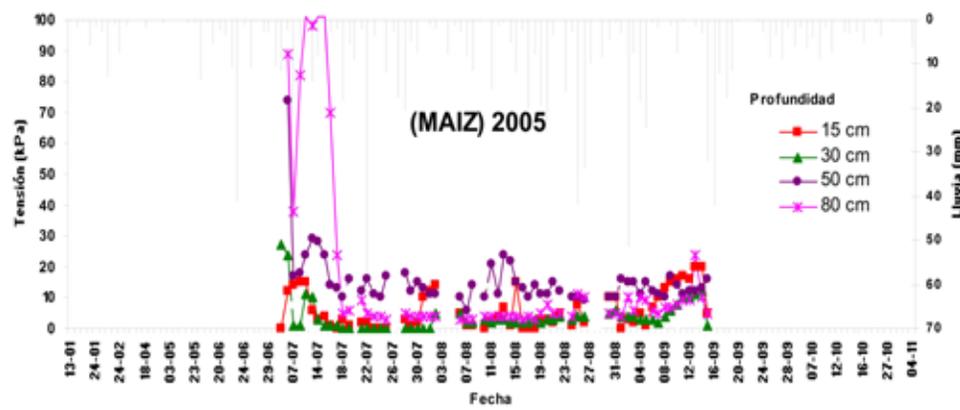


Figura 3. Lluvia diaria y variación de la tensión de humedad en cuatro profundidades del suelo con manejo de descanso (pastoreo) y cultivo de maíz.

CONCLUSIONES

En los suelos de "Charanda" el manejo alterno (descanso-cultivo) parece controlar la variación estacional de la tensión de humedad, principalmente en el estrato < 30 cm, debido a que influye en la intercepción y evapotranspiración. Esto implica menor recarga de humedad en el estrato superficial del suelo y por lo tanto mayor escurrimiento que amplifica erosión y otros procesos de degradación en el año de descanso. Se sugiere investigar más la movilidad del agua en profundidades mayores de 80 cm.

LITERATURA CITADA

Azooz, R. H. and M. A. Arshad. 1996. Soil infiltration and hydraulic conductivity under long-term no-tillage and conventional tillage systems. *Can. J. Soil Sci.* 76:143-152.

Bradley, C., M. Mosugu, and J. Gerrard. 2007. Seasonal dynamics of soil-water pressure in a cracking clay soil. *Catena* 69: 253-263.

Brady N. C. and R. W. Weil. 1999. *The nature and properties of soils*. 12a ed., Prentice Hall, N.J., USA.

Bouma, J. 1991. Influence of soil macroporosity on environmental quality. *Adv. Agric.* 46:1-37.

Burt, T. P. and D. P. Butcher. 1985. Topographic controls of soil moisture distribution. *J. Soil Sci.* 36: 469-486.

Fu, B., J. Wang, L. Chen, and Y. Qiu. 2003. The effect of land use on soil moisture variation in the Danangou catchment of the Loess Plateau, China. *Catena* 54: 197-213.

Havley, M. E., T. J. Jackson, and R. H. McCuen. 1983. Surface soil moisture variation on small agricultural watersheds. *J. Hydrol.* 62: 179-200.

Lilienfein, J., W. Wilcke, M. Ayarza, S. Do Carmo Lima, L. Vilela and W. Zech. 1999. Annual course of matric potential in differently used savanna oxisols in Brazil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63:1778-1785.

Young, M. H. and J. B. Sisson. 2002. Tensiometry. pp. 575-609 In: Dane, J. H. and G. C. Topp (ed.) *Methods of soil analysis. Part 4. Physical Methods*. SSSA Book Ser. 5 SSSA, Madison WI.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio se realizó con apoyos de la Unión Europea y del Fondo CONACYT-SEMARNAT canalizados a los proyectos REVOLSO y SEMARNAT-2004-CO1-304, respectivamente.

SIMULACIÓN DEL IMPACTO DE LAS DESCARGAS DE AGUA RESIDUAL EN EL RÍO GRANDE DE MORELIA

*Jesús Alberto Rodríguez Castro, Roberto García Acevedo y Ricardo Ruiz Chávez
Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Edificio de
Posgrado de Ingeniería Civil, Ciudad Universitaria. Morelia, Michoacán
jealroca@yahoo.com.mx*

RESUMEN

El análisis de la variación del oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno en el Río Grande de Morelia, a través de la simulación numérica, permitió identificar el impacto de la evolución de la materia orgánica proveniente de las descargas más importantes que ocurren de manera puntual a lo largo de dicho cauce. Los resultados obtenidos con el modelo ayudan a visualizar el comportamiento hidráulico-ambiental del cauce, lo cual es importante y puede servir de apoyo en la selección de las mejores alternativas de tratamiento para el saneamiento.

Palabras clave: Río, contaminación, simulación, impacto, descargas de agua.

INTRODUCCIÓN

El deterioro ambiental de los cuerpos de agua en el estado de Michoacán se ha ido acrecentando en las últimas décadas, tal es el caso del Río Grande de Morelia, donde se descargan aguas residuales de diversas procedencias como lo es el uso doméstico, comercial (de servicios), industrial y agrícola.

Estas descargas son vertidas al Río Grande, a través de cauces secundarios y arroyos tributarios que aportan una carga importante de contaminantes, particularmente las descargas del Río Chiquito que colecta gran parte de las aguas residuales domésticas de la ciudad de Morelia y las del sistema de drenes que eventualmente descargan desechos agroquímicos de los diferentes retornos agrícolas provenientes

del valle Morelia-Queréndaro. Además, también existen las descargas de comunidades aledañas. Todas estas descargas originan una notable disminución de la capacidad de autodepuración del cauce.

Por otro lado, dentro del ecosistema hidráulico-ambiental de la cuenca del Lago de Cuitzeo, el Río Grande es el principal aportador, lo que origina que gran parte de dichos elementos contaminantes contribuyan de igual manera al deterioro y a la eutrofización, poniendo en riesgo su equilibrio ecológico del lago.

En época de estiaje, cuando una parte del lecho del lago queda expuesto a la intemperie, las principales consecuencias de la contaminación inciden seriamente en las condiciones de salud de las poblaciones aledañas ya que los sedimentos depositados sobre este lecho, son levantados por los vientos y transportados a las localidades aledañas y zonas agrícolas, causando la proliferación de enfermedades y el deterioro en algunos cultivos.

En el presente trabajo se definen las condiciones de variación espacial de calidad del agua en concentración y volumen del Río Grande de Morelia; para posteriormente, a través de una simulación numérica, realizar una caracterización de la carga de contaminantes.

Para llevar a cabo dicha caracterización se utilizó la información obtenida a través de campañas de medición y toma de muestras; llevadas a cabo por la Comisión Nacional del Agua (CNA), Gerencia Estatal de Michoacán, (García, 1997): como parte del estudio de clasificación del agua del Río Grande de Morelia. Durante las campañas se obtuvieron valores de parámetros físico-químicos, tales como conductividad, temperatura, pH, oxígeno disuelto (OD) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), entre otros. Asimismo, se registraron las características geométricas e hidráulicas del cauce.

La determinación de los elementos anteriormente citados, permitió construir una base de datos que no sólo es parte esencial para las simulaciones numéricas, si no también pudiera contribuir, de manera importante, a la recopilación de datos para futuros estudios que coadyuven a la implementación de políticas encaminadas al desarrollo e implementación de programas para el saneamiento y control de la contaminación de los cauces de la localidad.

SIMULACIONES NUMÉRICAS

Para llevar a cabo simulaciones numéricas de la evolución del OD y la DBO, es necesario realizar diversos estudios preliminares donde se definen: las características y propiedades geométricas del cauce; las condiciones hidráulicas e hidrológicas; así como las condiciones iniciales.

En este estudio, las simulaciones numéricas se llevaron a cabo con la ayuda del programa QUAL2E, desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos de Norteamérica (Browm y Barnwell, 1987).

El modelo QUAL2E requiere, como base para las simulaciones, la definición de un prototipo del cauce el cual consiste, básicamente, en la representación esquemática de la geometría, la hidráulica, la hidrología y la calidad del agua. La estructuración de dicho prototipo se basó, esencialmente, en la información contenida en el estudio de

clasificación de Río Grande de Morelia, realizado por la CNA (García, 1997).

Con el uso del modelo QUAL 2E se simuló la evolución del OD y la DBO utilizando los resultados del estudio realizado por la CNA (Mejía, 1987). Para cada elemento computacional se definió el comportamiento del OD y DBO a cada 500 metros a lo largo de todos los tramos que integran el prototipo del cauce.

Estudios Preliminares

La topográfica del Río Grande de Morelia sirvió para ubicar geográficamente el área de estudio, y de base para realizar los estudios hidrológicos, por medio de los cuales se determinaron los caudales asociados a cada uno de los tramos de análisis. También se realizó una configuración preliminar del prototipo, a partir del cual se estructuró el prototipo utilizado en la caracterización y la simulación del transporte de contaminantes. Además, se recopiló información acerca de la calidad del agua en cada sitio de la red de monitoreo y se calcularon las constantes de re aireación correspondientes.

Cuadro 1. Parámetros fisicoquímicos

SITIO DE MONITOREO	TEMP (°C)	OD (mg/l)	DBOu (mg/l)	Dec DBO (mg/l)	Pb (mm Hg)	K ₂ Re aireación
Puente. Cointzio	17.5	7.4	3.003	0.169	596	0.193
CRISOBA	19.5	1.4	30.23	0.298	597	0.386
Dren Ciénega Grande	23.0	1.6	19.89	0.675	598	0.903
Río Chiquito	23.5	0	108.41	0.141	600	0.263
Puente La Aldea	24.5	0	157.3	0.288	601	0.625
Derivadora Joconoles	25.0	0	145.86	0.254	605	0.500

Estructuración Básica del Prototipo

La estructuración del prototipo, mostrada en la Figura 1, está integrada primeramente por elementos mayores de análisis (tramos) en los cuales se definen las características geométricas de la sección, el kilometraje del cauce, la longitud del tramo, la ubicación de la fuente y del receptor, la identificación de flujos de descarga y derivación, la asignación de número de tramo y el tamaño de los elementos computacionales. Con estos datos el programa realiza los cálculos necesarios para definir el efecto de los diferentes contaminantes considerados.

Cabe señalar que mientras más pequeños son los elementos computacionales, mayor es la precisión con que se calcula la evolución de los contaminantes en el espacio; para lo cual también es necesario, contar con una mayor cantidad de datos de las condiciones iniciales que permitan una mejor calibración del modelo y simulación de escenarios.

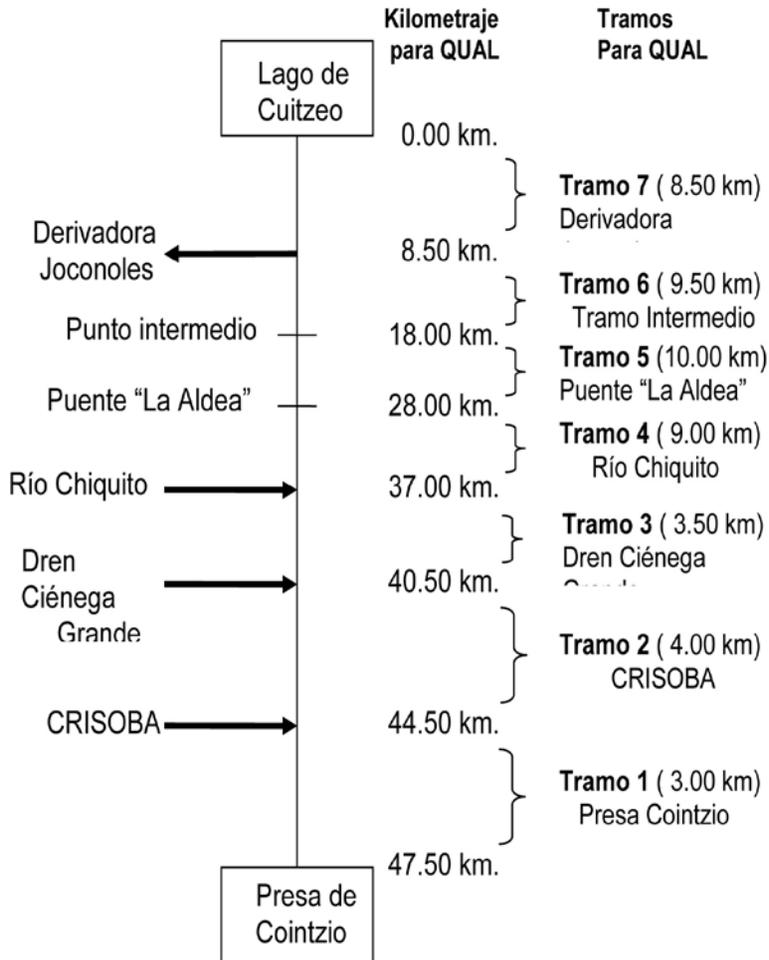


Figura 1. Estructuración del prototipo utilizado en el modelo

RESULTADOS

En el Cuadro 2 se muestran los resultados obtenidos con el modelo para el Tramo 1. En el inicio de este tramo (justamente aguas abajo de la Presa Cointzio) el OD es de 7.4 mg/l, mientras que la DBO es de 3.14 mg/l, y a 3 km distancia (final del Tramo 1), el OD disminuye a 5.28 mg/l, y la DBO aumenta a 46.61 mg/l. Esto se debe al incremento de materia orgánica producido principalmente por un efecto de propagación hacia aguas arriba de la descarga de la papelería "CRISOBA", así como por la presencia de la descarga de aguas residuales proveniente de la población de Cointzio. A pesar de la interacción de estas descargas, este tramo aun conserva una buena capacidad de asimilación.

Cuadro 2. Resultados de DO y DBO, Tramo 1 Presa Cointzio.

<i>Distancia (km)</i>		<i>OD</i>	<i>DBO</i>
QUAL2E	invertida	(mg/l)	(mg/l)
47.5	0.5	7.4	3.14
47	1	7.4	3.13
46.5	1.5	7.39	3.11
46	2	7.39	3.15
45.5	2.5	5.42	46.77
45	3	5.28	46.61

Los resultados obtenidos para el Tramo 2, se muestran en el Cuadro 3. En el inicio de este tramo, se presenta la descarga de la papelería "CRISOBA", con una concentración de OD de 3.06 mg/l, y de 40.15 mg/l de DBO, mientras que en el final del tramo se tiene OD a 1.73 mg/l y DBO a 17.11 mg/l. En este trayecto, aunque sigue habiendo aportaciones de drenes agrícolas, por ser estas muy pequeñas comparadas con la descarga de la papelería, las condiciones de remoción de materia orgánica son buenas todavía, ya que la longitud y la topografía del cauce así lo permiten. La concentración de DBO disminuye considerablemente, sin embargo, aun con estas condiciones todavía se puede ver que la concentración del OD sigue bajando, debido al efecto de propagación de descargas subsecuentes.

Cuadro 3. Resultados de DO y DBO, Tramo 2 Papelera CRISOBA.

<i>Distancia (km)</i>		<i>OD</i>	<i>DBO</i>
QUAL2E	invertida	(mg/l)	(mg/l)
44.5	3.5	3.06	40.15
44	4	2.46	27.6
43.5	4.5	2.4	27.5
43	5	2.34	27.4
42.5	5.5	2.06	22.38
42	6	2.02	22.30
41.5	6.5	1.75	17.16
41	7	1.73	17.11

Para el Tramo 3, en el inicio en la descarga del Dren Ciénega Grande se tiene un OD de 1.66 mg/l y 15.84 mg/l de DBO, y al final del tramo se tiene una concentración de OD de 0.61 mg/l y una DBO de 49.09 mg/l, tal como se indica en el Cuadro 4. Dentro de este tramo la presencia de las descargas de aguas residuales del arroyo de tierras y de la descarga municipal de poblaciones aledañas, aunado al efecto de propagación de la descarga del Río Chiquito, provocan el incremento de la DBO, así como una considerable disminución del OD.

Cuadro 4. Resultados de DO y DBO, Tramo 3 Dren Ciénega Grande.

<i>Distancia (km)</i>		<i>OD</i>	<i>DBO</i>
QUAL2E	invertida	(mg/l)	(mg/l)
40.5	7.5	1.66	15.84
40	8	1.64	15.83
39.5	8.5	1.31	44.01
39	9	1.15	43.82
38.5	9.5	0.95	49.47
38	10	0.78	49.24
37.5	10.5	0.61	49.09

En la descarga del Río Chiquito, se tiene una concentración de OD de 0.41 mg/l y una concentración de DBO de 77.49 mg/l, mientras que al final del tramo se tiene una concentración de OD de 0.00 mg/l y una DBO de 110.44 mg/l, como puede observarse en el Cuadro 5. Este cambio en las concentraciones de OD y DBO, se debe principalmente al vertido de aguas residuales de dos drenes agrícolas y tres

descargas municipales, provenientes de diferentes poblaciones aledañas, causando efectos de propagación y una consecuente y grave disminución de OD.

Cuadro 5. Resultados de DO y DBO, Tramo 4 Río Chiquito de Morelia

<i>Distancia (km)</i>		<i>OD (mg/l)</i>	<i>DBO (mg/l)</i>
<i>QUAL2E</i>	<i>invertida</i>		
37	11	0.41	77.49
36.5	11.5	0.3	77.35
36	12	0.2	77.33
35.5	12.5	0.04	100.9
35	13	0	100.73
34.5	13.5	0	100.62
34	14	0	111.22
33.5	14.5	0	111.04
33	15	0	110.87
32.5	15.5	0	114.5
32	16	0	114.31
31.5	16.5	0	114.11
31	17	0	111.18
30.5	17.5	0	111.00
30	18	0	110.83
29.5	18.5	0	110.79
29	19	0	110.62
28.5	19.5	0	110.44

Con el propósito de visualizar en el espacio los resultados del modelo se elaboraron las Figuras 2 y 3, las cuales muestran la evolución del OD y de la DBO a lo largo del cauce, respectivamente. En la gráfica del OD se muestra su evolución sólo hasta el kilómetro 13+000, ya que a partir de ahí la concentración continua siendo cero hasta la descarga en el Lago de Cuitzeo (kilómetro 47.5).



Figura 2. Evolución del Oxígeno Disuelto en el Río Grande de Morelia.



Figura 3. Evolución de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el Río Grande de Morelia, Michoacán.

CONCLUSIONES

En el primer tramo se manifiesta una disminución paulatina del OD y un incremento en la DBO, esto debido al efecto de propagación hacia aguas arriba de la descarga por lo que se concluye que la dispersión es muy baja, pues la velocidad y el caudal son también muy bajos con respecto a la capacidad de conducción del cauce lo que origina la ausencia del desplazamiento inmediato de la carga orgánica

En el inicio del Tramo 2 se tiene la descarga de la papelería lo que genera un incremento de DBO y el consecuente consumo de OD, sin embargo debido al incremento de flujo y a la configuración topográfica, se mejoran considerablemente las condiciones de reoxigenación las cuales son aprovechadas para la remoción de DBO hacia el final de tramo.

En el tercer tramo debido a las condiciones topográficas y al incremento de carga orgánica el OD continúa consumiendo hasta llegar a valores críticos donde ya no es posible la degradación de la materia orgánica, pues el aporte de OD ya no resulta suficiente.

En el cuarto tramo las concentraciones de OD y DBO presentan una tendencia demasiado grave pues continúan las descargas y el déficit de OD sin presentar valores de recuperación.

Existe una pérdida de la capacidad de asimilación del cauce así como la consecuente disminución de oxígeno disuelto, hasta llegar a una ausencia total de oxígeno propagándose este efecto hasta la desembocadura en el Lago de Cuitzeo. Dicha pérdida inicia a partir del Tramo 4 (kilómetro 13+000), que corresponde a la descarga de aguas residuales del Río Chiquito de Morelia, donde aunadas a las aguas residuales provenientes de la papelería CRISOBA, los drenes agrícolas: La Alberca, El Carrizal, Itzicuaró, Ciénega Grande, y diversas descargas municipales, contribuyen al aumento de la carga de materia orgánica.

Los resultados obtenidos con el modelo permiten visualizar el comportamiento hidráulico-ambiental del cauce, lo cual es importante y puede servir de apoyo en la selección de alternativas de tratamiento para el saneamiento del cauce, ya que con el modelo se tiene una mayor flexibilidad y definición de parámetros, comparado con las mediciones puntuales. Además, se puede simular escenarios de eventos extraordinarios no captados durante las mediciones en campo.

LITERATURA CITADA

Browm, L. C., and T. O. Barnwell. 1987. The Enhanced Stream Water Quality Models. QUAL2E and QUAL2E-UNCAS, Department of Civil Engineering Tufts University Medford, MA 02155 Environmental Research Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency, Athens, GA 30613, U.S.A.

García H. F. J. 1997. Estudio de clasificación del río Grande de Morelia. Comisión Nacional del Agua (CNA) Gerencia Estatal en Michoacán. Morelia Michoacán, México.

Mejía B., M. A. 1987. Estudio de calidad del agua del río Grande de Morelia. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Delegación Michoacán. Morelia Michoacán, México.

LA EROSIÓN EN CÁRCAVAS EN LA SUBCUENCA DE COINTZIO, MICHOACÁN: CARACTERÍSTICAS, IMPACTO Y CONTROL

M. Bravo-Espinosa¹, L. Medina-Orozco², B. Serrato-Barajas¹, M. E. Mendoza³ y J. T. Sáenz-Reyes¹

1 Campo Experimental Uruapan-INIFAP. 2 Facultad de Biología, UMSNH. 3 Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM.

bravo.miguel@inifap.gob.mx

RESUMEN

El propósito de este trabajo fue caracterizar las cárcavas profundas, determinar su impacto como fuentes de sedimento y degradación, y proponer medidas para su control. Los estudios de campo se realizaron en una de las principales áreas afectadas por procesos erosivos de cárcavamiento en la cuenca de Cointzio. Se caracterizaron 16 cárcavas que se formaron en laderas con pendientes que oscilaron de 0.10 a 0.25 m m⁻¹, con un promedio de 0.16 m m⁻¹, sobre Acrisoles con alto contenido de arcilla (> 60%). Las cárcavas tuvieron una longitud que osciló de 12.6 a 353.8 m. La profundidad se relacionó linealmente con el ancho superior ($R^2 = 0.53$) y con la longitud de la cárcava ($R^2 = 0.55$). El ancho de las cárcavas y eventualmente el avance remontante de éstas, parecen estar relacionados con la formación de grietas en los bordes de la cabecera y taludes, las cuales inducen la erosión tubular y el colapso de taludes y cabecera durante el periodo de lluvias por efecto del flujo preferencial; la profundidad de las cárcavas se relaciona probablemente con el esfuerzo cortante de caudales que ocurren durante eventos extraordinarios de lluvia. La erosión en cárcavas es quizás la mayor fuente puntual de sedimento y por la tanto, el mayor proceso de degradación del suelo en la cuenca de Cointzio. Se proponen medidas de control de la erosión en cárcavas con base en el uso de la vegetación nativa e introducida, bajo el concepto de cuenca y con el involucramiento de los usuarios de las áreas acaravadas y las instituciones gubernamentales.

Palabras clave: Acrisoles, Atécuaro, remontante, taludes.

INTRODUCCIÓN

Una cárcava es un canal natural causado por un flujo de agua concentrado, a través del cual fluye la escorrentía durante o inmediatamente después de un evento intenso de lluvia (SCSA, 1982). Generalmente las cárcavas se forman debido a las actividades antropogénicas y factores físicos como son el uso inapropiado del suelo y de la cubierta vegetal, intensidad y cantidad de lluvia, topografía, tamaño y forma de la cuenca, longitud y gradiente de laderas, y características del suelo, entre otros. Los impactos de los procesos erosivos en cárcavas son significativos. La erosión en cárcavas ha sido largamente ignorada porque es difícil de investigar y de predecir. En México los estudios sobre este tema son escasos (López y Palacio, 1995; Bocco et al., 1991). En la cuenca de Cuitzeo, Michoacán la base de datos y la generación de conocimiento sobre las cárcavas, es incipiente y se han venido conformando en los últimos años. Mendoza et al. (2002) realizaron un estudio sobre la distribución espacial actual y potencial de la erosión en cárcavas en la cuenca de Cuitzeo, mediante el uso de sistemas de información geográfica y fotografía aérea escala 1:25000. Bravo-Espinosa y Medina-Orozco (2003) iniciaron trabajos de revegetación y construcción de presas para retención de azolves y estabilización de taludes, y Bedolla (2007) contribuyó al conocimiento sobre la dinámica de la erosión en cárcavas. El presente estudio se realizó con el propósito de caracterizar las cárcavas permanentes, determinar su impacto como fuentes de sedimento y con base en la revisión de literatura proponer medidas para su control.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El área de estudio se localizó en la subcuenca de Cointzio, Michoacán, al sur de la ciudad de Morelia, a una elevación que varía de 2200 a 2300 msnm (Figura 1). La formación geológica del área está constituida por andesitas; los principales tipos de relieve son lomeríos altos y bajos. La red hidrológica de las laderas presenta un patrón dendrítico con gasto de tipo intermitente o efímero que se conecta a cauces que drenan hacia la presa de Cointzio. La temperatura media anual es de 18°C y la precipitación media anual de 9001100 mm, concentrada en los meses de junio a septiembre. Los usos del suelo predominantes son el agrícola, pastoreo y forestal. La cubierta vegetal natural se ha reducido de manera importante por cambios del uso del suelo, principalmente en los últimos 50 años. Los suelos dominantes son volcánicos y son clasificados como Andosoles y Acrisoles. Los cultivos que se practican son maíz, bajo temporal o humedad residual, y sólo de temporal, la asociación maíz-frijol y avena. Las prácticas de labranza se realizan con tractor (barbecho y surcado) y con yunta o tiro animal (surgado y labores de cultivo). El pastoreo se realiza en laderas con más de 10 % de pendiente.

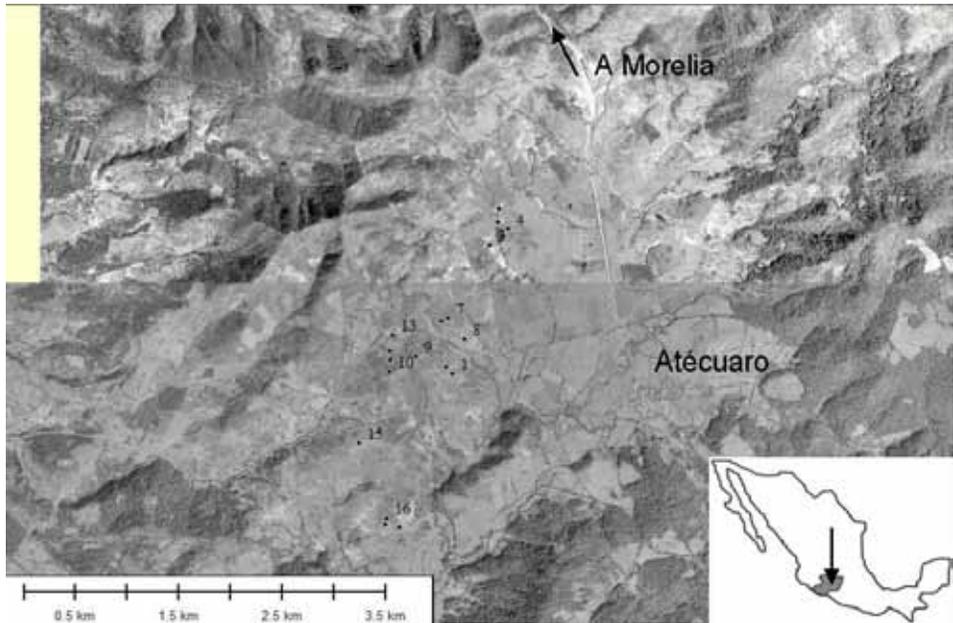


Figura 1. Localización del área de trabajo mostrando los sitios de las cárcavas estudiadas.

Trabajo de Campo

Para ubicar las áreas acarcavadas más visibles y extensas dentro de la subcuenca de Cointzio (Figura 2), se realizaron varios recorridos de campo; asimismo, se consultaron estudios previos (Mendoza et al., 2002; Mendoza et al., 2004). En el presente trabajo se adoptó un criterio para diferenciar una cárcava permanente de una efímera, que consistió en que la primera debe alcanzar en su cabecera una profundidad ≥ 0.8 m, de otra manera es efímera. Para caracterizar las cárcavas permanentes se midieron en campo diferentes parámetros morfológicos de los cauces y de las áreas próximas a éstos durante el primer semestre de 2007. La ubicación y altitud de la cabecera de cada cárcava se determinaron con un GPS y altímetro. Los parámetros topográficos incluyeron el registro de la pendiente del área aguas arriba de la cabecera, así como la pendiente de la superficie del suelo de las franjas anexas y paralelas al cauce de la cárcava. Estas mediciones se realizaron con un clisímetro y una pistola Haga. La profundidad, ancho y longitud de las cárcavas se midieron siguiendo la metodología propuesta por Stocking y Murnaghan (2001). Estas variables se midieron cada 2-10 m, en puntos específicos donde el cauce mostró cambios abruptos en su sección transversal. En cada segmento también se determinó la pendiente del lecho fluvial. La información se analizó con un paquete estadístico convencional para estimar estadísticos y para determinar algunas relaciones entre diferentes parámetros morfológicos con el modelo de regresión simple.



Figura 2. Área afectada por procesos severos de cárcavamiento en la cuenca de Cointzio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características y Relaciones Morfológicas

Se registraron los parámetros morfológicos y de uso del suelo de un total de 16 cárcavas muestreadas en el área de estudio. El Cuadro 1 presenta los valores y estadísticos de los parámetros medidos. La totalidad de las cárcavas se desarrollan en posición fisiográfica de ladera, sobre suelos arcillosos derivados de andesitas (Acrisoles). El área promedio de drenaje de las cárcavas fue de 1.3 ha, con un uso de pastoreo en 11 sitios y en cinco con uso agrícola bajo el sistema de producción de “año y vez” (maíz-pastoreo).

Cuadro 1. Estadísticos de los parámetros medidos en las cárcavas, cuenca de Cointzio, Mich.

Parámetro	Media	VMin	VMax	DE	CV
Longitud (m)	132.1	12.6	353.8	97.11	0.74
Ancho (m)	9.86	2.70	15.30	3.27	0.33
Profundidad (m)	2.28	1.23	3.74	0.71	0.31
Pendiente cauce (m m ⁻¹)	0.17	0.08	0.28	0.05	0.29
Pendiente arriba cabecera (m m ⁻¹)	0.14	0.04	0.25	0.06	0.42
Pendiente área anexa talud (m m ⁻¹)	1440.9	103.3	4510.9	1672.5	1.16
Área erosionada (m ²)					

VMin = valor mínimo; VMax = valor máximo; DE = desviación estándar; CV = coeficiente de variación.

VMin = valor mínimo; VMax = valor máximo; DE = desviación estándar; CV = coeficiente de variación

La mayoría de los sitios tienen pendiente moderada con valores promedio de 0.14 y 0.16 $m\ m^{-1}$, para la pendiente arriba de la cabecera y del área anexa a los taludes, respectivamente. En algunos sitios una misma cárcava mostró dos patrones de cárcavamiento, uno en forma de V y el otro en forma de U, predominando el primero (Figura 3). Este patrón estuvo relacionado con el grado de dureza de la roca, la cual se estimó indirectamente con mediciones de resistencia a la penetración de los primeros 15 cm superficiales.



Figura 3. Tipos de cárcavamiento en la zona de estudio.

Los canales de las cárcavas tuvieron una longitud que osciló de 12.6 a 353.8 m. Al relacionar el ancho superior con la profundidad de las cárcavas se obtuvo la siguiente expresión: $P = 0.2375 A^5$ ($R^2 = 0.53$) (Figura 4); esto nos indica que el ancho es cuatro veces la profundidad. La profundidad también mostró una relación lineal con la longitud de la cárcava ($P = 1.56 + 0.0054LC$, $R^2 = 0.55$, Figura 4). De acuerdo con observaciones realizadas en diferentes recorridos de campo en la zona de estudio, el ancho y longitud del cárcavamiento están parcialmente relacionados con el agrietamiento de los suelos, los cuales presentan alto contenido (60%) de arcilla, mientras que la profundidad parece estar en función del esfuerzo cortante de los volúmenes de agua que se transportan por el canal de la cárcava, especialmente durante eventos atípicos de lluvia, que en promedio no son mayores de cinco eventos por año. En cinco de los 16 sitios, se observaron de seis a doce grietas en la cabecera de las cárcavas; en promedio estas se ubicaron en una banda de 0.65 m inmediatamente arriba de la cabecera y tuvieron una profundidad mayor de 0.4 m; este agrietamiento también se observa en predios agrícolas de la zona de estudio. En el caso de las cárcavas, la existencia de estas grietas al inicio de las lluvias, induce la erosión tubular y el colapso de taludes y cabecera, lo cual aumenta el ancho de la cárcava, y eventualmente el avance remontante de ésta (Figura 5).

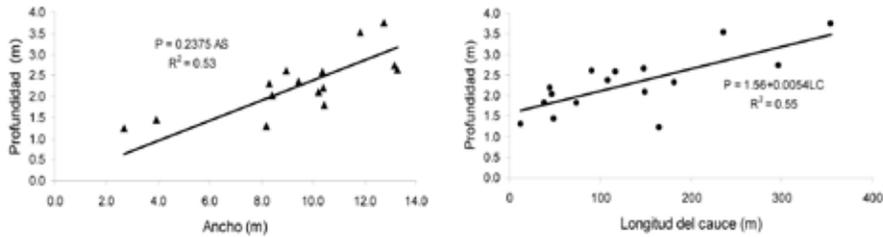


Figura 4. Relaciones entre ancho superior y profundidad, y entre longitud y profundidad.



Figura 5. Agrietamiento de cabecera y taludes (se indican con flechas).

Las principales especies vegetales nativas que se observaron en taludes y fondo del cauce fueron: tejocote (*Crataegus* spp.), jara (*Baccharis* spp.), capulín (*Prunus serotina*), acebuche (*Forestiera* spp.), pino (*Pinus lawsonii*), fresno (*Fraxinus* spp.), pasto (varias especies) y maguey (*Agave* spp.); y entre las especies introducidas: pino (*Pinus greggii*), cedro blanco (*Cupresus lindleyi*), eucalipto (*Eucalyptus* spp.) y casuarina (*Casuarina equisetifolia* L.).

Importancia de las Cárcavas como Fuentes de Sedimento

La mayoría de las cárcavas mostraron actividad, principalmente por el ensanchamiento del cauce debido a la erosión tubular y colapso de taludes, y sólo en cinco sitios se observó avance remontante de la cabecera. También se observó en cárcavas de tipo discontinuo (estas no tienen una clara conexión o articulación con la cárcava principal o corriente del cauce) acumulación de sedimento el cual progresivamente se va desplazando aguas abajo a medida que se va ensanchando el cauce. Considerando que el 30% de las cárcavas muestreadas presentaron evidencia reciente de avance remontante, y que existe una gran actividad lateral erosiva en cuando menos el 25% de cada cárcava, cuya longitud promedio de taludes es de 136 m (Cuadro 1), se puede establecer de manera cualitativa que las cárcavas contribuyen de manera signi-

ficativa a la degradación del suelo y a la producción de sedimento en la cuenca de Cointzio. Mediciones preeliminares realizadas por Bravo-Espinosa y Medina-Orozco (2003), en una cárcava del área de estudio, mostraron que las pérdidas de suelo en dicha cárcava fueron del orden de 11.2 t en una distancia de 60 m. Es decir, que por unidad de medida de la cárcava se erosionaron $186.7 \text{ kg m}^{-1} \text{ año}^{-1}$. El patrón que siguió fue de mayor erosión en la parte media de la cárcava, porque en la cabecera y parte final de ésta la remoción de suelo fue menor. En un estudio realizado durante 2003-2006 en la subcuenca de Cointzio, en terrenos agrícolas anexos a una cárcava, se registraron pérdidas de suelo menores de $2 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (Medina, 2006); este volumen sería la contribución potencial de las áreas agrícolas a las cárcavas.

Los sedimentos pueden afectar de varias maneras los diferentes usos del agua. En fuentes de agua para uso y consumo humano, los sedimentos crean problemas de sabor, olor y contaminación (a las partículas de suelo se pueden adherir residuos químicos y patógenos), obstruyen los sistemas de distribución y de tratamiento de aguas, aumentan los costos de tratamiento y colmatan los reservorios, reduciendo la vida de los embalses naturales o artificiales. En México se carece de normas que establezcan la carga total diaria de sedimentos que un río o embalse puede retener, asimilar y aun alcanzar estándares de calidad. La Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 (SSA, 1994), establece que la cantidad de sólidos totales aportados a un embalse cuya agua se destina para el uso y consumo humano previa potabilización, no deberá exceder 1000 mg L^{-1} . La planta de tratamiento de agua potable de Sta María, ubicada en Morelia, Mich, potabiliza el agua proveniente de la presa de Cointzio para el uso y consumo humano de la población. De acuerdo con resultados de análisis químicos para el periodo 1997-2002, la carga de sólidos totales en las muestras de agua de la presa fluctuaron de 210 a 1183 mg L^{-1} , con un valor promedio de 462 mg L^{-1} y un coeficiente de variación de 33.5 %; en la Figura 6 se observa que la concentración de sólidos aumentó durante la temporada de lluvias en el periodo 1997-2002. En 2006 la planta potabilizadora trató un volumen promedio de agua de 680 Lps ($V_{\text{MIN}}=513$, $V_{\text{MAX}}=768$ Lps; $CV=7\%$). Considerando los valores promedio de gasto y concentración de sólidos totales, la planta vertió un promedio de 27.1 t día^{-1} de sedimentos al río Chiquito en 2006, lo que equivale a 9907 t año^{-1} . Una parte importante de este volumen de sedimento muy probablemente provino de las cárcavas de la cuenca de Cointzio, porque el transporte de partículas de suelo es mayor cuando éstas se encuentran en el cauce de una cárcava; durante los recorridos de campo se encontró sedimento disponible para su transporte.

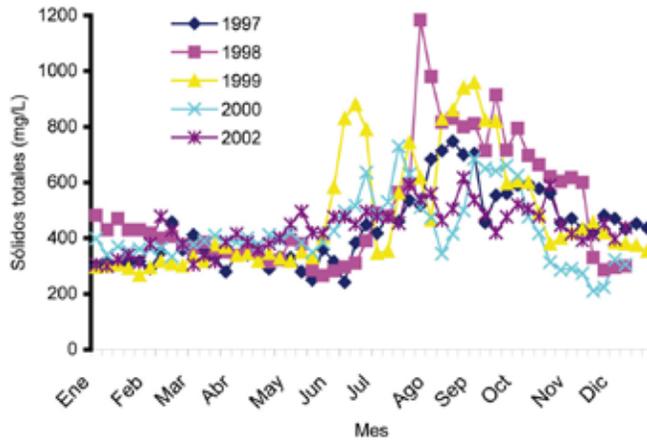


Figura 6. Distribución de la concentración de sólidos totales presentes en muestras de agua colectadas previo a la potabilización del agua de la presa de Cointzio

Medidas para el Control de Cárcavas

Las medidas preventivas y de control de la erosión en cárcavas deben incluir las siguientes acciones: (1) Mejorar el manejo de las cuencas de aportación con prácticas de reforestación y pastización para la reducción del gasto pico y del volumen total escurrido, incluyendo la desviación del escurrimiento aguas arriba de la cabecera, y (2) estabilizar las cabeceras y taludes de las cárcavas con base en la vegetación nativa e introducida, y con represas (piedra acomodada, gaviones, costales de polipropileno rociados con esmalte blanco para alargar su vida) u otra material disponible en la zona; el establecimiento de medidas de control directamente en las cárcavas, promueve la sedimentación y el crecimiento de la vegetación nativa, la cual crea nuevas condiciones hidráulicas que modifican la capacidad de transporte en el cauce, siempre y cuando se acompañe con obras de desviación del caudal aguas arriba (Pathak et al., 2005).

Las técnicas vegetativas para el control de la erosión en cárcavas se fundamentan en el efecto de la biomasa, tanto aérea como subterránea, la cual protege al suelo de dos maneras. Los efectos hidrológicos de la biomasa aérea incluyen la reducción de la erosión del suelo por efecto de la intercepción de las gotas de lluvia, además, la reducción de la escorrentía al aumentar la infiltración, y la formación de una rugosidad sobre la superficie del suelo a través de la materia orgánica que aporta la biomasa. El sistema de raíces, por su parte, cohesiona y aumenta la rugosidad e infiltración del suelo, mejorando con ello la resistencia del suelo a la erosión. En diversas regiones del mundo, los pastos han demostrado que ofrecen el control más efectivo de la erosión porque germinan rápido, proporcionan una completa protección superficial del suelo y su denso sistema de raíces cohesiona el suelo (De Baets et al., 2006).

En áreas acarcavadas donde el agrietamiento y la erosión tubular colapsan los taludes, las medidas de control del caudal que se apliquen en el fondo de la cárcava, deberán acompañarse con suavizado de taludes y prácticas de revegetación con pastos. Considerando que la aplicación de medidas de control con base en el uso de la vegetación, produce resultados mínimos porque las áreas acarcavadas son intensamente pastoreadas, para evitar ello, se propone el cercado de estas áreas y el establecimiento de pastos, porque cuando la biomasa aérea desaparece por efecto de incendio o pastoreo, las raíces de los pastos son las únicas que ofrecen resistencia a la erosión. La Figura 7 muestra el perfil general de un esquema propuesto por Bravo et al. (2007) para lograr la estabilización de taludes en la subcuenca de Cointzio.

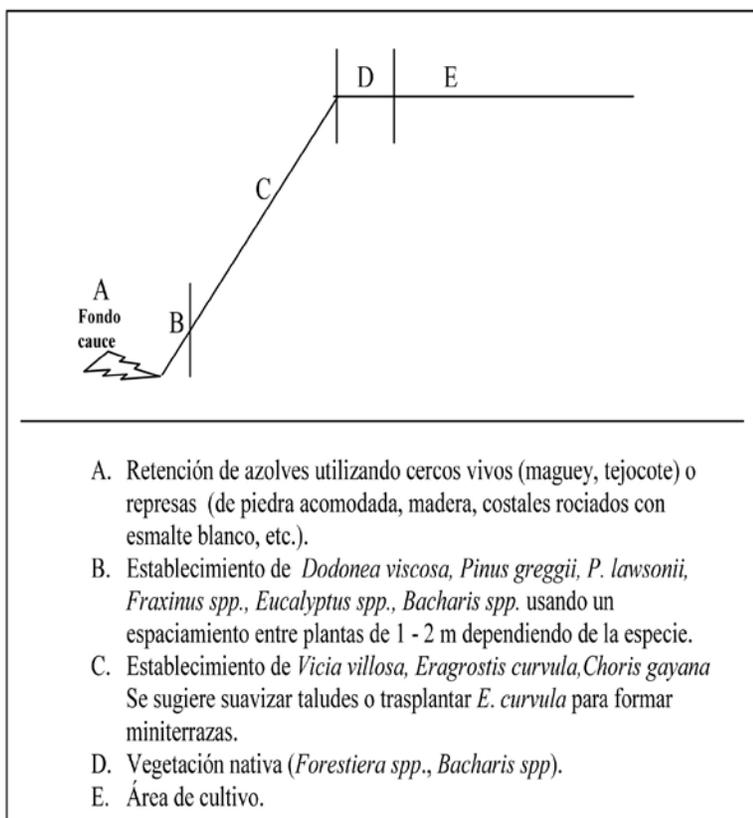


Figura 7. Perfil de la estabilización de un talud.

El control de la erosión en cárcavas es muy caro y los productores de la subcuenca de Cointzio carecen de los recursos necesarios para ello. Los productores de las áreas con carcavamiento requieren más tierra de cultivo o pastoreo, así como mayor disponibilidad de leña. Es necesario el apoyo y concurso de las instancias de gobierno

para minimizar el daño permanente de las cárcavas, el cual tiene además externalidades como la contaminación del agua con sedimentos en la presa de Cointzio.

CONCLUSIONES

Se caracterizaron 16 cárcavas permanentes que se formaron en laderas con pendientes que fluctuaron de 0.10 a 0.25 m m⁻¹, con un promedio de 0.16 m m⁻¹, sobre suelos Acrisoles derivados de andesitas con alto contenido de arcilla (> 60%). Las cárcavas tuvieron una longitud que osciló de 12.6 a 353.8 m. La profundidad se relacionó linealmente con el ancho superior ($P = 0.2375 AS$, $R^2=0.53$) y con la longitud de la cárcava ($P = 1.56 + 0.0054 LC$, $R^2=0.55$). El ancho de las cárcavas y eventualmente el avance remontante de éstas, parecen estar relacionados con la formación de grietas en los bordes de la cabecera y taludes, las cuales inducen la erosión tubular y el colapso de taludes y cabecera durante el periodo de lluvias por efecto del flujo preferencial; la profundidad de las cárcavas se relaciona probablemente con el esfuerzo cortante de caudales que ocurren durante eventos extraordinarios de lluvia. La erosión en cárcavas es quizás la mayor fuente puntual de sedimento y por la tanto, el mayor proceso de degradación del suelo en la cuenca de Cointzio. Se proponen medidas de control de la erosión en cárcavas con base en el uso de la vegetación nativa e introducida, bajo el concepto de cuenca y con el involucramiento de los usuarios de las áreas acarcavadas y las instituciones gubernamentales.

LITERATURA CITADA

Bedolla, O. C. 2007. Dinámica de la erosión en una cárcava de la microcuenca de Atécuaro, Michoacán. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Biología, UMSNH. Morelia, Mich.

Bravo-Espinosa, M., B. E. Serrato-Barajas, L. Medina-Orozco, y L. E. Fregoso-Tirado. 2007. Rehabilitación de taludes en cárcavas de la subcuenca de Cointzio, Michoacán. pp. 214-226. In: Sánchez Brito, C. et al. (eds.). Avances de Investigación en Agricultura Sostenible. IV Bases Metodológicas para el Manejo Integral de Cuencas Hidrológicas. Libro Técnico Num. 4. Campo Exp. Uruapan, INIFAP. Uruapan, Mich. México.

Bravo-Espinosa, M., L. Medina-Orozco. 2003. Presas construidas con llantas de desecho para la retención de azolves y control de cárcavas. Folleto Técnico No. 8, CENAPROS-INIFAP, Morelia, Mic., 28 pp.

Bocco, G., J. L. Palacio y C. Valenzuela. 1991. Erosión en cárcavas en el Sistema Volcánico Transversal. Un modelo utilizando percepción remota, sistemas de información geográfica y análisis geomorfológico. Bol. Inst. Geografía 22: 1-24.

De Baets, S., J. Poesen, G. Gyssels, A. Knapen. 2006. Effects of grass roots on the erodibility of topsoils during concentrated flow. Geomorphology 76: 54-67.

López, B.J. y J.L. Palacio. 1995. Cuantificación del crecimiento de las áreas erosionadas en cabeceras de cárcavas procesando imágenes de video. Bol. Inst. Geografía 3 (Núm. Especial):77-100.

Medina, O. L. E. 2006. Pérdidas de suelo, agua y nutrimentos en parcelas experimentales bajo sistemas agrícolas de Año y Vez y alternativos en un Acrisol de Michoacán, México, Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México.

Mendoza, C., M. E. 2002. Implicaciones del cambio de cobertura vegetal y uso del suelo en el balance hídrico a nivel regional. El caso de la Cuenca del Lago de Cuitzeo. Tesis Doctoral, Instituto de Geofísica, UNAM. México. DF.

Mendoza, C. M., E. López, G. Bocco. 2004. Erosión en la cuenca del Lago de Cuitzeo: Un análisis espacial a nivel regional. p.p 80-88. En: Garduño, V.H. (ed.) Contribuciones a la Geología e Impacto Ambiental de la Región de Morelia. Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, UMSNH. Morelia, Mich.

Pathak, P., S. P. Wani, R. Sudi. 2005. Gully control in SAT watersheds. Global Theme on Agroecosystems Report No. 15. ICRISAT, Andhra Pradesh, India.

Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA). 1994. Límites permisibles para calidad de agua de uso potable NOM-127-SSA1-1994.

SCSA, 1982. Resource conservation glossary. Ankeny, IO, USA.

Stocking, M. A. and N. Murnaghan. 2001. A handbook for the field assessment of land degradation. Earthscan Publications Ltd. USA.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio realizó como parte del proyecto: Degradación y restauración de suelos con enfoques participativos en la cuenca de Cointzio, Michoacán (SEMARNAT-2004-C01-304/A-1), financiado con recursos del fondo CONACYT-SEMARNAT. Se agradece a los productores que permitieron el acceso a sus predios para realizar este estudio, así como a los técnicos de campo del INIFAP y a Vincent Gruffat, estudiante de la Escuela Nacional Superior de Geología de Francia.

COMPORTAMIENTO DEL CULTIVO DE CANOLA (*Brassica napus* L) EN RIEGO BAJO DIFERENTES FECHAS DE SIEMBRA PARA LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO

Mario Alberto Cepeda Villegas¹, Blanca Leticia Gómez Lucatero¹ y Héctor Eduardo Martínez Flores²

1 Campo Experimental Uruapan. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Av. Latinoamericana N° 1101, Col Revolución, Uruapan, Mich. C.P. 60150; 2 Facultad de Farmacobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) Tzintzuntzan N° 173 Col Matamoros, Morelia, Mich. C.P. 58240
cepeda.mario@inifap.gob.mx, gomez.blanca@inifap.gob.mx y hedu65@hotmail.com

RESUMEN

Dentro de la región templada húmeda del centro occidente de México, se ubica la Cuenca Hidrológica del Lago de Cuitzeo, en donde en el invierno se presentan temperaturas bajas con heladas, principalmente en los meses de diciembre y enero, y con menor frecuencia en el mes de febrero, lo que favorece el desarrollo de los cultivos que tienen como una de sus principales necesidades, el requerimiento de determinado número de horas frío en los primeros estadios de su desarrollo, así como la interceptación de altos niveles de radiación en las etapas más avanzadas de su ciclo para la realización de los diferentes procesos fisiológicos y reproductivos. El cultivo de canola requiere una cantidad media de 400 horas frío durante la formación de roseta, las que se logran acumular cuando las siembras se realizan entre finales de noviembre y principios de diciembre lo que permite un desarrollo satisfactorio que se refleja en la producción de biomasa de las diferentes partes de la planta y consecuentemente en el rendimiento de grano. El retraso en la fecha de siembra a partir de los primeros días de diciembre provocan una pérdida de rendimiento promedio de 26.62 kg por día, presentándose la mayor disminución entre el 12 y 18 de diciembre con una pérdida diaria de 73 kg. El contenido de aceite obtenido en el grano de canola en las diferentes fechas de siembra en general se ubicó dentro del rango internacional (40-

44%) y presentó una tendencia a la disminución conforme se retrasa la fecha con una reducción de 0.16 % en promedio por día.

Palabras clave: Canola, fecha siembra, riego, rendimiento grano y aceite.

INTRODUCCIÓN

La industria aceitera en México, anualmente importa grandes cantidades de materia prima en grano o como insumos semi-procesados, para la elaboración de productos refinados o terminados. Uno de estos materiales es el grano de canola que en el 2000, importó más de un millón de toneladas (Cárdenas, 2004) a un costo promedio superior a los 250 dólares la tonelada, debido a que el 25% del aceite que se consume en el país es de canola (Canola-Council, 2004).

En la región templada del centro de México, en el ciclo otoño – invierno (O.I.), el principal cultivo ha sido el trigo, el cual requiere de 4 a 5 riegos para completar su ciclo y obtener rendimientos satisfactorios (Cepeda et al., 2001). La canola, es un cultivo que debido a sus requerimientos edáfico-climáticos y que con un calendario de tres o cuatro riegos completa su ciclo, se le considera como una alternativa viable para los productores de esta región.

El cultivo de canola, como nueva alternativa en la región del Bajío Michoacano, presenta como una de las principales necesidades la determinación de la mejor fecha o época de siembra que le permita acumular sus requerimientos de horas frío en las primeras etapas de desarrollo (Cepeda et al., 2004) y escapar a la incidencia de organismos dañinos como los pulgones de las dos principales especies *Brevicoryne brassicae*(L) y *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) (Bahena, 2005) y de las altas temperaturas en el periodo de floración que permitan una adecuada polinización para obtener los mejores rendimientos por unidad de superficie a menor costo, lo que se reflejaría en una mayor rentabilidad del cultivo.

ANTECEDENTES

La canola es una especie sensible al termo y fotoperíodo, razón por la cual responde a un amplio rango de fechas de siembra. Es una especie que necesita alrededor de 400 horas-frío, hasta la etapa de formación de roseta, y de esta cantidad de frío dependerá en mayor o menor grado la expresión del rendimiento (Muñoz et al., 1999). Las temperaturas requeridas para un desarrollo adecuado del cultivo de canola son: mínima = 5 °C, adecuada 12 a 30 °C y óptima de 20 a 22 °C (Castillo, 2005). El grano de canola contiene aceite de alta calidad para el consumo humano, cuyo contenido varía del 40 al 44 por ciento, muy similar a las características del aceite de oliva (Muñoz et al., 1999).

El momento de siembra es un factor determinante en el manejo del cultivo para lograr coincidencia entre la floración que es el periodo más crítico en la determinación del rendimiento de grano, debido a una disminución marcada de la tasa fotosintética al

finalizar la etapa y los requerimientos ambientales óptimos (Harbekotté, 1997, Jonshton et al., 2002; Adamsen y Coeffelt, 2005). En la pampa húmeda de Argentina en siembras de principios de mayo en trece localidades se obtuvo un rendimiento medio de 2366 kg ha⁻¹ y 45.6 % de aceite, los cuales disminuyen a 1966 kg ha⁻¹ y 42.8 % de aceite en siembras de mediados de julio y principios de agosto (Valetti, 1996). En el ciclo de invierno en Argentina, las variedades primaverales que requieren cierto número de horas frío presentaron su mejor comportamiento cuando fueron establecidas en la primera y segunda fecha de siembra que correspondieron al 29 de abril y 14 de mayo, con una disminución en rendimiento de 200 a 300 kg ha⁻¹, cuando la siembra se realizó en los meses de junio y julio (Iriarte, 2005; BIOFAA, 2005). Siembras realizadas antes de abril aumentan el riesgo de daños por frío (Hocking y Stapper, 2001; Rife y Zeinali, 2003) mientras que los retrasos en la siembra acortan la fase de preantésis por efecto de las altas temperaturas y del fotoperíodo (Nanda et al., 1996), esto genera una disminución de la biomasa aérea y de la cobertura del terreno resultando en un menor número de silicuas y del contenido de aceite (Hocking y Stapper, 2001) además las altas temperaturas en floración impiden el normal desarrollo de esta etapa (Jonshton et al., 2002). El estrés por calor empieza cuando la temperatura del aire supera los 29.5 °C y cuando se presenta antes de la floración se reduce el número total de flores por planta (Morrison y Stewart, 2002).

Durante las etapas de roseta a floración, la canola requiere temperaturas diarias que oscilan entre los 18 y 22° C, para ello es necesario establecerla entre el 15 de octubre y el 10 de diciembre, como época de siembra óptima en Tamaulipas. En siembras posteriores se tienen mayores riesgos de plagas y de altas temperaturas durante la etapa de floración y formación de grano, lo cual afecta el rendimiento (Ortegón, 2004).

En Saskatchewan, Canada la producción de grano de canola fue mayor en un 38 % en siembras tempranas a finales de octubre y mediados de abril, respecto a las siembras de mediados de mayo (Kirkland y Johnson, 2000) también tiene efecto sobre la calidad de la semilla, lo que afecta la emergencia de plántulas, el vigor de las plantas que repercuten en disminución del rendimiento (Gusta et al., 2004). En el norte de Alberta, Canadá, en siembras de invierno y de primavera, la fecha de siembra es un riesgo en la emergencia de plantas pero no tuvo efecto sobre el rendimiento y calidad de la semilla de canola (O'Donovan et al., 2005).

En el estado de Victoria en Australia, generalmente el contenido de aceite es mayor en las áreas con temperaturas frescas y alta precipitación en primavera, mientras que el porcentaje proteína en estas mismas áreas son más bajos. El contenido de aceite decrece 0.38% por cada grado centígrado que se incrementa en la temperatura máxima (Pritchard et al., 1999). El impacto de la fecha de siembra sobre el contenido de aceite en el grano de canola fue inconstante al incrementarse en una fecha, en otra disminuyó y en otras no tuvo efecto. (Karamanos et al., 2002). El número de semillas es el principal componente de producción en oleaginosas y depende fuertemente del estado fisiológico del cultivo durante el periodo crítico de producción. En riego bajo labranza convencional y de conservación, canola con y sin biofertilizante, y niveles de azúcar de 50, 100 y 150 kg ha⁻¹ y 60 y 100 unidades de nitrógeno se obtuvieron rendimientos de entre 2 a 2.5 ton ha⁻¹ y el por ciento de

aceite en once tratamientos cubrieron los rangos internacionales superior al 40 % (Cepeda y Venegas, 2002).

El contenido relativamente alto de ácido oleico (61% de los ácidos grasos totales) junto con el bajo contenido de ácidos grasos saturados totales (aproximadamente el 7%) probablemente son los responsables del efecto hipocolesterolémico del aceite de canola en seres humanos (McDonald, 1995). Una técnica usada comúnmente en laboratorios de alimentos para la extracción de compuestos es el método Soxhlet, que puede alcanzar hasta 200° C, lo que permite la separación de gran cantidad de compuestos, dependiendo del solvente utilizado. Este método utiliza un sistema de extracción cíclica de los componentes solubles con empleo de diferentes solventes (Fabiani et al., 2005). La utilización del equipo Soxhlet permite disminuir hasta en un 90% el uso de los solventes, el 80% de la muestra y el 75 % del tiempo de extracción, además de reducir la evaporación y las emisiones de solventes al medio ambiente (Ramírez, 2003).

MATERIALES Y MÉTODOS

Las investigaciones se realizaron en el municipio de Álvaro Obregón, Mich., ubicado en la parte baja de la Cuenca Hidrológica del Lago de Cuitzeo, dentro de la región templada húmeda del centro occidente de México, a los 19° 49' de latitud norte y 101° 01' de longitud oeste, a una altitud media de 1828 msnm, en los ciclos otoño – invierno (O.I.) se establecieron en diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y como unidad experimental 8 m² tres ensayos donde se evaluaron las fechas de siembra, del 18 de diciembre y 10 de enero en el ciclo 2001/2002, las fechas 4, 8 y 22 de diciembre en el ciclo 2002/2003 y 12, 20 y 27 de diciembre para el ciclo 2003/2004. El establecimiento de los experimentos fue en seco. La siembra fue con la sembradora neumática de precisión Dobladense OL-U2N modificada para canola con densidad de 3 kg ha⁻¹ de semilla certificada del híbrido Hyola 401, con una germinación del 85 al 90%, con la fórmula de fertilización 160 - 80 - 60 (kg de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente), aplicado 1/3 de nitrógeno, todo el fósforo y el potasio en la siembra y el complemento de nitrógeno en el primer riego de auxilio a los 55 días de la siembra. Los riegos bajo el sistema rodado o gravedad se aplicaron con el calendario 0 – 55 – 80 – 100 días después de la siembra y una lámina de riego de 15 cm en cada evento. Para el control de malezas se hizo una aplicación del herbicida Sethoxydim a razón de 2 L ha⁻¹ para hoja angosta a los 25 días después de la siembra. La cosecha se realizó en forma manual de acuerdo a la madurez de los tratamientos.

El rendimiento por hectárea fue ajustado al 8 % de humedad de acuerdo a las normas de la industria aceitera y se realizaron los análisis estadísticos ANDEVA con el paquete estadístico MSTAT (Nissen et al., 1986). Con los datos de los tres ciclos se corrieron las regresiones para rendimiento de grano y contenido de aceite (Steel y Torrie, 1980).

Se determinó el peso hectolítrico en cada fecha de siembra, en un volumen conocido de 1,000 ml., que cuantifica la relación peso - volumen del grano.

En el Laboratorio de Alimentos de la Facultad de Farmacobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), se realizó la extracción del aceite en

grano de canola mediante el método Soxhlet utilizando como solvente éter etílico (Goytortúa, 2000; Ponce, 2005).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el periodo de desarrollo del cultivo, en los tres ciclos se presentaron condiciones climatológicas que fueron muy variables, teniendo en 2002 temperaturas mínimas abajo de cero grados centígrados dentro de los primeros quince días de enero, siendo la más baja -2.1°C (Castillo, 2005). En 2003, el mayor efecto negativo se presentó los días 20 y 21 de marzo con valores de 0.6 y 0.8°C respectivamente, que concordaron con el pleno estadio de floración, por otro lado entre los 5 a 7 días posteriores al inicio de floración se presentaron temperaturas máximas superiores a los 30 grados, que en otros estudios han provocado pérdidas de rendimiento por estrés de calor (Nanda et al, 1996; Morrison y Stewart, 2002; Ortegón, 2004). En 2004 se presentaron a finales del mes de febrero temperaturas bajo cero los días 18, 19, 25 y 26, que afectaron al cultivo y una precipitación total de 29.8 mm, distribuida en las primeras etapas del desarrollo y en las etapas finales hasta madurez fisiológica, lo que tuvo efecto significativo sobre el cultivo.

Los análisis estadísticos realizados al rendimiento de grano mostraron diferencias significativas al 0.05 entre tratamientos en los tres ciclos de evaluación.

El rendimiento de los cultivos está directamente relacionado con el ciclo vegetativo, lo cual a mayor ciclo mayor rendimiento y el cual está determinado primero genéticamente, sin embargo este se puede acortar por manejo y uno de los principales aspectos es la fecha de siembra.

El comportamiento del ciclo vegetativo de la canola está fuertemente determinado por las condiciones climatológicas que se presentan y permiten a la planta en las primeras etapas de desarrollo la acumulación de unidades frío, sin embargo cuando esto no sucede, la planta acelera su desarrollo, reduciendo la duración de sus etapas fenológicas (Muñoz et al., 1999, Ortegón, 2004).

Los datos medios de rendimiento de grano por fecha de siembra y su correspondiente día juliano considerando la primera fecha como el número uno, en los tres ciclos de cultivo se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Rendimiento promedio de grano por fecha de siembra y día juliano en el genotipo de canola "Hyola 401". OI 2003-2004. INIFAP.

Fecha de siembra	Número de días julianos a partir del 4 Dic.	Rendimiento de grano (kg ha ⁻¹)
4 diciembre	1	2287
8 diciembre	5	1637
12 diciembre	9	2136
18 diciembre	15	1621
20 diciembre	17	1870
22 diciembre	19	1443
27 diciembre	24	1863
10 enero	38	956

En el ciclo 2001/2002, la diferencia en rendimiento entre la siembras del 18 de diciembre y el 10 de enero, fue de 665 kg ha⁻¹, que equivale a una pérdida diaria de 28 kg, en el ciclo 2002/2003, la disminución de rendimiento fue de 844 kg ha⁻¹ entre el 4 y 22 de diciembre con un decremento diario de 47 kg, en tanto en el ciclo 2003/2004, el comportamiento fue similar con disminución en rendimiento conforme al retraso de la siembra con una pérdida de 273 kg ha⁻¹. Sin embargo en este ciclo las condiciones climatológicas fueron más benignas lo que se reflejó solo en una disminución diaria de 18 kg (Valetti, 1996; Iriarte, 2005; BIOFAA, 2005).

Al relacionar el rendimiento de grano con el número de días (equivalente al día juliano), se encontró una relación lineal negativa, estadísticamente significativa ($p < 0.022$), con un coeficiente de determinación alto ($r^2 = 0.607$) y explicada por el siguiente modelo:

$$Y = 2160.587 - 26.62X \text{ donde: } Y = \text{Rendimiento de grano}$$

$$X = \text{Número de días}$$

Cuyos parámetros indican que en los tres ciclos evaluados, por cada día de retraso en la fecha de siembra de canola, se perdieron 26.62 kg ha⁻¹ de grano (Figura 1) De esta forma, siembras del 4 de diciembre, producirán un rendimiento de 2030.60 kg ha⁻¹ de grano, mientras que siembras del 31 de diciembre lo disminuirán a 1442.13 kg ha⁻¹ de grano.

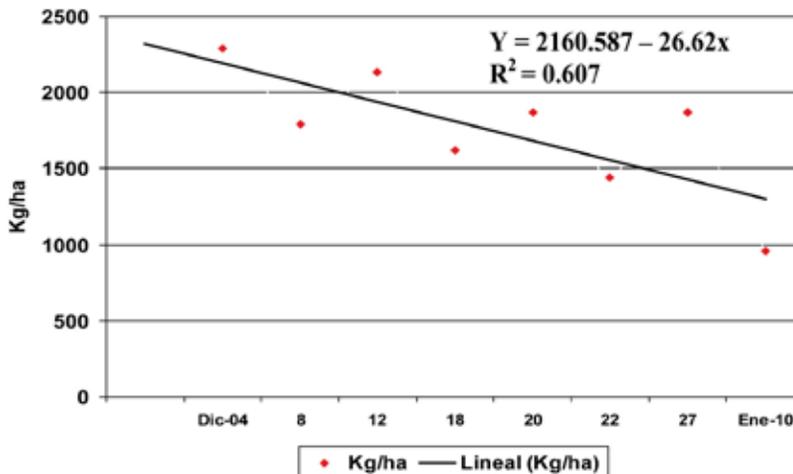


Figura 1. Rendimiento promedio de grano de canola obtenido en ocho fechas de siembra y la pendiente de regresión.

El contenido de aceite en el grano de canola en las ocho fechas de siembra, muestra que el mayor contenido se obtiene en las siembras de la primera decena de diciembre, con valores cercanos al límite superior del rango establecido a nivel internacional y en algunos casos las concentraciones superan el nivel superior de 44 % (Muñoz et al 1999; Hocking y Stapper, 2001; Cepeda et al., 2005) como es la fecha del 8 de diciembre cuyo contenido fue de un 45.36 por ciento (Cuadro 2).

Cuadro 2. Contenido de aceite en grano de canola Hyola 401, en ocho fechas de siembra. INIFAP.

Fecha	Número de días julianos a partir del 4 Dic.	2001-2002	2002-2003	2003-2004
4 dic	1	----	43.64	----
8	5	----	45.36	----
12	9	----	----	43.21
18	15	40.66	----	----
20	17	----	----	42.98
22	19	----	38.99	----
27	24	----	----	42.26

Cuando se relacionó el por ciento de aceite con la fecha de siembra, tomando en cuenta la información de los tres ciclos, se obtuvo que la ecuación que relaciona el contenido de aceite con la fecha de siembra expresada en días Julianos, considerando la fecha del 4 de diciembre como el primer día (Cuadro 2), corresponde a una regresión lineal negativa, estadísticamente no significativa ($p < 0.1243$) con un coeficiente de determinación bajo ($r^2 = 0.40$) muestra una clara tendencia a la baja en el contenido de aceite conforme se pospone la fecha de siembra y es explicada con el siguiente modelo:

$$Y = 44.52 - 0.1619 X \quad \text{donde: } Y = \text{Contenido de aceite}$$

$$X = \text{Número de días}$$

Estos parámetros indican que para los ciclos evaluados, por cada día de retraso en la fecha de siembra, se pierde 0.1619 % del contenido de aceite; de esta forma, siembras del 4 de diciembre, producirán una estimación del contenido de aceite del 44.36 %, mientras que siembras del 24 de diciembre lo disminuirán al 40.63 % (Figura 2).

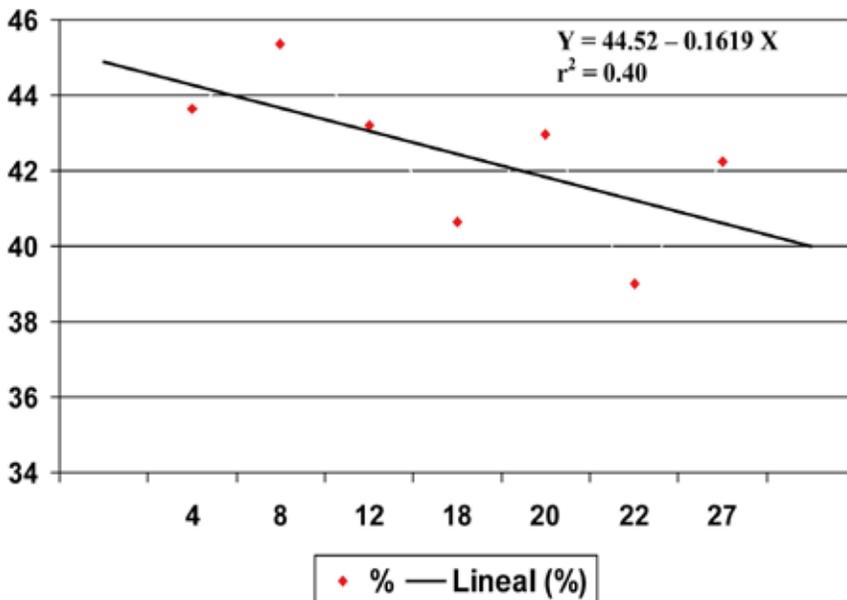


Figura 2. Contenido promedio de aceite en el grano de canola en ocho fechas de siembra y la pendiente de regresión.

El peso hectolítrico o volumétrico, presenta un comportamiento inconsistente a lo obtenido en las variables de rendimiento de grano y contenido de aceite, donde en el 2001/2002, tuvo una tendencia a disminuir conforme se retrasa la siembra, en tanto en 2002/2003, el comportamiento fue de reducción en las primeras fechas e

incremento hacia las siembras tardías, en tanto en el 2003/2004, disminuye en las primeras fechas, recuperando el nivel en las fechas posteriores (Cuadro 3).

Cuadro 3. Peso hectolítrico de canola obtenido en diferentes fechas de siembra en riego bajo labranza convencional en los ciclos O.I. INIFAP.

día	2001-2002	2002-2003	2003-2004
4 dic	---	64,45	---
8	---	62,78	---
12	---	---	65,4
18	64,6	---	---
20	---	---	64,7
22	---	65,28	---
27	---	---	65,4
10 ene	61,0	---	---

CONCLUSIONES

- El cultivo de canola sembrado bajo condiciones de riego presentó respuesta positiva a las fechas de siembra y el mejor periodo para su establecimiento es en los primeros quince días de diciembre.
- Con el retraso en la fecha de siembra, se tiene el riesgo de una pérdida diaria promedio de 26 kg/ha.
- El contenido de aceite en el grano de canola, presentó una tendencia negativa, conforme se retrasa la fecha de siembra.
- El peso volumétrico del grano de canola no presentó una relación definida respecto a las fechas de siembra.

LITERATURA CITADA

Adamsen F. J. and T. A. Coffelt. 2005. Planting date effects on flowering, seed yield, and oil content of rape and crambe cultivars. *Industrial Crops and Products* 21: 293-307.

Bahena J., F. 2005. Las plagas y sus enemigos naturales en el cultivo de la canola en el Estado de Michoacán. *Entomología mexicana* 4:553-558.

BIOFAA. 2005. Una propuesta, una alternativa, un aporte al crecimiento desde un punto de vista distinto. http://www.faa.com.ar/documentos/bio_faa.doc. revisado 26 octubre 2005.

Canola-Council. 2004. Producción del cultivo de canola. <http://www.canola-council.org/PDF/canola/spanish/canolamarketsspa.pdf>. Revisado 18 octubre 2005.

Cardenas, L. 2004. Situation of the canola industry in Mexico. www.canola-council.org/about/37conven/presentations/Cardenas.ppt. Revisado 18 octubre 2004.

Castillo T., N. 2005. La canola se desarrolla adecuadamente en regiones con clima templado. <http://www.oleaginosas.org/foro/viewtopic.php?p=20&sid=f3e54422c7c9e97a28d761fd6e619f60> Revisado 15 ene 2006

Cepeda V., M. A., E. Venegas G. y B. L. Gómez L. 2001. Inducción de resistencia a sequía: Comportamiento fisiológico de la planta de trigo bajo estrés hídrico. Productividad y Conservación: Suelo y Agua: Productividad y Conservación: Suelo y Agua: Avances de Investigación en Agricultura Sostenible II. Libro Técnico N° 2. INIFAP-CENAPROS.

Cepeda V., M. A. y E. Venegas G. 2002. Respuesta de la canola de riego al biofertilizante y a la azúcar en labranza convencional y de conservación en dos fechas de siembra. Informe técnico. INIFAP-CENAPROS.

Cepeda V., M. A., Venegas G. E y B. L Gómez L. 2004. Efecto de la fecha de siembra sobre la producción de biomasa e índice de área foliar de canola bajo riego. XX Congreso Nacional de Fiotgenética. Toluca, México. P 135.

Cepeda V., M. A., Venegas G. E, B. L. Gómez L. y F. Bahena J. 2005. Tecnología para producir canola de riego en el ciclo otoño – invierno. Desplegable para productores N° 17. INIFAP CENAPROS.

Fabiani G. L., J. A. Rodrigo, A. R. Salguero, C. E. Acosta, J. F. Lugones. y H. J. Borggetti. 2005. Extracción con fluido supercrítico de productos naturales. Comparación con métodos convencionales. Caracterización de los extractos por métodos cromatográficos y espectroscopicos. <http://www.unse.edu.ar/cyt/SECCION-A-POSTER-4tasJornadasCyT.pdf>. Consultado 23 octubre 2005.

Fabiani G. L., J. A. Rodrigo, A. R. Salguero, C. E. Acosta, J. F. Lugones. y H. J. Borggetti. 2005. Extracción con fluido supercrítico de productos naturales. Comparación con métodos convencionales. Caracterización de los extractos por métodos cromatográficos y espectroscopicos. <http://www.unse.edu.ar/cyt/SECCION-A-POSTER-4tasJornadasCyT.pdf>. Consultado 23 octubre 2005.

Goytortúa B., E. 2000. Evaluación del valor nutricional de un extracto lipídico y un concentrado proteínico de langostilla (*Pleuroncodes planipes*) para el camarón blanco

Litopenaeus vannamei. Tesis de Maestría en Ciencias Pecuarias. Universidad de Colima. 68 p.

Gusta L. V., N. E. Johnson, N. T. Nesbitt, and K. J. Kirkland. 2004. Effect of seeding date on canola seed quality and seed vigour. *Can. J. Plant Sci.* 84: 463-471. <http://pubs.nrc-cnrc.gc.ca/aic-journals/apr04.html> Revisado 23 octubre 2005

Habekotté, B. 1997. A model of the phenological development of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Field Crop research* 54: 127-136.

Hocking P. J. and M. Stapper. 2001. Effects of sowing and nitrogen fertiliser on canola and wheat, and nitrogen fertiliser on Indian mustard. I. Dry matter production, grain yield, and yield components. *Aust. J. Agric. Res.* 52: 623-634.

Iriarte, L. T. 2005. Evaluación cultivares comerciales de colza en distintas fechas de siembra. www.inta.gov.ar/barrow/info/documentos/agricultura/colza/colza_2004-2005.pdf. Revisado 23 octubre 2005.

Jackson G., J. Miller, Ch. Chen, and Y. Abdushaeva. 2004. Effect of planting date, planting rate, and hybrid on canola seed yield and quality. <http://ag.montana.edu/wtarc/Web2004/Soils/Canola/Canol...>].

Jonsthorpe A. M., D. L. Tanaka, P. R. Miller, S. A. Brandt, D. C. Nielsen, G. P. Lafond, and N. R. Rivelan. 2002. Oilseed crop for semiarid cropping system in the Northern Great Plains. *Agron. J.* 94: 231-240.

Karamanos R. E., J. Harapiak, and N. A. Flore. 2002. Fall and early spring seeding of canola (*Brassica napus* L.) using different methods of seeding and phosphorus placement. *Can. J. Plant Sci.* 82: 21-26 <http://pubs.nrc-cnrc.gc.ca/aic-journals/jan02.html> Revisado 23 octubre 2005.

Kirkland K. J. and E. N. Johnson. 2000. Alternative seeding dates (fall and April) affect *Brassica napus* canola yield and quality. *Can. J. Plant Sci.* 80: 713-719. <http://pubs.nrc-cnrc.gc.ca/aic-journals/oct00.html>. Revisado 23 octubre 2005.

McDonald B. E. 1995. Aceite canola. Propiedades nutritivas. http://www.canola-council.org/PDF/sp_oilprop.pdf. Revisado 7 junio 2004.

Morrison M. and D. W. Stewart. 2002. Heat stress reduces fertility in canola. *CSANews*. July. P 13 - 14.

Muñoz V. S., A. Morales C., E. Ortiz E., M. Cortés J., y E. Contreras C. 1999. Guía para producir Canola en el sur de Sonora. SAGAR. INIFAP. Folleto para productores N° 33. 28p.

Nanda R., S. C. Bhargava, D. P. S. Tomar, and H. M. Rawson. 1996. Phenological development of *Brassica campestris*, *B. juncea*, *B. napus* and *B. carinata* grown in controlled environments and from 14 sowing date in the field. *Field Crop Research* 46: 93-103.

Nissen O., E. H. Everson, S. P. Eisensmith, V. Smail, J. Anderson, and K. Rorick. 1986. A microcomputer program for the design, management and analysis of agronomic research experiments. Version 4.0 Michigan State University and Agricultural University of Norway.

O'Donovan J. T., J. Otani, G. W. Clayton, and Y. K. Soon. 2005. Effect of fall and spring seeding on canola productivity in the Peace River region of northern Alberta. *Can. J. Plant Sci.* 85: 641-644. <http://pubs.nrc-cnrc.gc.ca/aic-journals/jul05.html> Revisado 23 octubre 2005.

Ortegón M., S. 2004. Guía para la producción de canola en el Norte de Tamaulipas. INIFAP. C.E. Río Bravo. Patronato para la investigación fomento y sanidad vegetal P. 8. <http://home.satx.rr.com/avargas/Canola.asp>. Revisado 13 diciembre 2005.

Ponce G., L. J. 2005. Estandarización de la extracción de aceite de grano de canola obtenida bajo diferentes condiciones de cultivo. Tesis profesional. Fac. Quimicofarmacobiología. UMSNH. 56 P.

Pritchard A. F. M., A. R. M. Norton, A. B. H. A. Eagles, C. B. P. A. Salisbury, and C. M. Nicolas. 1999. The effect of environment on Victorian canola quality. 10th International Rapeseed Congress. Canberra, Australia.

Ramírez A., J. L. 2003. Estudio de la eficiencia de tres disolventes orgánicos para determinar extracto etéreo en Harina de caña Proteica. <http://www.monografias.com/trabajos14/harina-proteica/harina-proteica.shtml> revisado 26 noviembre 2005.

Rife C. L. and H. Zeinali. 2003. Cold tolerance in oilseed rape over varying acclimation durations. *Crop Sci.* 43: 96-100.

Steel D. G. R and H. J. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics a biometrical approach. 2a Edition. McGraw-Kogaskusha, Ltd. p. 185-186

Valetti O., E. 1996. El cultivo de colza canola. Chacra experimental integrada Barrow. Buenos Aires, Argentina. P 17.

EFFECTO DE INDUCTORES DE RESISTENCIA A SEQUÍA SOBRE EL RENDIMIENTO DE CANOLA BAJO RIEGO DEFICITARIO Y LABRANZA REDUCIDA EN LA CUENCA DE CUITZEO

Blanca Leticia Gómez Lucatero y Mario Alberto Cepeda Villegas

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Pacífico Centro. Campo Experimental Uruapan. Av. Latinoamericana No. 1101, Col. Revolución. Uruapan, Mich.

E-mail: gomez.blanca@inifap.gob.mx, cepeda.mario@inifap.gob.mx

RESUMEN

En los últimos años, la agricultura que se practica en varias regiones de México incluyendo la cuenca de Cuitzeo, han alterado el equilibrio natural de las entidades biológicas, lo que se refleja en la limitación gradual de la dosificación del agua de riego, así como en el deterioro de las propiedades físicas y químicas de los suelos, así como en la explosión incontrolable de plagas y organismos causantes de enfermedades. En la actualidad, la producción agrícola debe ser competitiva y rentable. Para lograr esto, es necesario incrementar los rendimientos y reducir los costos de producción, pero mejorando al mismo tiempo la protección del ambiente. Las posibles estrategias son: selección de cultivos y cultivares apropiados, métodos mejorados de siembra, labranza mínima y sincronizar las aplicaciones de agua con los periodos de crecimiento; todas estas son prácticas culturales y agronómicas que contribuyen a revertir la degradación de los recursos naturales. Entre las alternativas propuestas para conservar y proteger el recurso suelo y agua se encuentran: la labranza de conservación (LC), el riego deficitario controlado, el uso de inductores de resistencia al estrés hídrico, así como la utilización de especies con bajo uso consuntivo de agua y con posibilidades de mercado. Los resultados de esta investigación indicaron que la aplicación de ácido salicílico y silicato de potasio bajo labranza reducida en el cultivo de canola disminuyeron en 20 % el volumen de agua utilizada e incrementaron en

78 % la eficiencia de conversión de cada gramo producido por metro cúbico de agua, así como en 764 kg ha⁻¹ el rendimiento de grano. Además, La relación beneficio costo aumentó en 35 % para el ácido salicílico y en 37 % para el silicato de potasio.

Palabras Clave: Brassica napus L., estrés hídrico, ácido salicílico, silicato de potasio, rendimiento de grano, relación beneficio-costos.

INTRODUCCIÓN

El desafío de alimentar a la población mundial es grande y recae en todos los productores del planeta. Los agricultores deben ser capaces de producir a bajo costo para mantener una adecuada competitividad y rentabilidad. Los altos rendimientos de cualquier cultivo no sólo significan mayores ganancias, sino que son también un claro indicativo de que se utilizan prácticas de manejo que promueven la sostenibilidad del sistema y que son amigables con el ambiente (Roberts, 2002).

En los últimos años, la agricultura que se practica en varias regiones de México incluyendo el Bajío, han alterado el equilibrio natural de las entidades biológicas, lo que se refleja en la limitación gradual de la dosificación del agua de riego, en el deterioro de las propiedades físicas y químicas de los suelos, así como en la explosión incontrolable de plagas y organismos causantes de enfermedades; esto ha ocasionado un uso irracional de productos químicos que contaminan y destruyen el entorno.

La producción agrícola en las áreas de riego de Michoacán está basada principalmente en la cosecha de maíz, sorgo y trigo; la cual, en los últimos años se ha tornado difícil, debido entre otras causas a los altos costos de cultivo, al bajo precio del grano de estos cultivos y a la escasez de agua para riego, por lo que la superficie sembrada se ha reducido significativamente, ya que actualmente se dispone de agua para aplicar sólo tres riegos de auxilio.

Una mayor productividad del agua exige modificar el manejo de los cultivos, del suelo y del agua. Las posibles estrategias son: selección de cultivos y cultivares apropiados, métodos mejorados de siembra, labranza mínima y sincronizar las aplicaciones de agua con los periodos de crecimiento; todas estas son prácticas culturales y agronómicas que reducen la evaporación y transpiración del agua (FAO, 2006). Entre las alternativas propuestas para conservar y proteger el recurso suelo y agua se encuentran: la labranza de conservación (LC), el riego deficitario controlado, el uso de inductores de resistencia al estrés hídrico, así como la utilización de especies con bajo uso consuntivo de agua y con posibilidades de mercado.

ANTECEDENTES

En la actualidad, la producción agrícola debe ser competitiva y rentable. Para lograr esto, es necesario incrementar los rendimientos y reducir los costos de producción, pero mejorando al mismo tiempo la protección del ambiente. El manejo eficiente de cualquier cultivo se basa en el conocimiento adecuado de las diferentes etapas de cre

cimiento durante el ciclo de vida, ya que estas son determinadas por la constitución genética de la planta, así como por las condiciones climáticas, edáficas e hídricas prevalecientes en el entorno (Rengel, 2002).

En los últimos años, el uso de inductores de resistencia en los cultivos bajo riego deficitario controlado y labranza de conservación, han sido promovidos como alternativas viable para contribuir a revertir la degradación de los recursos naturales (Roberts, 2002) y al cultivo de canola para ayudar a incrementar la biodiversidad. Estas actividades agrícolas se lograrán con un manejo apropiado de suelos, cultivo, agua y biomasa microbiana, tendientes a fomentar el desarrollo de una agricultura sostenible en la región (Bocco et al., 2000).

El Agua en Michoacán

En México, la disponibilidad natural media per cápita, ha disminuido de 18,035 m³/hab/año en 1950 a tan solo 4,416 m³/hab/año en el 2006 (Conagua, 2006); debido a que, anualmente en el país se reciben 1.51 billones de metros cúbicos de agua en forma de precipitación, de esta, el 72.5% se evapotranspira y regresa a la atmósfera, el 25.6% escurre por los ríos o arroyos y el 1.9% restante se infiltra al subsuelo y recarga los acuíferos, de tal forma que anualmente el país cuenta con 465 mil millones de metros cúbicos de agua dulce renovable.

El estado de Michoacán esta incluido en la región VIII Lerma-Santiago-Pacífico, la cual presenta escasez de aguas superficiales, disminución de los niveles del Lago de Chapala, severos problemas de contaminación de aguas superficiales y maleza acuática en el río Lerma, en las presas y en los lagos de Chapala, Cuitzeo y Pátzcuaro.

Además, existen problemas de sobreexplotación y contaminación de algunos acuíferos, así como deforestación y erosión de suelos en las partes altas de la cuenca. Existe una fuerte competencia por el uso de agua entre los diversos usuarios. Esto se agrava en las subregiones con mayor progreso económico y desarrollo productivo, lo que ocasiona un desequilibrio hidrológico generalizado. El uso consuntivo del agua esta asignado de la siguiente manera: 79% agrícola, 11% Público-Urbano, 9% Industria y 1% Pecuario (Loeza, 2006).

Actualmente, la sobreexplotación de los acuíferos ha ocasionado un impacto ambiental irreversible, agotamiento de los manantiales, desaparición de lagos, reducción de los caudales de los ríos, eliminación de la vegetación y fauna nativa, así como la pérdida de ecosistemas, deterioro de la calidad del agua en numerosos acuíferos, abatimiento de niveles de aguas subterráneas, asentamientos diferenciales y agrietamiento del terreno. Ante esta situación, es necesario incrementar la eficiencia en el uso de agua en los cultivos, así como en los sistemas de distribución de agua en las ciudades. Además, deberá incrementarse el volumen de agua residual tratada para incrementar la disponibilidad de agua con calidad de acuerdo a los usos que se destina (INEGI, 2007).

Labranza de Conservación

La agricultura intensiva genera serios trastornos en el manejo de los suelos como son la erosión, sedimentación, salinización y acidificación, por esta razón, en México, más del 60 % del territorio sufre de un moderado a severo grado de desertificación por

efectos de la erosión (Galeana et al., 1999). La investigación ha hecho grandes esfuerzos para que los agricultores dispongan de una mejor tecnología para el uso y manejo de sus suelos (Novelo, 2000); entre estas, se encuentra la labranza de conservación, en la cual el principio fundamental es la no remoción del suelo y la cobertura o mantillo del suelo con los rastrojos de las cosechas de los cultivos anteriores. La LC disminuye la erosión y la temperatura del suelo, incrementa la humedad, materia orgánica y actividad microbiana, lo que modifica la fertilidad y estructura del suelo (González, 2007).

Existen diferentes tipos de labranza de conservación, entre los que se encuentran la labranza reducida, que consiste en un menor número de pasos de maquinaria (González, 1990). La labranza de conservación juega un papel positivo al secuestrar carbono de la atmósfera en los cultivos para luego retenerlo en el suelo. Los resultados experimentales han mostrado las ventajas significativas de la labranza de conservación (LC) sobre la labranza convencional (LO), más de cien experimentos, efectuados en el programa nacional de maíz del INIFAP durante 5 años, mostraron que en el maíz, la LC redujo la tasa de erosión en aproximadamente 80 % y 95% en el caso de trigo, comparado con labranza convencional. A medida que se continúa aplicando la labranza de conservación, la tendencia es aumentar la protección del suelo (Osuna, 1997; Velásquez et al., 1997).

Riego Deficitario Controlado (RDC)

La aplicación de un pequeño estrés hídrico en precisos estadios fenológicos del cultivo se le denomina riego deficitario controlado; este método se basa en proporcionar el déficit hídrico sobre el crecimiento vegetativo y la fotosíntesis (Saavedra, 2000). De acuerdo a Hsiao (1990), mientras que el crecimiento se manifiesta muy susceptible a la disminución de los aportes hídricos, la fotosíntesis lo es en menor grado. Girona (1996) indica que la combinación de estos dos efectos permite la aplicación de déficit hídricos moderados en momentos del ciclo anual en que no se desee un crecimiento vegetativo, pero sin afectar la actividad de fotosíntesis.

La aplicación de estrategias de RDC permite, en muchos casos, el ahorro de agua tanto por la disminución de los aportes que se realiza como por el aumento en la eficiencia en el uso de este recurso por parte de los cultivos. La determinación de los niveles de susceptibilidad en distintas etapas del ciclo fenológico de diferentes especies, es otro de los resultados que se han sido obtenidos en estudios de RDC (Saavedra, 2000). El nivel en que la producción se vea afectada dependerá de la naturaleza del proceso (crecimiento vegetativo, del fruto, etc.) sobre el que ella incida y del grado de restricción hídrica (Girona y Marsal, 1995). Lo interesante es adecuar los aportes hídricos al comportamiento fisiológico de la planta.

Inductores de Resistencia a Sequía

Los inductores para el control de factores bióticos y abióticos, son un sistema de amplio espectro de resistencia de las plantas, los que son impulsados por ciertos compuestos químicos naturales o sintéticos llamados activadores, inductores o elicitores (Figueroa, 2008). Estos inductores estimulan de manera óptima el desarrollo fisiológico de la planta, facilitando el metabolismo, la división celular y la promoción

del crecimiento (Riveros, 2001).

Diferentes compuestos han sido reportados en la literatura como inductores de resistencia y respuestas defensivas contra patógenos, como agentes anti-oxidantes y protectores contra estrés de sal, altas temperaturas, bajas temperaturas y sequía, como inductores del enraizamiento y crecimiento vegetativo, así como agente protector del sistema radicular contra altas concentraciones de metales pesados (Ryals et al., 1994); entre estos se encuentran el Ácido Salicílico, Silicato de Potasio, Etileno y Sulfato de Calcio.

La implementación de estas metodologías en los sistemas de producción agrícola, aportaría ventajas comparativas respecto a los métodos tradicionales, todas vez que estos son sistemas eficientes para lograr producciones inocuas y de mayor calidad nutricional, son de bajo costo, fáciles de implementar, amigables con el ambiente y seguros, sin ocasionar daños a la salud humana o animal.

Cultivo de Canola

La incorporación de nuevas especies a los sistemas de producción, además de enriquecer los agroecosistemas regionales, proporciona beneficios al productor y a la sociedad en general. El cultivo de canola es una alternativa viable para los productores de esta región, ya que se adapta bien a los suelos y climas donde se siembra trigo, presenta un ciclo vegetativo de 135 a 145 días, por lo que se considera un cultivo alternativo, ya que los productores lo pueden integrar en sus sistemas de producción; además, su precio de compra es mayor que el del trigo, su pago es inmediato y tiene otras ventajas económicas por ser cultivo de reconversión.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se establecieron en un clima templado subhúmedo con temperaturas medias de 4.0 a 30 °C y suelo de franco arcilloso a arcilloso en los sitios que se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Sitios en los que se ubicaron los experimentos de canola.

Ciclo OI	Sitio	Terrenos	Coordenadas		Altitud msnm
			Norte	Oeste	
2004-2005	Álvaro Obregón	Ex-CENAPROS	19° 49'	100° 01'	1828
2005-2006	Queréndaro	Productor	19° 45'	100° 53'	2006

La siembra se realizó bajo labranza reducida (rastreo-surcado-escarda) en diciembre, dejando el 30 % de residuos de la cosecha anterior, con una sembradora Doblance OLU-2M modificada para siembra de canola por personal investigador del INIFAP-Campo Experimental Uruapan. La densidad de siembra fue de 3.5 kg ha⁻¹ con el híbrido Hyola 401 (F1). El tratamiento de fertilización fue el 160-80-60 de NPK, aplicándose un tercio del nitrógeno más todo el fósforo y potasio al momento de la siembra y el resto del nitrógeno a la escarda.

El riego fue aplicado con base en el RDC, se tomó en cuenta el crecimiento del cultivo; el tratamiento con tres riegos fue en emergencia, botón floral visible y cerrado y fin de floración, que correspondió al calendario 0-55-85 días después de la siembra (DDS), mientras que al de cuatro riegos se incluyó el último en inicio de madurez con un calendario de 0-55-85-105 DDS; la lámina de agua para el riego de germinación fue de 20 cm y los riegos restantes de 15 cm (Figura 1). La aplicación foliar del ácido salicílico en 2000 mg·L⁻¹ (AS), silicato de potasio en 2000 mg·L⁻¹ (SK), ethrel en 800 mg·L⁻¹ (ET) y sulfato de calcio en 2000 mg·L⁻¹ (SC) se realizó en el estado fenológico 60 (Figura 1), cuando las primeras flores estaban abiertas, de acuerdo a la escala de Lancashire et al., (1991). El AS y SK se evaluaron durante los dos ciclos agrícolas; mientras que el ET se evaluó durante el ciclo OI 2004-2006 y en el OI 2005-2006 se incluyó al SC. El control de malezas de hoja angosta se efectuó con Sethoxidim a una dosis de 2.0 L ha⁻¹. La cosecha se realizó en forma manual a la madurez de corte (132 DDS en promedio).

Las variables cuantificadas fueron: altura de planta (ALP), número de silicuas por planta (NSP), número de granos por silicua (NGS), peso de mil granos (P1000), peso específico del grano (PES) y rendimiento de grano (RGR), el cual fue ajustado al 8 % de humedad. Se determino el desarrollo y crecimiento del cultivo de la canola, así como el índice de área foliar (LAI) con el Ceptómetro Accupar, modelo PAR-80, la conductancia estomática (CE) y la transpiración (TR) con un porómetro LI-COR modelo LI-1600.

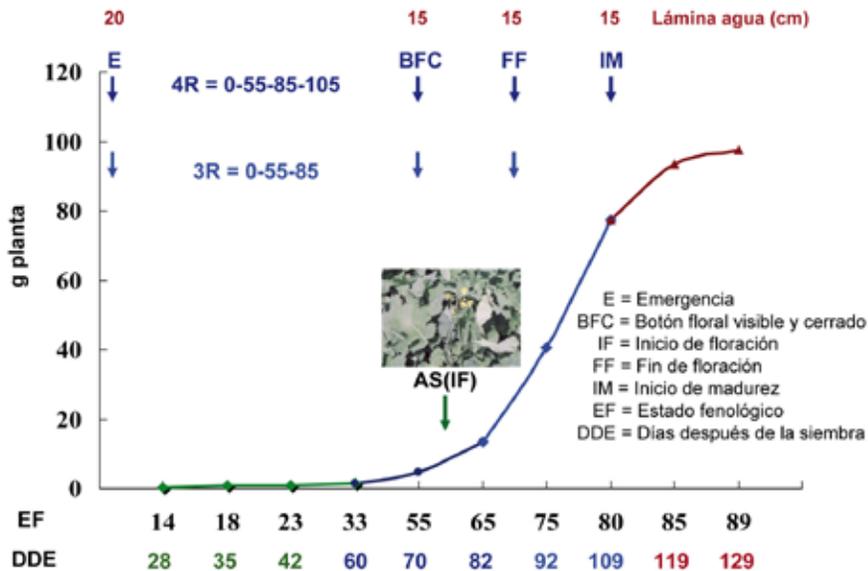


Figura 1. Aplicación del riego y AS de acuerdo al crecimiento de la planta de canola en Álvaro Obregón y Queréndaro, Mich.

Los experimentos fueron establecidos bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y la parcela útil estuvo constituida de 8 m². Se realizaron análisis de varianza y comparación de medias (Tukey al 5%). Se realizó un análisis conjunto con los datos de los dos ciclos agrícolas y se aplicó un análisis económico para determinar la relación beneficio costo (B/C).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperaturas

Dentro de las variables climáticas, la temperatura ejerce un efecto marcado sobre las fases de desarrollo, las bajas las retardan y las altas las acortan. El cultivo de canola pertenece a las plantas C3 requiere temperaturas entre los 5 y 30 °C; con temperaturas inferiores o superiores el crecimiento es escaso o cesa (Phil Thomas, 2003). Las condiciones climáticas fueron diferentes de un ciclo a otro, pero dentro de los rangos que precisa el cultivo.

En la Figura 2, se observa la distribución de las temperaturas durante el ciclo fenológico del cultivo para el ciclo OI 2004-2005. La temperatura mínima, media mensual registrada durante el ciclo del cultivo, varió entre 3.9 y 8.7 °C, mientras que la temperatura máxima osciló entre 22.7 y 29.5 °C; en general, el cultivo estuvo todo el tiempo bajo condiciones óptimas para su desarrollo y crecimiento, en particular durante las etapas de floración y llenado de grano, en las cuales las temperaturas no superaron los 30 °C. Las unidades calor (UC) requeridas por el cultivo desde la emergencia hasta la madurez fueron de 1405.

En el OI 2005-2006 las temperaturas mostraron un rango entre 5 y 30 °C de enero a marzo, mientras que en abril (período de maduración) estuvieron entre 31 y 34 °C (Figura 3), lo que afectó un poco la formación de las últimas flores y silicuas. Las UC requeridas por el cultivo desde la emergencia hasta la madurez fueron de 1470.

La aplicación de los productos no afectó el desarrollo del cultivo, de tal manera que la cosecha se realizó a los 134 y 125 días para el ciclo OI 2004-2005 y 2005-2006, respectivamente.

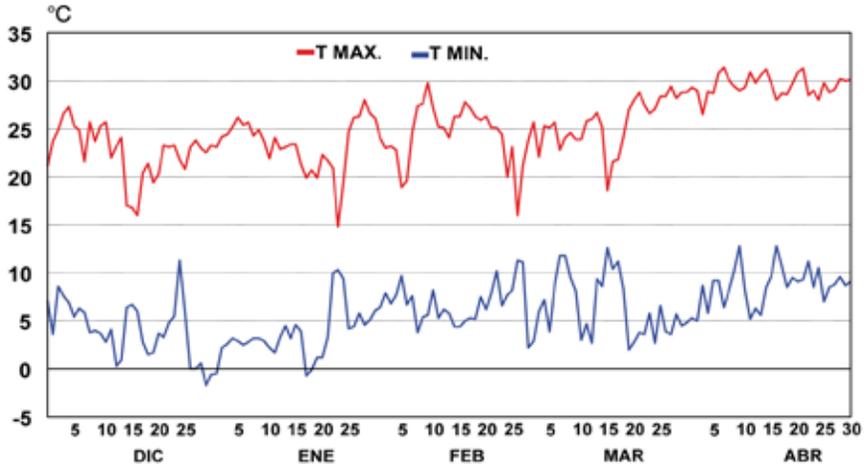


Figura 2. Temperaturas presentes durante el ciclo OI 2004-2005. Álvaro Obregón, Mich.

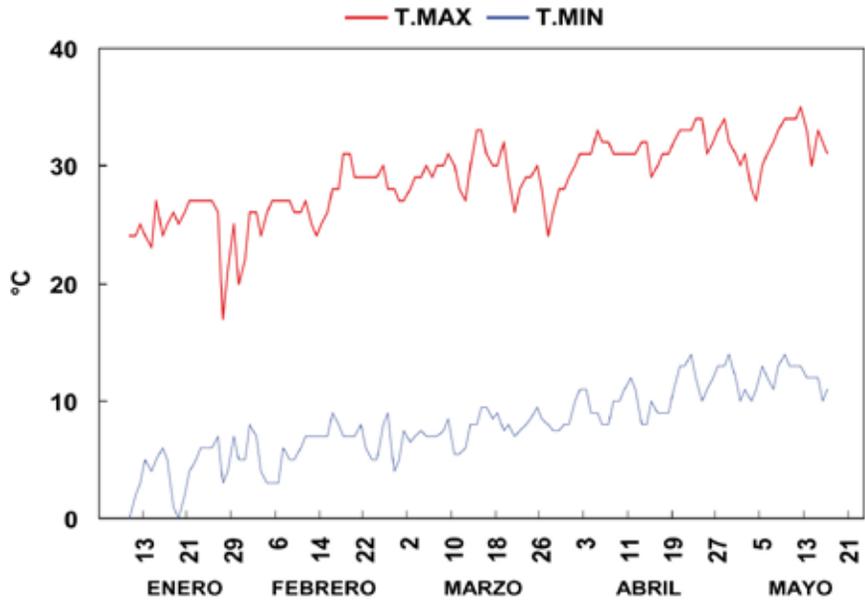


Figura 3. Temperaturas presentes durante el ciclo OI 2005-2006. Queréndaro, Mich

Análisis Estadístico y Prueba de Medias

Los resultados del análisis de varianza para el ciclo OI 2004-2005, indicaron alta significancia para el PES y RGR, significancia para el NSP y NGS, en tanto que para la ALP y P1000 no hubo significancia. Los valores más altos estadística para NSP, NGS y RGR correspondieron al SK y AS, los cuales superaron por lo menos en 84, 11, 46%, respectivamente al testigo con cuatro riegos (Cuadro 2). El NSP y NGS fueron las variables con mayor influencia sobre el rendimiento de grano. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Angadi et al. (2003) quienes señalaron que al incrementarse el número de silicuas se incrementó el rendimiento de grano; además, mencionan que el número de silicuas por planta es el componente de rendimiento más importante en la producción de canola.

Cuadro 2. Características evaluadas en canola durante el ciclo OI 2004-2005 en los campos del EX - CENAPROS, Álvaro Obregón, Mich.

Tratamiento	ALP (cm)	NSP	NGS	P ₁₀₀₀ (g)	PES (kg hl ⁻¹)	RGR (kg ha ⁻¹)
SK	114	313 a	32 a	4.2	64.5 a	3338 a
AS	111	297 ab	30 a	4.3	62.9 b	3214 ab
ET	103	225 ab	23 a	4.4	64.9 a	3130 ab
TES 3R	101	168 ab	17 a	4.1	64.5 a	2764 b
TES 4R	110	161 b	27 a	4.8	62.9 b	2209 c
Media	108	233	26	4.4	63.9	2931
C.V. (%)	8	29	27	8	1	8
Significancia	Ns	*	*	ns	**	**

En el Cuadro 3 se muestra la separación de medias y significancia de las características evaluadas en canola en el experimento establecido durante el ciclo OI 2005-2006. Las variables que mostraron alta significancia fueron ALP, NGS, PES y RGR; en el NSP y el P1000, los tratamientos evaluados no mostraron significancia. En la ALP el 5C fue el que obtuvo el valor más alto, con un incremento de cuatro centímetros sobre el TES 4R. En el NGS el SK y 5C fueron los mejores con una ganancia del 17 % sobre el TES 4R y en el RGR el AS, SK y 5C formaron el primer grupo de significancia, superando en 30, 23 y 21 % al TES 4R, respectivamente. Los inductores evaluados no mostraron efecto en el PES, ya que el TES 4R mostró el valor más alto de 65.5 kg hl⁻¹. Esta relación se presenta de forma usual, si el rendimiento se incrementa el peso específico disminuye. En este ciclo, el SK y el AS mostraron una influencia positiva en las tres componentes de rendimiento y en la producción de grano.

Los efectos compensatorios para las componentes principales de rendimiento se mostraron en general de la siguiente manera: a > número de silicua por planta < número de granos por silicua y a < número de granos por silicua > peso de mil granos. Ortégón-Morales et al. (2007) mostró resultados similares a los obtenidos en esta investigación, ya que el demostró que a mayor densidad de población en canola el número de silicuas disminuye al igual que de ramas por planta.

Cuadro 3. Características evaluadas en canola durante el ciclo OI 2005-2006 en Queréndaro, Mich.

Tratamiento	ALP (cm)	NSP	NGS	P ₁₀₀₀ (g)	PES (kg hl ⁻¹)	RGR (kg ha ⁻¹)
AS	96 bc	245	26 ab	4.0	58.9 b	2239 a
SK	96 bc	235	27 a	3.5	59.9 b	2117 a
SC	99 a	190	27 a	3.8	58.3 b	2074 a
TES 3R	98 ab	175	27 a	3.8	60.6 ab	1687 b
TES 4R	95 c	168	23 b	3.7	65.5 a	1716 b
Media	97	202	26	3.8	60.6	1967
C.V. (%)	1	21	6	12	4	7
Significancia	**	Ns	**	ns	**	**

Los resultados del análisis conjunto de los dos ciclos agrícolas discutidos antes se muestran en el Cuadro 4. El AS y SK mostraron incrementos estadísticos y numéricos sobre el TES 4R del 2 y 3 % (ALP), 64 y 66 % (NSP), 12 y 16 % (NGS), respectivamente. La ganancia sobre el TES 4R para el RGR fue del 39 %. Estos resultados muestran la influencia positiva del AS y SK sobre las componentes de rendimiento y la producción de grano, sin embargo, muestra también un decremento en el peso específico, manteniéndolo dentro de las normas de calidad. Estos resultados son semejantes a los obtenidos por Carrillo (2005) en canola y por López et al. (1998) en trigo, ya que al aplicar ácido salicílico en floración incrementaron el rendimiento de grano a través del mayor número de silicuas y espigas por planta, así como por la ganancia en el número de granos por silicua y espiga. Además, indicaron que el peso específico disminuyó al incrementarse la producción de grano.

En la Figura 4, se observa como el AS disminuyó en un 7 % la transpiración, sin afectar la conductancia estomática, ya que esta aumentó en un 5 %, además el AS incrementó el índice de área foliar en un 77 %, lo que implicó mayor intercepción de la radiación solar, mayor actividad fotosintética, que resultó en una mayor producción de biomasa y mayor rendimiento de grano. Estos resultados se relacionan con los obtenidos por Gómez et al. (2005), ya que con el tratamiento 3R+AS incrementaron hasta en 132 % la biomasa y el rendimiento de grano hasta de 1703 kg ha⁻¹.

Cuadro 4. Resultados del análisis conjunto para productos del ciclo OI 2005-2004 al 2005-2006 para las características evaluadas en canola bajo riego en Michoacán.

Tratamiento	ALP (cm)	NSP	NGS	P ₁₀₀₀ (g)	PES (kg hl ⁻¹)	RGR (kg ha ⁻¹)
AS	104	271 a	28 a	4.1	60.9 b	2727 a
SK	105	274 a	29 a	3.9	62.2 ab	2727 a
TES 3R	99	172 b	22 a	4.0	62.5 ab	2226 b
TES 4R	102	165 b	25 a	4.3	64.2 a	1963 c
Media	103	220	26	4.1	62.4	2410
C.V. (%)	5	27	21	11	3	7
Significancia	ns	**	*	ns	**	**

El volumen de agua utilizada en el cultivo de canola, se disminuyó en 20 % con la aplicación de los inductores de resistencia a estrés hídrico. El AS y el SK incrementaron en 78 % la eficiencia de conversión de cada gramo producido por metro cúbico de agua; además, la producción de grano aumentó en 1963 kg ha⁻¹, así como la ganancia neta por hectárea que fue de \$ 8,436.00 para el AS y \$ 8,558.00 para el SK (Cuadro 5 y 6). Estos resultados, son análogos a los obtenidos por Ross (2002), ya que obtuvo niveles de producción altos y ganancias de 100 a 150 dólares por hectárea, al utilizar labranza mínima en el cultivo de trigo; también con Gómez et al. (2006), ya que reportaron que la aplicación de ácido salicílico en plena floración de canola con tres riegos y bajo labranza reducida obtuvo el mayor rendimiento (2421 kg ha⁻¹), el mayor ingreso neto por hectárea (\$ 2,023.00) y la mayor relación beneficio-costos (31 %).

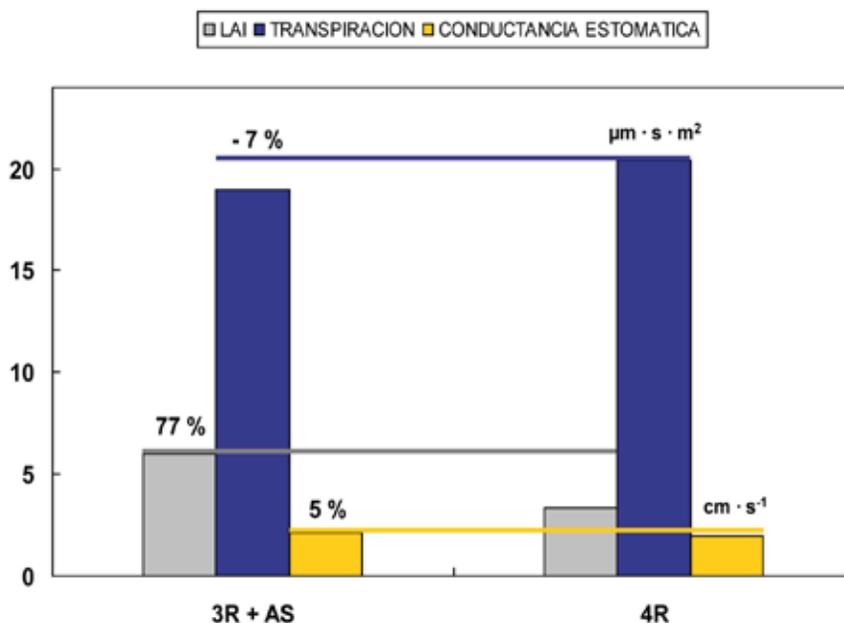


Figura 4. Efecto del ácido salicílico sobre algunas características fisiológicas de la planta de canola.

Cuadro 5. Eficiencia de agua y rentabilidad con la aplicación de ácido salicílico en el híbrido Hyola 401 en Michoacán.

VARIABLE	3R + AS	4R	DIFERENCIA
Rendimiento de grano (kg ha ⁻¹)	2727	1963	764
Volumen agua (m ³)	6016	7676	- 1660
Eficiencia de conversión (g · m ³)	453	255	198
Costo de cultivo (\$ ha ⁻¹)	10653	10425	228
Utilidad (\$ ha ⁻¹)	8436	3316	5120
Relación B/C	1.79	1.32	0.47

Cuadro 6. Eficiencia de agua y rentabilidad con la aplicación de silicato de potasio en el híbrido Hyola 401 en Michoacán.

VARIABLE	3R + AS	4R	DIFERENCIA
Rendimiento de grano (kg ha ⁻¹)	2727	1963	764
Volumen agua (m ³)	6016	7676	- 1660
Eficiencia de conversión (g·m ³)	453	255	198
Costo de cultivo (\$ ha ⁻¹)	10531	10425	106
Utilidad (\$ ha ⁻¹)	8558	3316	5242
Relación B/C	1.81	1.32	0.49

CONCLUSIONES

- Se disminuyó un riego en canola con la aplicación de ácido salicílico, silicato de potasio, ethrel y sulfato de calcio bajo labranza reducida con un ahorro del 20% de agua, sin afectar la producción de grano.
- El ácido salicílico y el silicato de potasio mostraron efecto positivo en la altura de planta, número de silicuas por planta y número de granos por silicua, con incremento del 2 y 3 %, 64 y 66 %, 12 y 16 %, respectivamente, sobre el testigo de cuatro riegos.
- La aplicación de ácido salicílico redujo en un 7 % la transpiración, aumentó el índice de área foliar en un 77 %, así como la conductancia estomática en un 5 %.
- En el rendimiento de grano el testigo sin aplicar fue superado en 39 % por el ácido salicílico y silicato de potasio.
- El testigo sin aplicar con cuatro riegos fue superado en 35 y 37 % en la relación beneficio-costo por el ácido salicílico y el silicato de potasio, respectivamente.

LITERATURA CITADA

- Angadi, S. V., H. W. Cutforth, B. G. McConkey and Y. Gan. 2003. Yield adjustment by canola grown at different plant populations under semiarid conditions. *Crop Sc.* 43: 1358-1366.
- Bocco, G., A. Velásquez y A. Torres. 2000. Ciencia, Comunidades indígenas y manejo de recursos naturales. Un caso de investigación participativa en México. *INTERCIENCIA.* 25:64-70.
- Carrillo, P. L. 2005. Efecto de los bioactivadores en la producción de grano y aceite en canola de temporal. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 7. 98 p.
- Conagua. 2006. Estadísticas del agua en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Talleres Gráficos de México. México, D.F. 256 p.

- FAO. 2006. Incrementar la productividad del agua. Claridades Agropecuarias. No. 150:29-30.
- Figueroa, J. P. 2008. Cómo funcionan los productos para raíces. Redagráfica Edición 23:1-9.
- Galeana, C. M., S. A. Trinidad, C. N. E. García y R. D. Flores. 1999. Labranza de conservación y fertilización en el rendimiento de maíz y su efecto en el suelo. TERRA Latinoamericana. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 14:325-335.
- Girona, J. 1996. Estrategia de Riego Deficitario Controlado (RDC) para la mejora de la eficiencia en el uso de aplicación del agua de riego. Fruticultura profesional 80:32-38.
- Girona, I. y J. Marsal. 1995. Estrategias de RDC en almendro. In: Zapata, M. y Segura, P., eds. Riego Deficitario Controlado. Madrid, Mundi-prensa pp. 97-118.
- Gómez, L. B. L., E. Venegas G. y M. A. Cepeda V. 2005. Efecto del ácido salicílico sobre la biomasa y el rendimiento de grano en canola bajo tres calendarios de riego. Memoria del Congreso Agronómico Mexicano ANEFA. Facultad de Agrobiología Pte. Juárez. Uruapan, Mich. p.4.
- Gómez, L. B. L., E. Venegas G. y M. A. Cepeda V. 2006. Dosis de ácido salicílico y su efecto en las características morfológicas y rendimiento de canola. Memoria del Congreso Agronómico Mexicano ANEFA. Facultad de Agrobiología Pte. Juárez. Uruapan, Mich. p.75.
- González, F. P. 2007. La fertilización en el laboreo de conservación. Departamento Suelos y Riegos. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía, España. 8 pp. <http://aeac-sv.org> [Revisado el 28 de septiembre de 2007].
- González, L. 1990. Labranza de conservación una alternativa para aumentar la producción y productividad del agro mexicano. FIRA. Boletín Informativo 222. 44 p.
- Hsiao, T. C. 1990. Fisiología general. In: Curso internacional del manejo del agua en árboles frutales, Chillan 3-6 de enero. Depto. de Ingeniería Agrícola Facultad de Ciencias Agronómicas, Veterinarias y Forestales, Universidad de Concepción.
- INEGI. 2007. Estadísticas a propósito del día mundial del agua. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, D.F. 11 p.
- Lancashire, P. D., H. Bleiholder, P. Langelüddecke, R. Statuss, T. Van Den Boom, E. Weber and A. Witzten-Berber. 1991. An uniform decimal code stages of crops and weeds. Ann. Appl. Biol. 119:561-601.
- Loeza, C. A. 2006. Políticas y competencia del agua en México. Universidad de Guadalajara. 30 p.

López, T. R., V. Camacho R. y M. A. Gutiérrez C. 1998. Aplicación de ácido salicílico para incrementar el rendimiento agronómico en tres variedades de trigo. *TERRA* 16: 43-48.

Novelo, G. M. 2000. La labranza de conservación en México y apoyos de FIRA para su adopción. Transferencia de tecnología y asistencia técnica de FIRA. Morelia, Mich. 9 p.

Ortegón-Morales, A. S., A. Díaz-Franco y J. González-Quintero. 2007. Cultivares de canola y su interacción con el ambiente y el método de siembra. *Universidad y Ciencia. Trópico Húmedo*. 23: 21-28.

Osuna, E. 1997. Investigación de erosión y labranza de conservación en la región norte-centro de México. p. 199-214 En: Claverán et al. (eds.) *Avances de Investigación en Labranza de conservación*. Libro técnico N° 1. Morelia, Mich. INIFAP. CENAPROS.

Phil T. B. 2003. *Canola Growers Manual*. Canola Council of Canada. 526 p.

Rengel, R. L. 2002. Crecimiento y dinámica de acumulación de nutrientes en maíz (*Zea mays* L.) en Venezuela. *Informaciones Agronómicas*. 53: 5-8.

Riveros, A. S. 2001. Moléculas activadoras de la inducción de resistencia, incorporadas en programas de agricultura sostenible. *Rev. Manejo Integrado de Plagas*, No. 61, 4-11.

Roberts, T. L. 2002. Fertilidad del suelo, altos rendimientos y rentabilidad. *Informaciones Agronómicas*. 46: 6-10.

Ross, M. 2002. Requerimiento de nutrientes y estrategias adecuadas para la fertilización de canola (*Brassica napus* L.) Sesión II. Potasio en cultivos extensivos. IPI. p. 123:132. www.ipipotash.org/udocs/Sesion%20II.pdf.

Ryals, J., S. Uknes, and E. Ward. 1994. Systemic acquired resistance. *Plant Physiol*. 104:1109-1112.

Salvador, L., S.P. Miranda, N. Aragón y V. Lara. 1999. Recubrimiento de quitosán en aguacate. *Rev. Soc. Quím. Méx.* 43:18-23.

Saavedra, P. F. A. 2000. Ensayo de riego deficitario controlado en palto (*Persea americana* Mill.), cv. Hass en la localidad de Quillota, Chile. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. Área de Fruticultura. Tesis de Licenciatura. 69 p.

Velásquez, M., M. Tiscareño, R. Claverán y M. Gallardo. 1997. Erosión y productividad bajo labranza de conservación I. *Avances de investigación en suelos de ando de Michoacán*. INIFAP-CENAPROS. Folleto Técnico N° 1. 34 p.

SIMULACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO, CON APOYO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Jesús Alberto Rodríguez Castro, Ricardo Ruiz Chávez y Roberto García Acevedo
Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
Posgrado de Ingeniería Civil.
Correo electrónico: jealroca@yahoo.com.mx

RESUMEN

Con la finalidad de tener un panorama completo de la cantidad, calidad y distribución de los volúmenes de agua que circulan a través de la cuenca del Lago de Cuitzeo, se desarrollaron herramientas de apoyo para el análisis y la toma de decisiones, consistentes en modelos, gráficas y mapas, entre otros. Estas herramientas están orientadas al manejo racional del recurso hídrico en la cuenca, el cual es parte fundamental del desarrollo de la región y el estado en general.

Palabras clave: Modelación, hidrología, Arcview GIS, GWLF.

INTRODUCCIÓN

El Lago de Cuitzeo es un almacenamiento natural formado por los escurrimientos directos que se generan en su cuenca, así como por las aportaciones del Río Grande de Morelia, Río Queréndaro, Río Zinapécuaro y algunos arroyos de menor caudal. También recibe recarga de acuíferos regionales que subyacen el valle de Morelia y de la planicie de Álvaro Obregón, Michoacán.

Debido a su geometría y entorno hidrológico, el Lago de Cuitzeo tiende a secarse total o parcialmente con cierta frecuencia. En el pasado, esto no representaba graves

problemas ambientales ya que eventualmente el lago recuperaba su profundidad normal y la flora y fauna de la región se restablecían debidamente, para mantener el equilibrio ecológico adecuado a las condiciones prevalecientes.

A la fecha, no existen mediciones o estudios que permitan definir en forma confiable los volúmenes que circulan en toda la cuenca de drenaje del Lago de Cuitzeo, incluyendo el vaso y los mantos subterráneos.

Con el objeto de tener un panorama completo de la cantidad y distribución de los volúmenes de agua que circulan a través de la cuenca de drenaje del Lago de Cuitzeo, se realizó una compilación y análisis exhaustivo de los datos climatológicos de lluvia, de escurrimientos y de niveles en los acuíferos. Esta información permitió desarrollar herramientas de apoyo (modelos, gráficas, mapas, etc.) para ser utilizadas en el manejo racional de los recursos hídricos, que son parte fundamental del desarrollo de la región y el estado en general.

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca del Lago de Cuitzeo, geográficamente, se ubica en la parte noreste del estado de Michoacán, cerca de los límites del estado de Guanajuato, dentro de la Región Hidrológica número 12 y entre las coordenadas 19° 45' y 19° 55' de latitud norte y 101° 45', 101° 21' de longitud oeste. Políticamente incluye 22 municipios del estado de Michoacán, y cinco del estado de Guanajuato (Figura 1).

Originalmente, la cuenca fue considerada endorreica ya que no tenía salidas y todo el escurrimiento superficial era hacia el lago. Posteriormente se construyó un canal, conocido como "Dren La Cinta", el cual unió el Lago de Cuitzeo con la Laguna de Yuriria, la cual a su vez se comunica con la cuenca del Río Lerma-Santiago, de esta forma el lago quedó integrado en dicha cuenca. Debido a que los lagos interconectados funcionan en conjunto como vaso regulador del Río Lerma, se les considera integrantes del Sistema Volcánico Transmexicano.



Figura 1. Configuración de la cuenca del Lago de Cuitzeo.

Según la clasificación de Köppen modificada por García (1973), en la cuenca del Lago de Cuitzeo predominan los tres tipos de clima pertenecientes al grupo de templados, subhúmedos con lluvias en verano, los cuales se distinguen por tener humedades distintas.

En la zona de estudio se tiene una temperatura media anual de 17.6 °C. De la misma manera que la temperatura, la precipitación varía influenciada notablemente por el relieve. Debido a la variabilidad del relieve, las lluvias dentro de la cuenca se consideran del tipo orográfico y presentan rangos muy amplios que van desde 650 mm hasta 1600 mm anuales.

Los censos de población y vivienda efectuados por INEGI en 2000 señalaron que en la cuenca habitan un total de 1'397,312 personas, cuyas actividades económicas preponderantes son el comercio, ganadería, pesca, industria manufacturera, servicios comunales y sociales, construcción, servicios personales y de mantenimiento; además, los pobladores del área de estudio se dedican, aunque en una cantidad menor, a otras actividades, tales como administración pública y defensa, transporte y comunicaciones, actividades no especificadas, servicio de restaurantes y hoteles, servicios profesionales y técnicos, servicios financieros, electricidad y agua, extracción de petróleo-gas y minería. Debido a la diversidad de actividades, el uso del suelo es muy diverso, lo cual tiene un impacto directo en los sistemas de flujo y calidad de agua en la cuenca.

INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN EN EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Con el objeto de organizar y preparar la información climatológica, de uso y tipo de suelo, socioeconómica, política, topográfica e hidrográfica, se construyeron los Modelos Digitales del Terreno (MDT) utilizando ArcView, que es un software específico para el manejo de información geográfica. La información utilizada fue obtenida a través de diversas fuentes, tales como INEGI, IMTA, Gobierno del Estado de Michoacán y el Instituto de Ecología de la UNAM (Campus Morelia).

Para determinar los parámetros geomorfológicos de la cuenca, se utilizó un Modelo Digital de Elevaciones (MDE), previamente desarrollado por el IMTA para la Gerencia Estatal en Michoacán de la CNA.

MODELO HIDROLÓGICO

En la actualidad el desarrollo en la simulación del comportamiento físico de sistemas hidrológicos, utilizando herramientas computacionales, ha tenido un gran auge, y últimamente con el auxilio de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), se ha hecho posible el manejo de una gran cantidad de datos importantes en el apoyo a la toma de decisiones. Estos sistemas aplicados en la modelación de cuencas hidrológicas, han facilitado el análisis y la comprensión del comportamiento del escurrimiento de agua. Una herramienta de este tipo es el modelo GWLF (Generalized Watershed Loading Function, función generalizada de aportes en cuencas), desarrollado por Haith y Shoemaker (1987), el cual evalúa el escurrimiento, infiltración, evapotranspiración, a partir de datos de lluvia diaria. Situación que resulta conveniente en nuestro entorno

ya que es la información con que se dispone comúnmente. El modelo requiere que en una cuenca definida se especifiquen variables de uso del suelo, meteorológicas, fisiográficas, edafológicas y servicios de desalojo de aguas residuales domésticas e industriales. Con base en datos climatológicos diarios, el modelo realiza una simulación continua del balance de agua en la cuenca utilizando el método del servicio de conservación de suelos de los Estados Unidos, dando como resultado información hidrológica mensual para cada unidad hidrológica definida.

Para la utilización del modelo en la cuenca del Lago de Cuitzeo, se identificaron tres cauces principales y dos regiones de aportación las cuales definen cinco subcuencas del sistema, tal como se muestra en la Figura 1. En cada una de estas subcuencas se aplicó el modelo obteniéndose escurrimiento superficial, flujo de agua en el cauce principal e infiltración para un periodo de 40 años comprendido entre enero de 1960 y diciembre de 1999.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados generados por el modelo hidrológico fueron representados a través de gráficos que facilitan su análisis y comprensión. En la Figura 2 se incluyen gráficas de línea que muestran el escurrimiento superficial por subcuenca y un gráfico de pastel que muestra la integración de estas en toda la cuenca. De igual manera, en las Figuras 3 y 4 se esquematiza los flujos de agua en el cauce principal y la infiltración en la cuenca del Lago de Cuitzeo.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos de la aplicación del modelo demostraron la utilidad y la facilidad con que se cuenta hoy en día, para el análisis hidrológico de amplios y complejos sistemas de drenaje. La realización de este tipo de estudios es de gran utilidad para la toma de decisiones encaminadas al manejo sustentable de los recursos hídricos.

En el caso del Lago de Cuitzeo, la aplicación del modelo arrojó resultados que muestran una tendencia paulatina a la reducción del escurrimiento superficial, lo cual tiene como consecuencia la disminución de las profundidades y la extensión del vaso receptor (Lago de Cuitzeo). De continuar con esta tendencia, el lago eventualmente entrará en condiciones más severas de desecamiento con consecuencias desastrosas para el medio ambiente y las poblaciones dentro de la cuenca. Por lo tanto, este modelo puede servir en la exploración de escenarios encaminados a la protección y preservación del lago.

LITERATURA CITADA

García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen. U.N.A.M., México, D.F.

Haith, D. A. and L. L. Shoemaker. 1987. Generalized watershed loading functions for streamflow, nutrients. *Water Resources Bulletin* 23(3). U.S.A.

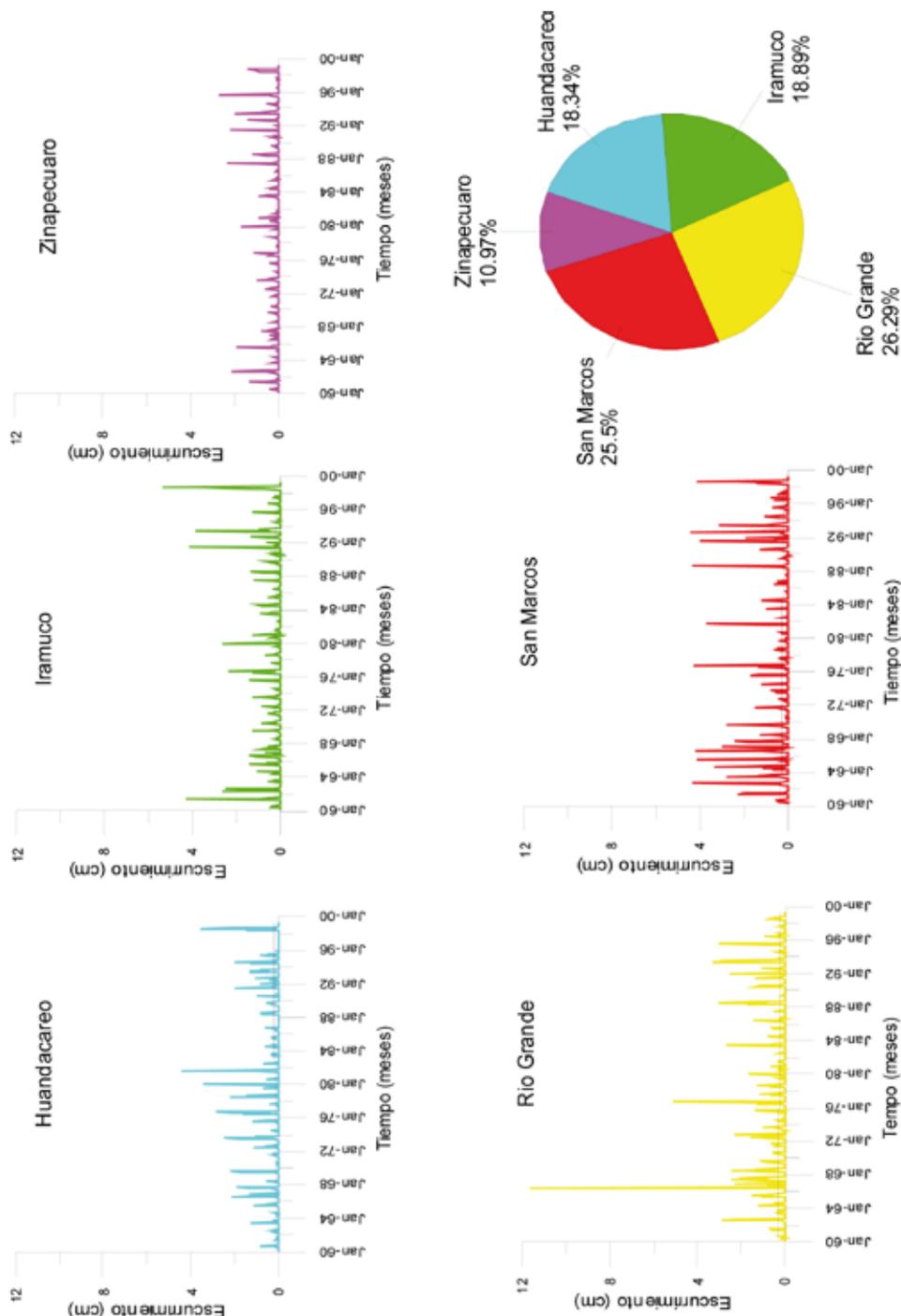


Figura 2. Escurrencio superficial por subcuenca.

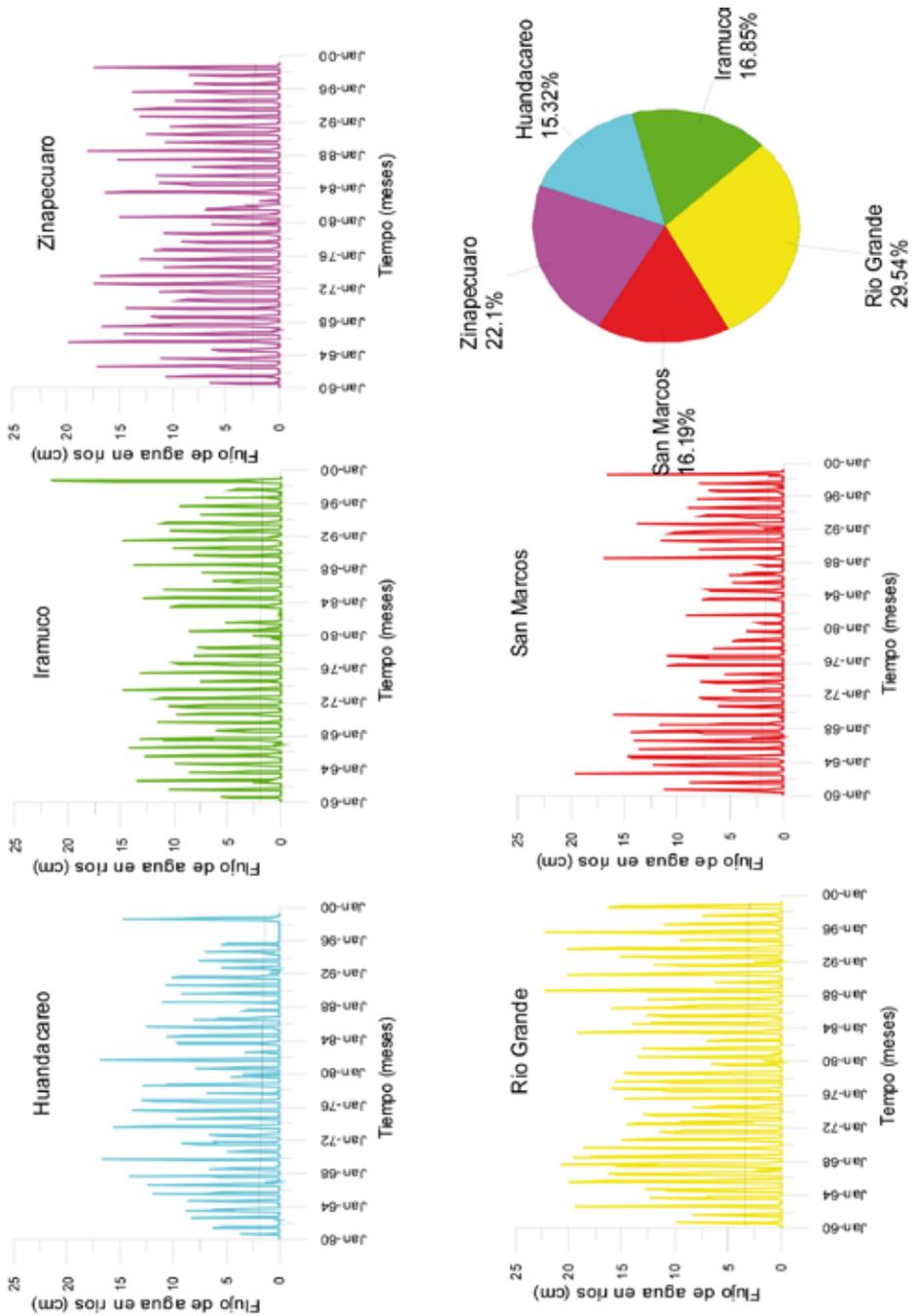


Figura 3.- Flujo de agua en ríos por subcuenca.

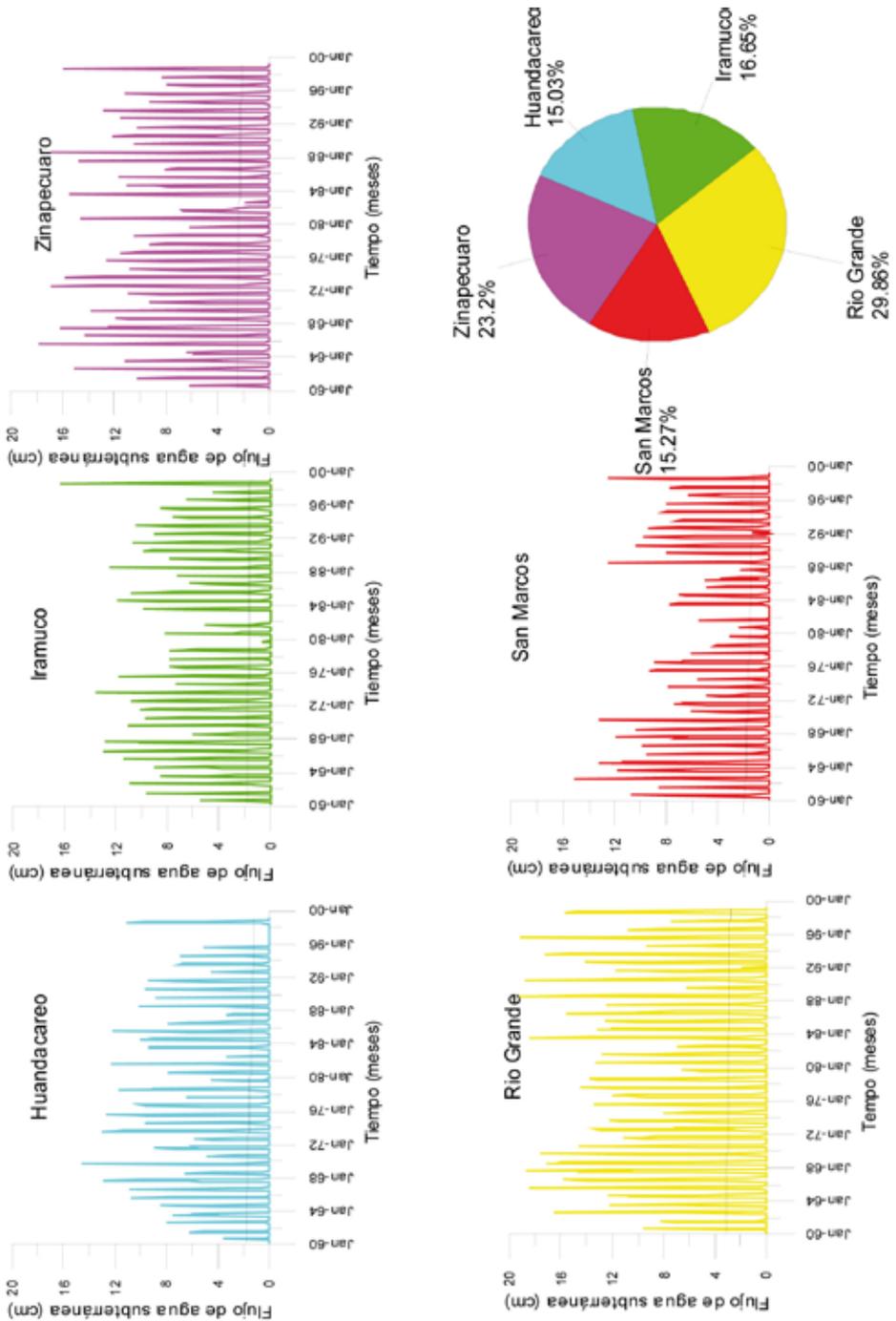


Figura 4.- Flujo de agua subterránea por subcuenca.

GESTIÓN SOCIOECONÓMICA

PERSPECTIVAS DE SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS AMBIENTALES DE LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO

Guillermo Vargas Uribe¹, Hugo Merlos Aritzmendi², Abril Santos Contreras³, Alfonso Topete Betancourt⁴, Juan Carlos Carrillo Amezcua¹

1 Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán. 2 Posgrado de Ingeniería en Tecnología de la Madera. 3 Facultad de Biología. UMSNH. 4 Instituto de Investigaciones Químico Biológicas.

jucaam2001@yahoo.com.mx

RESUMEN

La Cuenca del Lago de Cuitzeo es una unidad hidrológica endorreica que incluye a 15 municipios del Estado de Michoacán y 1 del Estado de Guanajuato. Su importancia se debe a que es un acuífero superficial de antigüedad milenaria, es el segundo más grande de México, su fauna da sustento a 800 pescadores y sus familias, contribuye a la irrigación de diversos cultivos básicos de la zona geográfica, la CONABIO le otorga el lugar 111 a nivel mundial para considerarla como región terrestre prioritaria para la conservación de su biodiversidad, su fauna comprende bosques, matorrales y pastizales, su fauna está compuesta por mamíferos, aves, reptiles y peces que se encuentran en un precario estado de supervivencia, cerca del punto de extinción. Dentro de sus problemas actuales se tiene: deforestación y degradación de laderas, desertificación, erosión, contaminación debida a los residuos sólidos acumulados excesivamente en el suelo y en la ribera de los acuíferos, fuerte crecimiento demográfico en los municipios de esta Cuenca, contaminación del vaso acuífero con aguas residuales municipales y agrícolas. Se requiere la instrumentación de acciones que incluyan un amplio ordenamiento ecológico del territorio enfocado a aspectos tales como: la gestión integral de los residuos sólidos municipales, el tratamiento de las aguas residuales vertidas al Distrito de Riego Morelia-Queréndaro, el manejo racional de los recursos naturales de la región y un programa permanente de educación ambiental desde el nivel preescolar hasta el de licenciatura, para apro-

vechar eficazmente los programas instrumentados a favor de la recuperación de esta cuenca.

Palabras clave: Deterioro ambiental, conservación, biodiversidad, ordenamiento ecológico-territorial.

INTRODUCCIÓN

Por descargas de aguas negras, lirio acuático y residuos sólidos, el Lago de Cuitzeo tiende a terminar con las diferentes especies de peces que habitan sus aguas, las cuales representan una fuente de trabajo en la región. La Cuenca del Lago de Cuitzeo comprende parcial o totalmente los territorios de 15 municipios del Estado de Michoacán: Álvaro Obregón, Charo, Chucándiro, Cuitzeo, Copándaro de Galeana, Huandacareo, Huandacareo2, Huiramba, Indaparapeo, Morelia, Morelos, Queréndaro, Santa Ana Maya, Tarímbaro y Zinapécuaro, así como el municipio de Uriangato en el Estado de Guanajuato (Mendoza et al., 2001) (Figura 1).

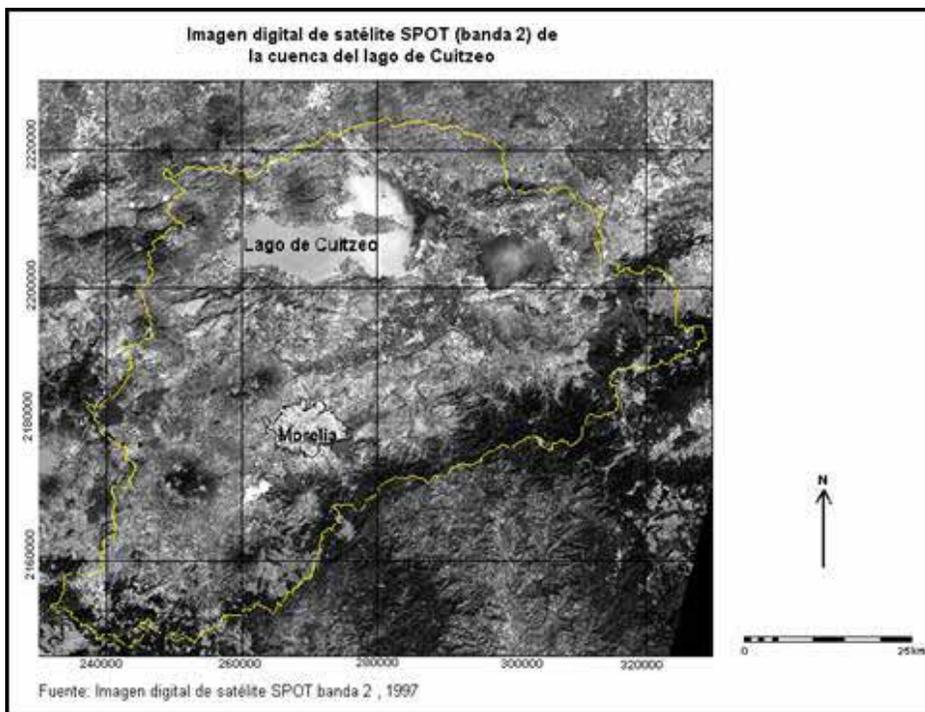


Figura 1. Localización de la Cuenca del Lago de Cuitzeo (tomado de Mendoza et al., 2001).

El nombre del lago proviene de la palabra tarasca "cuiseo", que significa "lugar de tinajas". En documentos posteriores al siglo XVI ya aparece escrito "Cuitzeo", con lo que incorpora a la raíz "cuis" (tinaja) la voz "itzi" (que tiene el significado de agua), con lo que Cuitzeo vendría a significar "lugar de tinajas de agua". El lago es el segundo de mayor extensión en México, llegó a tener hasta 11,000 km² de superficie. Es de gran importancia para la región, ya que contribuye a regular el clima de la cuenca, además de dar sustento y hábitat a diversas especies vegetales y animales, como el pato canadiense, y contribuir a la economía de miles de familias.

Del lago, los pescadores extraen mojarra, tilapia, charales, rana, mosco y especies asociadas como la carpa dorada, la carpa común y la chegua; también los agricultores se benefician, ya sea por la recogida de tule o usando las aguas para regar los cultivos de maíz, sorgo, avena y hortalizas.

El problema de la eutrofización del lago y su asolvamiento preocupa no sólo a los investigadores sino también a los gobiernos de Michoacán y Guanajuato. Actualmente las aguas del lago reciben un continuo aporte de compuestos inorgánicos como fosfatos, nitratos y desechos industriales y urbanos, que no permiten la recuperación del ciclo biológico de sus aguas. Si a esto se suma la deforestación, los procesos de erosión tanto eólica como fluvial, que acarrea material terrígeno a la cuenca, azolvándolo de manera acelerada, lo cual reduce el nivel de sus aguas y acelera el proceso de envejecimiento y extinción.

ANTECEDENTES

El Lago de Cuitzeo es uno de los ecosistemas acuáticos epicontinentales de mayor importancia en nuestro País. Posee una superficie aproximada de 4026 km² y una extensión estimada en 410 mil hectáreas donde se ubican 15 municipios de nuestro Estado, con una población superior a 1'000,000 de habitantes (INEGI, 2000). Dentro de la cuenca se desarrollan diversos ecosistemas que proveen numerosos servicios ambientales a la población, por lo que el lago y su cuenca poseen gran importancia en materia ambiental, social, cultural y económica. Actualmente, la cuenca y el lago muestran diversos signos de deterioro, tales como erosión, reducción de la cobertura forestal, sobreexplotación de sus recursos y eutrofización del cuerpo de agua.

Este deterioro es resultado de las actividades productivas que se realizan de forma inadecuada, ya sea por sobreexplotación del recurso, incumplimiento de las leyes ó por la realización de practicas productivas carentes de planeación y sin respetar la vocación natural del suelo. El Ordenamiento Ecológico Territorial (OET) es un instrumento fundamental para la planeación de las actividades productivas en congruencia con la vocación natural del suelo, por lo que permite realizar un uso adecuado del territorio y un aprovechamiento sustentable de sus recursos, por lo que es de vital importancia reorganizar las actividades productivas que se realizan en la zona mediante la implementación del OET, como una herramienta que permita reducir el deterioro de la cuenca y sus recursos (COEEO, 2005).

Situación Geográfica de la Cuenca del Lago de Cuitzeo

Desde el punto de vista geológico, la región en la que se asienta la Cuenca del Lago

de Cuitzeo está conformada por sucesiones volcánicas en las que dominan las lavas fracturadas, depósitos piroclásticos (cenizas y arenas de granulometría fina) y materiales sedimentarios aún no compactados, conformados por limos, arenas y diatomitas, estas últimas dominan en el sector sur de la Cuenca. Todas estas sucesiones son disectadas por sistemas de fallas de dirección este-oeste y noreste-sureste que han funcionado desde el Mioceno Superior (Buenrostro e Israde, 2003).

La Cuenca del Lago de Cuitzeo posee una superficie de 4026 km² y se localiza dentro del Sistema Volcánico Transversal, entre las coordenadas 19°30' y 20°05' latitud norte y 100°35' y 101°30' longitud oeste (Mendoza et al., 2005) (Figura 1). El clima predominante de la cuenca corresponde al templado con lluvias de verano. La temperatura media en la cuenca es de alrededor de 15° C, y la precipitación promedio anual es menor a 1000 mm.

Según la cartografía de hidrología de aguas superficiales del INEGI, el 76% de la cuenca tiene un coeficiente de escurrimiento de 10 á 20%. Según la cartografía de INEGI, el 71 % de la cuenca presenta posibilidades bajas de almacenamiento de agua subterránea (Figura 2).

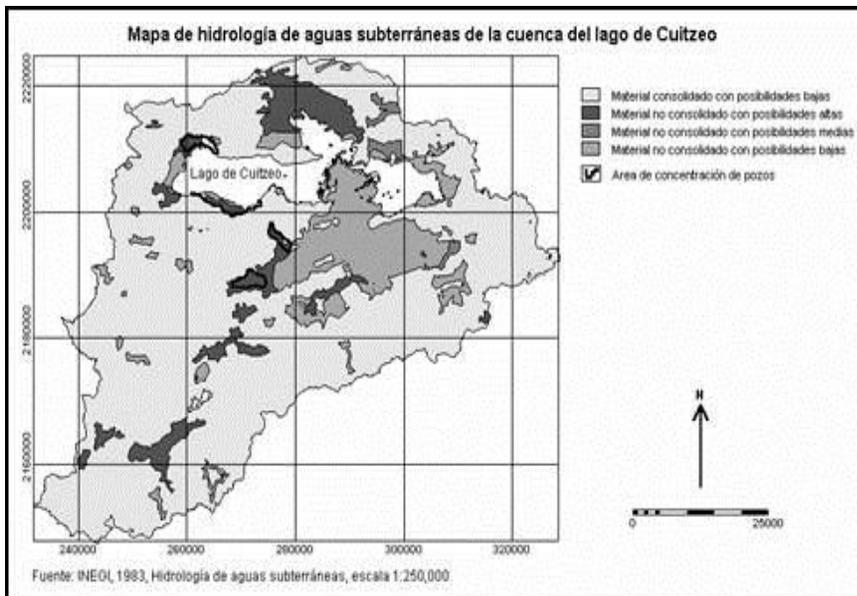


Figura 2. Mapa de hidrología de aguas subterráneas de la cuenca del lago de Cuitzeo (Mendoza et al. 2001).

En la zona de estudio alrededor de 20 % está conformada por bosques templados principalmente de pino y encino; los matorrales subtropicales ocupan alrededor del 15 %; los pastizales inducidos menos del 15 % y los cultivos ocupan alrededor del 40 % de la cuenca para ambos años (Figuras 3 y 4).

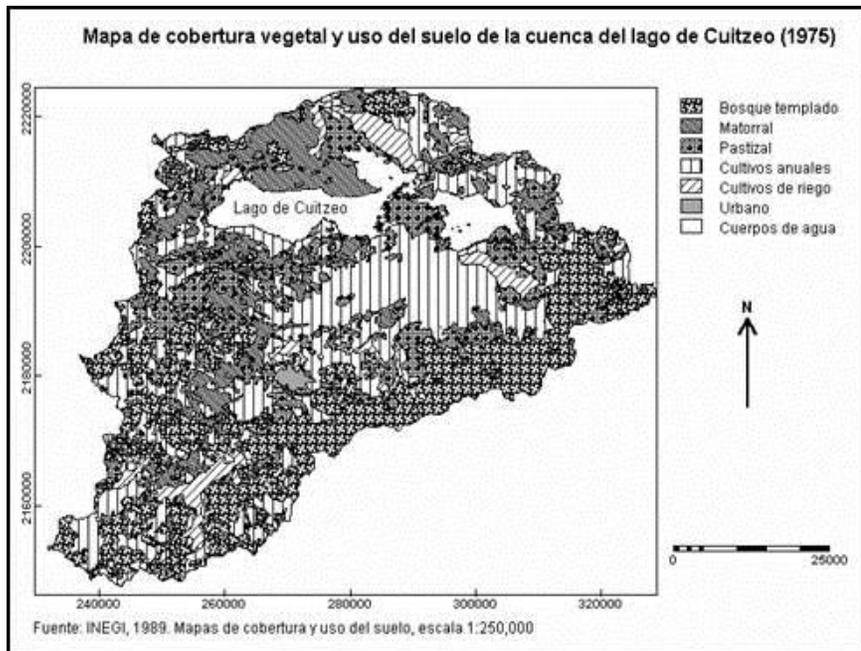


Figura 3. Mapa de cobertura vegetal y uso del suelo de 1975 de la cuenca de Cuitzeo (Mendoza et al. 2001).

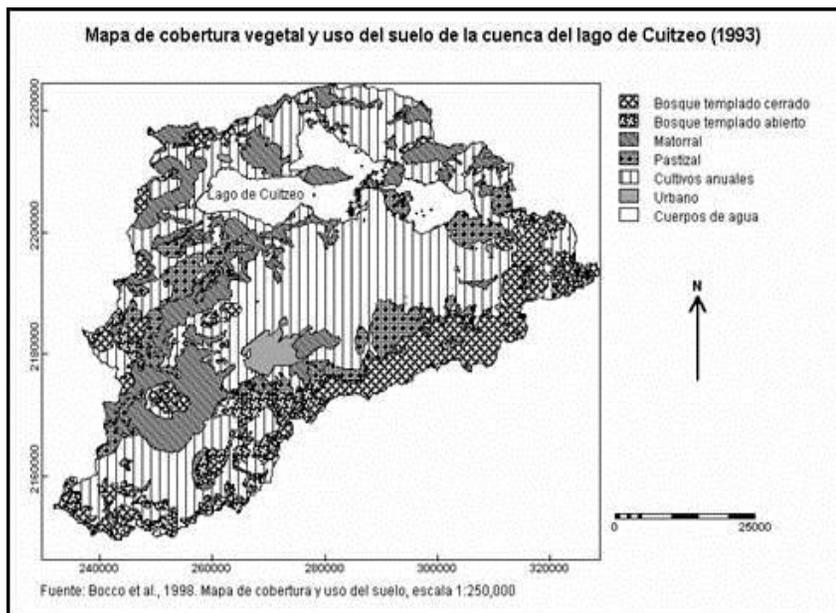


Figura 4. Mapa de cobertura vegetal y uso del suelo de 1993 de la cuenca de Cuitzeo (Mendoza et al. 2001).

Según estimaciones de algunos estudios desarrollados en el país, han demostrado la vulnerabilidad de varios sectores del país ante los efectos del cambio climático. En el sector forestal, se ha pronosticado que cerca del 50% de la cobertura vegetal del territorio sufriría cambios; bosques de coníferas, matorrales xerófilos y pastizales podrían desaparecer. Los recursos hídricos serían particularmente vulnerables en las cuencas del Pánuco, Lerma-Chapala-Santiago y en la Península de Baja California. De igual manera, las industrias petrolera, eléctrica y petroquímica se verían afectadas. La costa del Golfo de México sería sensible a los incrementos previstos del nivel del mar, destacando Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Yucatán y Quintana Roo.

La superficie apta para el cultivo de maíz de temporal se vería reducida a la mitad. Los asentamientos humanos podrían verse afectados, entre otros, por una mayor incidencia de enfermedades transmitidas por vectores (mosquitos), y otras infecciosas relacionadas con la distribución y la calidad del agua. El 48% de la superficie del país, incluyendo los estados de Aguascalientes, Baja California,

Coahuila, Jalisco, Colima, Nayarit, Querétaro, Guanajuato, Michoacán, Sonora e Hidalgo, resultaría propensa a la desertificación (INE, 2007).

MATERIALES Y MÉTODOS

La caracterización de los residuos sólidos predominantes en los vertederos de los municipios comprendidos en la Cuenca del Lago de Cuitzeo, se obtuvo a través de un método de muestreo basado en la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-15-1985 (SECOFI, 1985) y se observó un marcado predominio de residuos alimentarios, así como una menor proporción de: materiales pétreos, vidrio, plástico en película y sanitarios, entre otros componentes que contribuyen a deteriorar los elementos del paisaje: geomorfológicos, edafológicos y geohidrológicos, así como a perturbar la estructura de las comunidades bióticas (Buenrostro, 2001; Carrillo et al., 2005) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición de los residuos sólidos predominantes en municipios de la Cuenca del Lago de Cuitzeo (% en masa húmeda).

Subproducto	Residenciales	No residenciales
Cartón	2.028	7.094
Residuo fino	3.582	4.291
Fibra dura vegetal	1.388	2.023
Material ferroso	1.542	0.911
Papel	2.538	3.751
Papel higiénico	2.829	1.385
Pañal desechable niño	3.885	1.043
Plástico en película	4.045	4.735
Plástico rígido	1.118	2.634
Residuos alimenticios	43.963	15.095
Residuos de jardín	8.016	8.543
Vidrio transparente	4.294	9.827
Tierra/piedras	7.913	3.805

Fuente: Tomado de Buenrostro e Israde, 2003.

Se reportan 424,370 toneladas de residuos sólidos acumulados en los tiraderos de los 15 municipios michoacanos y 1 municipio guanajuatense pertenecientes a esta cuenca hidrográfica, situación que se agrava debido a que algunos municipios no cuentan con su propio vertedero, como ocurre en Lagunillas y Acuitzio del Canje (Buenrostro e Israde 2003), situación que conduce a la disposición de desechos en sitios clandestinos, favorece la proliferación de fauna nociva y de enfermedades infecciosas y agrava la contaminación ambiental de la Cuenca del Lago de Cuitzeo.

El crecimiento urbano y la contaminación debida a la agricultura en la Cuenca del Lago de Cuitzeo, han causado un elevado índice de contaminación hídrica, la reducción de la superficie del lago y la extinción de diversas especies de la fauna acuática y riparia. El mayor porcentaje de la descarga de aguas negras cuyo destino es el Lago de Cuitzeo, pertenece a la Ciudad de Morelia, que entre 1960 y 1990 registró un crecimiento de superficie de 790 ha a 3368 ha, lo cual representó un 326%, así como un incremento de población que fue de 153,482 a 492,901 habitantes, correspondientes a un 345% (Vargas, 2008).

En esta Cuenca, se encuentra el Distrito de Riego Morelia-Queréndaro, donde existe una intensa actividad agrícola que debido al uso intensivo de fertilizantes químicos, ha contribuido al crecimiento exorbitante del lirio acuático en el Lago de Cuitzeo que a su vez causa el déficit de oxígeno que de diversas maneras, incide

negativamente en su ictiofauna formada por: mojarra, tilapia, charal, carpa y chegua, entre otras especies (Mendoza et al., 2001; Senado de la República, 2006).

Los recursos naturales de la Cuenca del Lago de Cuitzeo se han sometido a una sobreexplotación que se evidencia con: la deforestación que tan sólo en los últimos veinte años ha consumido 1/3 de la superficie boscosa registrada al inicio de la década de 1980 (COFOM, 1998; Vargas et al., 2000). La perturbación forestal también se debe al pastoreo extensivo que se practica en esta Cuenca, con 150,000 cabezas de ganado oficialmente registradas que deterioran profundamente el equilibrio del ecosistema, además de los sistemas de agro-producción en pequeña escala que se caracterizan por las prácticas de agotamiento de los recursos naturales y el subsiguiente abandono de los predios ecológicamente devastados, lo cual repercute en el aumento de la población de la Cuenca que se encuentra en la pobreza extrema y que puede ser un factor influyente para las elevadas cifras de personas que emigran ilegalmente a los EUA en busca de los mínimos satisfactores de bienestar familiar (Gómez-Tagle, 2004).

El Estado de Michoacán enfrenta un panorama complicado en materia de educación formal: La baja calidad de la enseñanza se demuestra con los pobres resultados del sistema escolar, el 88.45% de la población con edad de recibir educación básica coloca a la entidad en el 31° lugar entre las 32 entidades federativas, con lo cual supera solamente a Chiapas. La eficiencia de terminación de estudios en el nivel medio-básico o secundaria es de 68.50% para las mujeres, rubro en el cual Michoacán ocupa el lugar 30/32 entidades federativas; en los varones la eficiencia de terminación es del 60.00%, por lo que la entidad ocupa el 31° lugar de la República Mexicana.

Otro factor que influye en la crítica situación prevaleciente en la educación de Michoacán, es el escaso equipamiento y la deficiente infraestructura escolar; existen escuelas que funcionan en condiciones precarias, con una tecnología educativa que presenta un rezago muy notorio. En el sistema educativo escolarizado de Michoacán, oficialmente se apoya la enseñanza de asignaturas relacionadas con el cuidado ambiental: Biología, Ciencias Naturales, Geografía, Historia, Química y Ecología, sin embargo los indicadores ambientales (rurales y urbanos) reflejan en parte la ineficiencia de los contenidos temáticos y/o los métodos pedagógicos que se emplean con los estudiantes de esta Entidad, que presenta una creciente fragmentación del hábitat, una disminución de la biodiversidad y un descenso generalizado en la calidad de vida de los pobladores de la Cuenca del Lago de Cuitzeo (CONABIO, 2005).

La Educación Ambiental (EA) es el proceso académico y cultural integrado en la formación humana desde su infancia, con el que se adquiere el conocimiento de la naturaleza, de la compleja relación sociedad-ambiente, para dar al estudiante una mejor comprensión de su entorno y emprender acciones para conservarlo. La EA formula materiales didácticos, de difusión, catálogos de información, acciones generadas a favor del ambiente, servicios de asesoría, asistencia técnica, de intercambio de información y organización de eventos, por lo cual se le considera una herramienta fundamental para atenuar los daños que principalmente las actividades antropogénicas, le han ocasionado al ambiente (Barraza, 1998).

CONCLUSIONES

El grave deterioro ambiental que presenta la Cuenca del Lago de Cuitzeo, justifica la implementación de un proyecto interdisciplinario, que incluya urgentes acciones específicas como: realizar un Ordenamiento Ecológico Territorial, resolver la contaminación química y microbiana de las aguas residuales utilizadas en la agricultura del Distrito de Riego Morelia-Queréndaro a través de la separación de las aguas negras y las pluviales que representan una valiosa fuente para el suministro municipal con agua de excelente calidad, la racionalización del uso de los recursos naturales de esta Cuenca: fundamentalmente los bosques, los pastos y el agua superficial y subterránea, así como un Programa Permanente de Educación Ambiental dirigido a estudiantes desde el nivel preescolar hasta el de licenciatura, a fin de consolidar la formación del alumno con base en valores, actitudes, percepciones y reflexión sobre la dualidad causa-efecto de los daños ocasionados al ambiente y las repercusiones en contra del ser humano, el principal depredador de su propio hábitat. Se recomienda la implementación del pago por servicios ambientales para mejorar la calidad de vida de la Cuenca.

LITERATURA CITADA

Barraza L., L. 1998. La escuela y el aprendizaje ambiental del niño. *El Correo del Maestro* 31: 40-44.

Buenrostro D., O. 2001. La generación de residuos sólidos urbanos en la Cuenca del Lago de Cuitzeo, México. Informe final. Proyecto financiado por el fondo para retener en México y repatriar investigadores mexicanos, con expediente N° 000323 del CONACYT, 36 pp.

Buenrostro D., O. e I. A. Israde. 2003. La gestión de los residuos sólidos municipales en la Cuenca del Lago de Cuitzeo, México. En: *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 19: 004. Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal, Méx. pp: 161-169.

Carrillo A., J.C.; L. Leal L., O. Buenrostro D., S. Cendejas H. y J. M. Sánchez-Yáñez. 2005. El reciclaje de los residuos sólidos plásticos como alternativa para mejorar la calidad ambiental en el Municipio de Morelia, Michoacán, México. Artículo de divulgación en-línea. <http://www.monografias.com>.

Comisión Forestal del Estado de Michoacán (COFOM). 1998. Dirección de Desarrollo Forestal. Registros Administrativos.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/ Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente (SUMA)/Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). 2005. La biodiversidad en Michoacán: Estudio de estado. Morelia, Michoacán. pp: 228-241.

Consejo Estatal de Ecología (COEECO). 2005. Consulta social para el ordenamiento territorial de la Cuenca del Lago de Cuitzeo.

Gómez-Tagle Ch., A. 2004. Distribución espacial de algunas propiedades ambientales edáficas asociadas a la estructura y productividad forestal en un bosque subtropical de afinidad templada en el eje neovolcánico transmexicano al sur de Morelia, Michoacán. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Biología. UMSNH.

Instituto Nacional de Ecología (INE). 2007. El cambio climático en México. Fuente de Internet: http://cambio_climatico.ine.gob.mx/sabycono/sabyconoporque.html

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2000. XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Resultados preliminares. México. 375 pp.

Mendoza, M.; E. López, y G. Bocco. 2001. Regionalización ecológica, conservación de recursos naturales y ordenamiento territorial en la Cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán. Resultados. Proyecto N° 98306024 del Sistema de Investigación SIMORELOS-CONACYT. Departamento de Ecología de los Recursos Naturales, Instituto de Ecología, UNAM. 266 p.

Mendoza, M.; O. Buenrostro D., y E. López G. 2005. Análisis comparativo de tres modelos de soporte de decisiones espaciales en la selección de sitios para rellenos sanitarios en la Cuenca del Lago de Cuitzeo. En: Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. 57: 21-38.

Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI). 1985. Relación de Normas Oficiales Mexicanas aprobadas por el Comité de Protección al Ambiente. Contaminación del suelo, México, 104 pp.

Senado de la República Mexicana. 2006. Gaceta Parlamentaria. Fuente de Internet: <http://www.senado.gob.mx/sgsp/gaceta/index2.php>.

Vargas U., G. 2008. Urbanización y configuración territorial en la región de Valladolid-Morelia 1541-1991. Gobierno del Estado de Michoacán/Secretaría de Cultura. pp: 51-68.

Vargas U., G.; J. O. García G., y C. Contreras B. 2000. Apuntes e indicadores para la historia ambiental del Estado de Michoacán. Centro de Investigaciones Económicas y Sociales. Escuela de Economía, Facultad de Biología/Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. pp: 93-95.

LUCHA Y ORGANIZACIÓN POR EL AGUA EN EL EJIDO DE SAN ANTONIO COAPA, MUNICIPIO DE MORELIA, MICHOACÁN: LA CONSTRUCCIÓN DEL CAPITAL SOCIAL EN TORNO A SUS RECURSOS.

María de la Luz Romero Valderrama

Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social. Juárez No 222, Col. Tlalpan, C.P. 14000 México, D.F., Delegación Tlalpan

lromero@ciesas.edu.mx

RESUMEN

El trabajo que a continuación se presenta aborda la importancia que tiene la conformación de capital social en torno a la organización para el manejo de los recursos agua y tierra en el ejido de San Antonio Coapa, municipio de Morelia, Michoacán, analizando en este proceso cómo los actores sociales han construido un tejido social y un marco normativo al interior del ejido, lo que les ha permitido adaptar y potenciar sus estrategias organizativas al entorno global, haciendo un uso adecuado de sus recursos no sólo para incursionar con nuevos cultivos, sin para preservarlos.

Palabras clave: Capital social, organización, instituciones locales

INTRODUCCIÓN

El trabajo que a continuación se presenta tiene como objetivo mostrar la importancia que tiene la conformación de capital social en todo proceso organizativo que emprende un grupo de personas para alcanzar objetivos concretos.

El estudio de caso que se presenta da cuenta del largo proceso histórico sobre el cual los habitantes del el ejido San Antonio Coapa, fueron acumulando un sólido capital social en torno a sus principales recursos, agua y tierra, para organizar su vida

productiva y comunitaria.

En éste, a través de diversos testimonios, se pretende reconstruir parte de la historia de la población de San Antonio Coapa, lo que significó para ésta luchar y organizarse para obtener tres pozos de agua, dos para riego y uno de agua potable, en un proceso que inició en 1931 cuando se conformó el ejido.

Durante un largo periodo que se caracterizó por la escasez del agua para sus cultivos, la población a través de sus representantes ejidales recurrieron a una serie de estrategias para obtener agua para el riego de sus parcelas: los convenios intercomunitarios y la utilización de fuentes de aguas alternas como ojos de agua y el río Tiripetío-San Juan, constituyeron por un par de décadas una salida para subsanar el problema; sin embargo la sobre explotación de los recursos, aguas arriba, de nueva cuenta perjudicaron a las comunidades del valle, entre ellas a San Antonio Coapa, teniendo que modificar sus estrategias organizativas y potenciar su capital social para emprender de nueva cuenta la lucha por el agua, ahora ante nuevos actores, el gobierno municipal y estatal.

A lo largo del trabajo se podrá observar cómo la lucha por sus recursos ha pasado por diversos procesos organizativos, los cuales se han visto permeados por el contexto global. El fenómeno migratorio, como resultado de éste, también se ha manifestado en la comunidad de diferente manera; sin embargo su capital social los ha llevado a conformar un tejido institucional que les ha permitido no sólo adaptarse a un entorno global y regional adverso, sino dar salida a diversos problemas en torno a los recursos agua y tierra, tanto dentro como fuera de la comunidad.

Esta experiencia puede ser un ejemplo del cómo a partir de potenciar un capital social, se puede construir un tejido institucional capaz de hacer un manejo racional de los recursos, sentando la base para su uso sustentable y con esto impulsar un desarrollo local-regional. También nos puede brindar un entendimiento del cómo se va conformando dicho tejido en una comunidad campesina donde la construcción de consensos, participación de los directamente involucrados, confianza, vida cotidiana, acuerdos y desacuerdos, forman parte de ese complejo entramado de relaciones. En este sentido un concepto clave es el de Capital Social ¿qué es el capital social y cuáles son los elementos que lo conforman?

De una década para acá, en diversos ámbitos hemos escuchado hablar sin duda, de "Capital Social" y éste se ha enmarcado en un contexto de "apertura democrática", de "ciudadanización", toma de consciencia y participación de los actores sociales, en distintas arenas. Por supuesto que ésta "apertura democrática" y participación ciudadana, tiene que ver con una serie de cambios estructurales en la dirección de la política no sólo nacional, sino mundial.

Sin embargo y aunque pareciera que el concepto de "capital social" es novedoso, éste tienen sus raíces en diversos estudios antropológicos de las décadas de los años 50 a los 70s y entre los estudiosos de este concepto se encuentran: Marcell Mauss (1950 en: Negrón, 2002), Coleman (1990), Putman (1993), coincidiendo en que la reciprocidad, confianza, ayuda mutua, solidaridad, compromiso, participación y capacidad de organización, son elementos constitutivos que observa el concepto. Estudios más recientes (Flores y Rello, 2002), analizan el capital social como "La capacidad colectiva de tomar decisiones y actuar conjuntamente para perseguir objetivos de beneficio común...", considerando que los elementos: reciprocidad, con-

fianza, ayuda mutua, que para los estudiosos de la década de los 50s, eran parte integral del concepto. Para Flores y Reyó, son atributos del capital social que no habría que confundir.

Ambos enfoques no se contraponen, sino se articulan y complementan, en este sentido se puede comprender el capital social como la capacidad que va construyendo un grupo de agentes sociales para alcanzar objetivos comunes, donde la reciprocidad, ayuda mutua, solidaridad, confianza son elementos indispensables que activan esa capacidad, por supuesto, estos elementos se ven reforzados por el compartir una historia común y una vida cotidiana en un mismo espacio.

Bajo este enfoque de mirar el "capital social" y comprenderlo como un proceso, se hace fundamental introducirnos en las entrañas mismas del concepto, lo que se logra revalorando los estudios de comunidad, haciendo una disección del concepto, para lo cual se haría necesario el análisis de la historia misma de la comunidad, los procesos sobre los cuales se han tejido un sin fin de historias individuales y colectivas que van aportando la sangre a ese tejido institucional que permite regular la vida en la comunidad.

Así entonces y aunque parezca tortuoso, se pasa a hacer la disección de la comunidad en tres planos. El primero, que sería el externo e inmediato como la piel, se anotan algunas de las condiciones actuales de San Antonio Coapa; a manera de contextualizar a la comunidad, ubicación, población, superficie, principales actividades, etc. En el segundo, se consignan algunos de sus procesos históricos, como la lucha por la tierra y el agua; y en el tercero, y ya tocando órganos vitales, esta historia se entrelaza con una serie de reglas que los actores fueron construyendo para normar su vida en la comunidad. Estas reglas, que implican historia, vida, acuerdos, confianza, reciprocidad, ayuda mutua, y que se concretizan en acciones colectivas, conforman la parte sustancial del "capital social".

CONDICIONES ACTUALES DE SAN ANTONIO COAPA

El Ejido de San Antonio Coapa

San Antonio Coapa es una de las 226 localidades que comprenden el municipio de Morelia en el estado de Michoacán. Si bien su centro de población es relativamente pequeño, cuenta con una amplia superficie de cultivo; 531 ha de las cuales 236 son de riego y 295 de agostadero, según los datos de la última resolución presidencial de 1933.

San Antonio Coapa está ubicado en un valle que se conforma por las siguientes comunidades: Ejido de Acuitzio, Tiripetío, Noriega, San Antonio Coapa, San Carlos, El Reparó, la Nueva Florida, Santiago Undameo.

Las localidades más cercanas y con las que colinda son San Carlos, Noriega, La Angostura y el municipio de Acuitzio y su población total es de 395 habitantes. Su población económicamente activa asciende a 103 trabajadores (INEGI, 2000).

De acuerdo a la información proporcionada por el comisariado ejidal, San Antonio Coapa está compuesto por 57 ejidatarios y 80 "libres". La población da éste nombre de "libres" a los hijos de ejidatarios que se han casado y viven en la comunidad, pueden vivir en el mismo predio del padre o bien como avecindados con algún familiar.

Lo importante de esta caracterización, libres y ejidatarios, es que permite diferenciar los derechos y obligaciones que tienen los miembros de la comunidad sobre los recursos agua y tierra, siendo esta caracterización parte del marco normativo construido por los miembros de la comunidad.

Actividades Económicas

Agricultura. La agricultura y la ganadería son las principales actividades productivas en San Antonio Coapa y ambas se encuentran estrechamente articuladas.

Los principales cultivos son el maíz, sorgo, janamargo, garbanzo y avena forrajera y el destino de la producción básicamente es para el autoconsumo. Otros cultivos que algunos campesinos han introducido desde hace cuatro años son la siembra de tomate de cáscara, cebolla, pepino y zanahoria.

En la posibilidad de experimentar con nuevos cultivos se conjugan una serie de elementos que sería importante resaltar. El primero, y tal vez el más importante, es que en San Antonio Coapa cuenta con tierra y agua suficiente para riego; el segundo factor radica en el elemento migratorio. La migración no sólo ha impedido que haya presión sobre los recursos agua-tierra, sino también entrada de dinero vía remesas, permite subsidiar las actividades productivas agrícolas-ganaderas. Un tercer elemento, también asociado a la migración, se encuentra presente en la elección del tipo de cultivo.

Es interesante observar que los productores que han experimentado con cultivos diferentes, como el tomate de cáscara, han trabajado en Estados Unidos (E.U.) por periodos prolongados y al decidir regresar a radicar a San Antonio Coapa ponen en práctica los conocimientos que han adquirido sobre procesos productivos diferentes, en este sentido, se sienten con mayor seguridad y capacidad para arriesgarse a competir en un mercado distinto.

Infraestructura hídrica. Actualmente San Antonio Coapa cuenta con dos pozos profundos para riego, denominados "Las Peñas" y "El Rodeo", ambos se encuentran en funcionamiento desde hace nueve y seis años respectivamente, y las obras se llevaron a cabo con la participación de la población, y los gobiernos estatal y municipal. También cuentan con un pozo profundo y un sistema de almacenamiento para abastecer de agua potable a la población. Esa obra tiene 15 años funcionando y de igual manera se realizó con la participación de la comunidad y de los gobiernos estatal y municipal.

La organización para el mantenimiento y distribución de agua, se lleva a cabo a través de tres comisiones especiales, una para el agua potable, y dos para el agua del riego; de esta manera las comisiones llevan el control y manejo del recurso hídrico.

Se podría decir que estas obras son la principal fuente de agua en la comunidad; Sin embargo, existen otras fuentes como son el río San Juan, la presa de la "Corucha" y seis manantiales u ojos de agua, de los cuales la población hizo uso durante varias décadas para solucionar sus principales necesidades.

Otra obra que tiene gran importancia en San Antonio Coapa, es la planta tratadora de aguas residuales, la cual está en funcionamiento desde hace dos años y fue financiada prácticamente por los gobiernos estatal y municipal. Es importante

mencionar que en la región sólo hay dos plantas de esta naturaleza, una en Acuitzio y la de San Antonio Coapa. La principal función de estas plantas es tratar las aguas negras que descargan las comunidades al río San Juan, a fin de que éstas lleguen tratadas a la presa de Cointzio, cuerpo de agua que recibe todos los afluentes de las comunidades que se encuentran en el valle para abastecer de agua a la zona urbana de Morelia.

Estructura político-administrativa. La estructura político administrativa del ejido San Antonio Coapa está compuesta por el comisariado ejidal, su suplente y un secretario; Consejo de Vigilancia, compuesto por el presidente y dos suplentes; Encargado del orden, un tesorero y dos vocales. Todos los cargos son nombrados en la asamblea general- máxima autoridad política- a través del voto directo de los ejidatarios. La gestión de la mesa directiva nombrada dura tres años.

Esta estructura no ha cambiado desde que San Antonio Coapa se constituyó como ejido en 1931. Es importante mencionar que solamente los ejidatarios pueden ocupar un cargo en esta estructura.

Los cargos y las actividades son diversas y lo interesante de éstas es anotar que en todas ellas hay un elevado nivel de participación de la población, a través de la Asamblea General, máximo órgano en la toma de decisiones, donde no sólo se discuten y acuerdan las actividades a realizar para beneficio de la comunidad, sino además se han conformado una serie de mecanismos de control, como la supervisión y el cobro de multas, para quienes no participan.

En la comunidad se dan dos niveles de organización; uno que sólo compete a los ejidatarios y que tiene que ver con los asuntos relacionados a los dos principales recursos agua de riego y tierra; y el otro nivel organizativo, en el que participan ejidatarios y "libres", y se encamina hacia el logro de objetivos comunes para el beneficio de toda la comunidad.

Como se ha podido observar hasta esta parte de la exposición, San Antonio Coapa podríamos decir que tiene un alto nivel organizativo que se hace manifiesto a través de la forma en la que se ha estructurado internamente, permitiendo potenciar sus recursos humanos para construir una estructura horizontal en la cual se distribuye el poder y la toma de decisiones, lo que ha permitido resolver diferencias internas antes de convertirse en conflictos insalvables que fracturen la organización interna. Asimismo esta capacidad organizativa ha permitido llevar a buen puerto los objetivos que se han trazado, tales como la gestión para la construcción de los pozos de agua, lo que genera confianza, certidumbre y sobre todo fortalece su capital social y su tejido institucional.

Pero esta situación no podría comprenderse sin tomar en cuenta el contexto en el cual se fue construyendo ese capital social.

ANTECEDENTES DEL EJIDO. LA LUCHA POR LA TIERRA

Don Ignacio recuerda que a finales de los años 20's, la gente que vivía en la hacienda San Antonio Coapa comenzó a escuchar "que había un mandato del gobierno que estaban expropiando las Haciendas" y la gente comenzó a organizarse "...hacían sus reuniones en la noche a escondidas, ahí por las orillas del monte pa' que el patrón no

se diera cuenta”. Toda la gente participaba en las reuniones, se formaban comisiones para ir a Morelia a hacer trámites ante el departamento Agrario, “era un ir y venir, a veces se llevaban todo el día porque se iba uno caminando de aquí hasta Morelia y ya se llegaba hasta el otro día y así fue mucho tiempo porque a las comisiones les estaban dando atole con el dedo no mas engañándolos, engañándolos porque recibían dinero del patrón, del hacendao pa’ que no les quitaran lo suyo, pero tuvo que llegarse el día porque eso ya estaba en la Constitución...en ese entonces todos los ranchos andaban en busca de tierra para ejido, y cuando solicitaban tierras en sus lugares de origen y no se les daba buscaban en las comunidades cercanas para solicitarlas”. Toda la gente participaba en las reuniones, se formaban comisiones para ir a Morelia a hacer trámites ante el departamento Agrario, “era un ir y venir, a veces se llevaban todo el día porque se iba uno caminando de aquí hasta Morelia y ya se llegaba hasta el otro día y así fue mucho tiempo porque a las comisiones les estaban dando atole con el dedo no mas engañándolos, engañándolos porque recibían dinero del patrón, del hacendao pa’ que no les quitaran lo suyo, pero tuvo que llegarse el día porque eso ya estaba en la Constitución...en ese entonces todos los ranchos andaban en busca de tierra para ejido, y cuando solicitaban tierras en sus lugares de origen y no se les daba buscaban en las comunidades cercanas para solicitarlas”.¹

Esta situación acarreó problemas entre los mismos solicitantes de tierra, en San Antonio Coapa, por ejemplo, se tuvieron conflictos fuertes con las comunidades de Noriega y San Carlos, ya que estas tres comunidades habían solicitado se afectara a la misma hacienda de San Antonio Coapa.

Ante las distintas solicitudes de tierra por parte de otros pobladores, las familias que vivían en San Antonio Coapa consideraba que “ellos tenían más derecho” y por ello defendieron las tierras que consideraban “les pertenecían”; sin embargo ante los requerimientos para dotarles de tierra se enfrentaron a un problema, necesitaban gente para cubrir el número de acreditados, por ello se aliaron a un grupo de familias que vivían en un predio colindante denominado “Los Hoyos”², y de ésta manera completaron el grupo de solicitantes.

La dotación de ejido para los 57 capacitados realmente llevó poco tiempo, pues la solicitud oficial se hizo a través de un escrito de fecha 3 de enero de 1930 y para el 19 de agosto de 1931 se dictó la resolución a favor de los solicitantes dotándolos de 426 hectáreas. Las tierras que se otorgaron fueron: 180 ha de terrenos de riego, 54 ha de temporal de primera y 192 ha de pastales.

Don Ignacio recuerda que la dotación se hizo en 2 partes ya que “el hacendao hizo unas maniobras convenencieras con el ingeniero que vino a dar la tierra definitiva y se suspendió...y luego como que le rogaron pa’ que no le quitaran todo a la hacienda, que les dejaran una franja...todo fue de conveniencia propia de acuerdo al hacendao”.³

Así, la dotación del ejido había dejado 2 franjas de tierra pendientes que habían quedado fuera del decreto. Esta situación acarreo conflictos fuertes con otras comunidades ya que al saber que aún había tierra para solicitar intentaron invadir las

¹Entrevista a Don Ignacio, 2005

² Los Hoyos era un pequeño predio que era parte de la hacienda de San Antonio Coapa; en éste vivían alrededor de 8 familias que trabajaban en el cultivo de un pasto para el alimento del ganado de los hacendados de San Antonio Coapa. La población de San Antonio Coapa los consideró para integrarse al grupo del ejido ya que también eran trabajadores de la hacienda con los que tenían cierta cercanía.

³ Entrevista a Don Ignacio, 2005

tierras en San Antonio Coapa, "...en esa época los de Noriega se quisieron meter a la fuerza pero entonces el rancho se opuso...entonces nos fuimos y los esperamos ahí en el ríofue necesario que nos opusimos con piedras y con leños y ya no los dejamos entrar y hasta con el ingeniero rebotaron pa' tras...la gente se tuvo que bajar y se puso la escuela provisional en esa franja que quedó en medio de la comunidad pa' que no se metieran..."⁴

Dados los conflictos que se tenían con otras comunidades y la lucha que dio la población de San Antonio Coapa por la tierra, se modificó la resolución de 1931 y para el 4 de agosto de 1933 se da una nueva resolución presidencial, rectificando la cantidad de tierra que se les había dotado en la primera resolución. Así de 426 ha que les habían dado, se les otorgaron 105 hectáreas más para completar las 531 de las cuales 236 se estipulaban como de riego y 295 de agostadero para cría de ganado.⁵

La lucha por la tierra fue "acuerpando" a la población generando nuevas formas de organización, y si bien con la conformación oficial del ejido la reglamentación agraria preveía una determinada forma de organización que contemplaba las asambleas, los ejidatarios sólo cumplían el requisito formal y más bien fueron construyendo sus propias normas internas. "...aquí hay un reglamento que trajeron los de la reforma agraria, pero nunca se ha hecho caso, aquí nos manejamos con la palabra..."⁶

Con la entrega de tierras al ejido, éste comenzó a organizar las asambleas, al parecer, según los testimonios comenzaron a hacerse cada 15 días y se realizaban por las noches, la asamblea general así, se constituyó en el máximo órgano de toma de decisiones para los pobladores, en ella se reglamentaba la asistencia, se acordaban sanciones, y se organizaba la vida productiva y el manejo de los recursos.

Como se puede observar, a través de este proceso histórico la comunidad de San Antonio Coapa no sólo fue organizándose para alcanzar objetivos muy concretos, -en esta primera fase del proceso la lucha por la tierra fue central- sino que fueron instrumentando los mecanismos que les permitirían garantizar la formación de su capital social y la construcción de su tejido institucional.

TEJIENDO LAS REGLAS DEL JUEGO

Los Recursos Significativos en San Antonio Coapa. Agua y Tierra.

Para el naciente ejido de San Antonio Coapa, una de las tareas primordiales fue la organización y construcción de un marco institucional para regular el manejo de los principales recursos, agua y tierra.

De acuerdo con los testimonios, uno de los principales problemas a resolver fue el del agua ya que cuando comenzó la organización para constituirse como ejido a finales de la década de los 20, la hacienda de San Antonio Coapa descuidó el mantenimiento de las obras hidráulicas, ocasionando graves perjuicios al naciente ejido.

Por ello uno de los principales objetivos para los ejidatarios de San Antonio Coapa fue organizar la limpieza de vallados. En esta tarea tenían que participar todos los ejidatarios y los nacientes ejidos que compartían los drenes; para ello, se organizaban

4 Entrevista a Don Gregorio, 2005

5 Información obtenida en los archivos del Registro Público de Derechos de Agua, CNA, 2005

6 Entrevista a David Arroyo, 2005.

comisiones y se distribuían los tramos que le correspondía limpiar anualmente a cada ejido, para evitar las inundaciones.

Esta situación se prolongó por varios años hasta 1943, cuando finalmente se construyó el río San Juan con dos ramales o brazos, uno en Acuitzio y el otro en Lagunillas para recibir las aguas broncas que bajaban del cerro de la Nieve, y de todas las comunidades que se encuentran en su paso hasta su descarga final en la presa de Cointzio.

La construcción de este río se tuvo que hacer con la participación de las distintas comunidades que se veían afectadas por las inundaciones; inclusive, según los testimonios, se organizó en Tiripetío un grupo de mujeres conocido con el nombre de “La Liga Femenina” que formaron cuadrillas para trabajar a la par que los hombres.

Otra tarea paralela fue negociar con el municipio de Acuitzio la dotación de agua de riego para el ejido. Este acuerdo permitió que el ejido garantizara la obtención del agua a cambio de la limpieza de un tramo de canal que venía de Acuitzio hacia San Antonio Coapa.

Mientras duró el acuerdo, la población de San Antonio Coapa organizó su riego bajo las limitaciones que les imponían las autoridades de Acuitzio, -de proporcionarles agua sólo en el mes de mayo- de esta manera la mitad del ejido regaba un año y la otra mitad otro año, alcanzando apenas a levantar una cosecha de maíz, situación que desmotivaba a los campesinos.

No hay un dato preciso de los años que duró este acuerdo, pues según los testimonios, se menciona que Acuitzio les pasó agua aproximadamente durante 10 años; es decir, de 1935 a 1945, hasta que finalmente se las retiraron.

Al parecer la decisión de retirar el agua al ejido de San Antonio Coapa se tomó debido a que la formación de nuevos ranchos en el municipio de Acuitzio estaba generando una mayor demanda del líquido, por lo que el agua se retenía en la parte alta y cada vez fluía menos a la parte baja, es decir hacia donde estaba el ejido de san Antonio Coapa.⁷

La disminución del agua que afectó no sólo a San Antonio Coapa, sino a varias comunidades que conforman el valle, habría que relacionarlo no sólo con el incremento poblacional y una mayor demanda del líquido en el municipio, sino también con la explotación intensiva de los bosques que se encuentran en la región.

La Sobre-Explotación de los Recursos Aguas Arriba

De acuerdo a los testimonios, en la región hay varios cerros en los que se explotaba el bosque, entre ellos, el cerro de la Nieve, del Zopilote, La Huizata, cerro del Agua Fría, cerro de Guadalupe o Viejo, cerro de la Laguna Seca y cerro del Tiripulhi.⁸

En 1928 se instalaron varios aserraderos en distintas comunidades, entre ellas San Andrés, Acuitzio y Villa Madero, éstos dos últimos los más grandes. Al parecer este era un negocio que tenía la hacienda de Coapa, ya que se menciona que la madera que se extraía de los bosques la llevaban a la estación de Coapa y de ahí la embarcaban por ferrocarril.

Los aserraderos duraron explotando la madera 20 años; es decir, hasta 1948 aproximadamente “cuando se acabaron el monte Viejo”, (o cerro de Guadalupe). De

⁷ Entrevista con el Director de Aguas del Municipio de Acuitzio, 2005.

⁸ Estos son los nombres con los que varios entrevistados identifican los cerros.

igual manera en Villa Madero el dueño de una hacienda explotó indiscriminadamente el cerro del Guajolote.

En este sentido, el agotamiento del recurso hídrico coincide con la explotación indiscriminada de los bosques durante dos décadas consecutivas, además, como ya se mencionó, con el crecimiento poblacional y las implicaciones que esto conlleva: una mayor presión sobre el recurso hídrico.

En Busca de Nuevas Fuentes de Agua

De esta manera, San Antonio Coapa, al ver que el acuerdo de agua que tenían con Acuitzio no permitía asegurar las cosechas, la mesa directiva, encabezada por el comisariado ejidal y el encargado del orden, se dieron a la tarea de buscar nuevos acuerdos con otras comunidades para abastecerse de agua, "ese fue un acuerdo de asamblea, porque sólo alcanzaban a regar como 10 o 15 parcelas, ya era puro temporal con el que nos manteníamos, ahí a penas para ir a pasando, ni comida para nuestros animales había..."⁹

Un nuevo arreglo intercomunitario se dio entre los ejidos de San Antonio Coapa y San Carlos. El acuerdo consistía en que el ejido de San Antonio Coapa podría utilizar el agua de la presa de Umécuaro, a cambio de la limpieza de un canal.¹⁰

La población aceptó este nuevo acuerdo y anualmente se realizaba el trabajo de limpieza y mantenimiento de un canal que colindaba con el ejido de San Carlos. Toda la gente participaba en las faenas y la forma de distribución del agua se hizo de la misma manera que del lado de Acuitzio, es decir, en asamblea se acordaba por donde comenzaría el riego y hasta donde alcanzara la gente a regar, y para el año siguiente se regaba la parte faltante de las parcelas, "esto se veía en asamblea, ahí se acordaba a quienes nos tocaba regar...el comisariado y el encargado de la vigilancia eran los que llevaban esas pláticas con los de San Carlos y los de Acuitzio...la gente ya estaba acostumbrada a que tenía que esperar que la otra labrara la tierra, era costumbre que se acordó desde que se formó el ejido..."¹¹

Con los nuevos acuerdos entre los ejidos de San Carlos y San Antonio Coapa se pudo contener por un tiempo la escasez del agua, ya que de Acuitzio recibían una parte de agua, con la cual regaban el potrero denominado La Jara, y por parte de San Carlos se alcanzaban a regar los potreros de San José y la Media Luna; sin embargo esta dotación de agua era insuficiente y sólo alcanzaba para levantar una cosecha al año.

En 1956 la presa de Umécuaro se revienta y ante esta situación el ejido de San Carlos dejó de pasar agua al ejido de San Antonio; así, las tierras que en un tiempo habían tenido poca agua para el riego, pasaron a hacer de temporal, "...primero nos quitaron el agua de Acuitzio y luego cuando se reventó la presa como por el 55 o 56, no me acuerdo bien, también nos quitaron el agua que nos daba San Carlos, la cosa es que tuvimos ya que estar con puro temporal...a los animales los teníamos que llevar al río para que tomaran agua, y lo que nos hizo fuerte fueron los pozos que

9 Entrevista a Ignacio González, 2005

10 El ejido de San Carlos tenía acceso al agua de la presa de Umécuaro a través del río Tirio. El acuerdo con el ejido de San Antonio Coapa fue en el sentido de que pudieran usar el agua del río Tirio, que atraviesa el ejido de San Carlos, a cambio de la limpieza de un canal. Estos acuerdos eran muy frecuentes, ya que en época de lluvia, las aguas torrenciales se desbordaban e inundaban las tierras de labor, por ello resultaba muy importante dar mantenimiento a los canales.

11 Entrevista a Melitón Cortés, 2005

teníamos porque de ahí agarrábamos para la casa...”¹²

Por supuesto que estos acuerdos no estuvieron libres de conflictos ya que según los testimonios, conforme fue acentuándose el problema de la escasez del agua para el riego, fue más frecuente el problema de robo de agua, acarreado conflictos entre ejidatarios, aunque se menciona en los testimonios que por lo general siempre se arreglaban “con palabras”, por supuesto, con la mediación de las autoridades ejidales.

Es decir la distribución del recurso no estaba exenta de conflictos, sin embargo existían los mecanismos para controlar esta situación. La asamblea era un foro en el que se discutían este tipo de conflictos y si no era posible que se llegara a un acuerdo se encontraba la tenencia de Tiripetío, a la cual pertenece San Antonio Coapa. Por lo general, a excepción de un caso en que hubo un herido de bala, los conflictos se resolvían internamente.

El Uso de Fuentes de Agua Alternas como Estrategia

Con la retirada de las dos principales fuentes de agua para el riego, la población de San Antonio Coapa tuvo que recurrir a la utilización de otras fuentes de agua para solucionar el problema. Una fuente que tenían era las aguas del río San Juan, con ésta se regaban los predios que estaban cercanos al río.

Otra fuente de agua utilizada fue una pequeña presa llamada “La Corucha” que se encuentra ubicada en los límites de los ejidos de San Carlos y San Antonio Coapa y se alimenta de un nacimiento de agua que hay en ese predio, pero de igual manera, sólo la aprovechaban algunas familias, las que tenían sus tierras de labor cercanas a la presa.

Otras fuentes de agua que fueron muy importantes durante estos años, fueron la utilización de pozos artesianos, de aproximadamente 15 metros de profundidad que la población había perforado desde décadas atrás para abastecerse de agua y usarla para el servicio doméstico, riego de huertas familiares y para dar de beber a sus animales.

De acuerdo a los testimonios, en San Antonio Coapa había seis ojos de agua o pozos, como les nombran, llamados La Noria, La Tepusa, El Ojo de Agua, El Pozo del Venado, Rosa de Castilla, Las Charandas.

De acuerdo a los testimonios, de la década de los 60 hasta prácticamente entrada la década de los 90, cuando las tierras quedaron como de temporal, la población resolvió sus necesidades de agua a través de fuentes alternas: los ojos de agua, el río San Juan y la presa de la Corucha.

Durante ese periodo la población de San Antonio Coapa trabajó constantemente en la limpieza de los ojos de agua, los “desazolvaban”, algunos los hicieron más profundos, en otros construyeron alguna obra para retener el agua y almacenarla, como el nacimiento de agua en el predio “La Corucha”. Es decir, realizaron obras para mantener y administrar mejor la poca agua que tenían. Lo que nos habla de un elevado nivel de participación y un muy claro marco normativo para regular el acceso, distribución y uso del recurso hídrico.

No hay un registro exacto de la fecha en la que el predio de “La Corucha” fue comprado por una persona de Acuitzio, quien inmediatamente mandó a tirar la presa

¹² Entrevista a David Arroyo, comisariado ejidal, en aquel año.

construida de piedra e hizo una obra más acabada a base de cemento, también puso una malla para que la gente ya no pudiera tomar agua de la presa. Esta situación perjudicó a la comunidad de San Antonio Coapa ya que ésta era una fuente de agua muy importante, no sólo para regar una parte de las parcelas o como bebedero del ganado, sino para el uso doméstico de las familias.

Abrumados por esta situación, la población vio la necesidad de buscar otra alternativa para obtener el recurso, vía gobierno municipal. Con esto se entraba a una nueva fase en el proceso de organización del ejido de San Antonio Coapa, ya que anteriormente el tipo de arreglos para solucionar sus problemas habían sido más bien a nivel interno e intercomunitario, ahora aprovechaban todo su capital social, su marco institucional, experiencias y conocimiento en la organización y manejo del agua, para negociar ante un nuevo actor, el gobierno municipal.

El Agua y su Marco Institucional

Como se ha podido ver, el agua en San Antonio Coapa, es el recurso que ha través de su historia ha implicado una mayor organización para su control y manejo, por lo tanto, la normatividad para su uso se ha tenido que ir modificando, adaptándose a las condiciones que ha ido enfrentando el ejido. Un factor que jugó un papel muy importante en sus estrategias organizativas, fue el fenómeno migratorio.

A mediados de la década de los 80, y como resultado de la crisis que estaba viviendo el país, San Antonio Coapa experimentó un incremento en el número de personas que salían a “buscar surte” hacia E.U., pero no sólo eso, sino también hubo un cambio en el patrón migratorio. Si bien anteriormente, sólo salía el jefe de familia, ahora también salían los hijos de entre 19 y 20 años. Esto impactó directamente en la estructura organizativa de la comunidad, por lo cual se tuvo que modificar el marco normativo que estructuraba el trabajo comunitario.

Mientras que en una primera fase organizativa, que podríamos periodizar a partir de que se forma el ejido y hasta principios de la década de los 80, una característica fue que se contaba con suficiente fuerza de trabajo de ejidatarios y “libres” para realizar todas las labores colectivas que se acordaban en asamblea, y estas eran cumplidas sin necesidad de que mediara una sanción; sin embargo, para finales de los años 80 se tuvo que implementar la sanción económica.

De acuerdo a los testimonios durante la década de los 80 se acordó en asamblea cobrar una multa de \$10.00 a los ejidatarios que faltaran a las asambleas, ya que éstas eran obligatorias; de igual manera había una multa económica para quienes no cumplieran con alguna tarea acordada, multa que fue incrementándose con el tiempo.

El incremento en la multa coincide con la salida cada vez mayor de gente a E.U. por lo que la regla se tuvo que adaptar a las nuevas condiciones de San Antonio Coapa, teniendo que delimitar más claramente los derechos y las obligaciones para los dos grupos de productores en la comunidad, ejidatarios y “libres”, y las reglas del juego para ambos.

LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

Adaptando las Reglas del Juego

Como ya se mencionó, la asamblea general es obligatoria para todos los ejidatarios sin embargo, para el caso de los migrantes, éstos pueden pagar sus multas por inasistencia a las asambleas o faenas. En estos casos hay flexibilidad, ya que se permite hacer los pagos cuando llegan en el mes de diciembre, o bien mandar el dinero a través de las esposas. Para el caso de los ejidatarios que se encuentran en la comunidad, la regla tiene su grado de flexibilidad ya que pueden dejar de asistir a las asambleas, sin el cobro de la multa, aquellos ejidatarios que faltaran por alguna razón “de fuerza mayor” como un sepelio, enfermedad, o que tuvieran que regar sus parcelas, previo aviso al comisariado ejidal.¹³

Otra norma que se tuvo que modificar fue la periodicidad en los cargos, ya que antes las comisiones o la mesa directiva tenían muy claramente establecidos los periodos de gestión, sin embargo a partir de finales de los años 80 los cargos de las distintas comisiones, a excepción de la mesa directiva ejidal, pueden durar varios años “hasta que aguanten”.

Con la migración y el cobro de multas se hizo necesario introducir una nueva norma, la obligación de los representantes a dar información en las asambleas sobre el dinero que ingresaba y los gastos efectuados; de esta manera se daba certidumbre confianza a la población, sobre el destino de los recursos económicos que entraban. En este sentido, la asamblea se constituyó en un foro de participación que permitía una mayor solidez al tejido institucional.

Sin los cambios realizados en las reglas del juego a mediados de los años 80, que implicaron en gran medida sustituir la fuerza de trabajo de quienes migraban hacia E.U., por recursos económicos (vía remesas), que se tradujeron en cobro de multas, y cooperaciones para realizar diversas obras en la comunidad, entre ellas el pago para la introducción del sistema de agua potable y riego, hubiera sido muy difícil que el ejido de San Antonio Coapa gestionara ante el gobierno municipal la perforación de pozos para solucionar su problema del agua.

El Pozo para el Agua Potable

A finales de los años 80's la mesa directiva planteó en la asamblea la necesidad de solicitar la construcción de un pozo para el agua potable, propuesta que fue apoyada por la comunidad y se inició el proceso de gestión con la solicitud formal ante las autoridades municipales en 1988. El trámite les llevó dos años y durante este tiempo la mesa directiva era la encargada de ir constantemente a Morelia para dar seguimiento a su solicitud, “...toda la mesa directiva se turnaba para ir a las comisiones, el consejo de vigilancia, los vocales, el comisariado, todos iban a veces hasta dos veces por semana, así fue por dos años hasta que nos aprobaron la solicitud...”¹⁴. La obra tiene 15 años y se inició con 64 tomas de agua, mismas que han aumentando por el incremento de la población de San Antonio Coapa.

Con la introducción del agua potable se fueron modificando las reglas internas para la organización del recurso. Quedaba claro que en la utilización de este recurso no

13 Entrevista Margarita Villa, 2005

14 Entrevista a Artemio Bedoya, encargado de la distribución de agua potable, 2006

se podían hacer distinciones entre ejidatarios y “libres”, por lo tanto el mantenimiento del sistema tenía que correr por cuenta de todas las familias del ejido de San Antonio Coapa.

Organización para el Acceso al Agua Potable

En asamblea general se tomaron varios acuerdos en torno a la organización del pozo de agua potable, entre éstos: nombrar una comisión que estaría integrada por un presidente, tesorero, secretario y dos vocales; nombrar un responsable que se encargaría de la distribución del líquido al cual se le pagaría un sueldo que saldría de la cuota obligatoria de \$20.00 mensuales por familia beneficiada; también se acordó que en los casos de que hubiera necesidad de algún arreglo en el sistema, todas las familias tendrían que cooperar económicamente.

El aguador, es la figura más importante ya que es quien controla la distribución del agua para todas las familias y vigila su uso adecuado y si bien podría decirse que tiene cierta autonomía, la misma población vigila su trabajo y cualquier irregularidad se trata en Asamblea a fin de darle solución.

Distribución del Agua Potable

Desde que entró en funcionamiento el sistema de agua potable se acordó en asamblea que su distribución sería mediante el tandeo, este acuerdo se tomó para que las familias no “desperdiciaran el agua” y se economizara en el pago del recibo de luz.

En este sentido el asentamiento urbano se dividió en cuatro secciones y el sistema está organizado de tal manera que el agua se distribuya por secciones. Hay dos secciones se encuentran ubicadas en una parte alta, por lo que la distribución del agua no es igual. Para estos casos la regla de las horas estipuladas para la distribución del agua se hace flexible a fin de evitar inconformidades. Sin embargo, si el aguador observa que el agua se está desperdiciando, para el siguiente tandeo sólo dejará pasar el agua por el tiempo estipulado, y si hay alguna reclamación por parte de las familias, éste les dará las razones del porqué no les prolonga más tiempo, siendo una especie de sanción para que la gente “economie mejor el líquido”, “...cuando les llamo la atención de que están tirando el agua, la gente me hace caso porque es conciente de la necesidad que hay de cuidar el agua”.¹⁵

La Gestión para los Pozos del Riego

La autorización de los pozos para riego en San Antonio Coapa no fue resultado únicamente de su capacidad organizativa y la solidez de su tejido institucional, sino del contexto de ajustes estructurales y apertura del mercado. En este sentido era fundamental “inyectar agua” a las tierras, a fin de que éstas pudieran ser productivas, y atractivas al capital privado. No es extraño entonces que durante la década de los 90's la autorización para la construcción de dos pozos de riego viniera aparejada con el ingreso de San Antonio Coapa al PROCEDA.

En 1994 la mesa directiva ingresó ante la Comisión Nacional del Agua una nueva solicitud pero ahora para la perforación de dos pozos para riego. Esta fue dictaminada

¹⁵ Entrevista a Artemio Bedoya, aguador, 2006

favorablemente y para el 12 de diciembre de 1997 se autorizó la perforación de un pozo para uso agrícola en el predio denominado “La Joya”, con un volumen a explotar de 336 mil m³ anuales, beneficiándose 56 hectáreas.¹⁶

La obra fue financiada por el gobierno de estado y gobierno municipal, quienes autorizaron asesoría, maquinaria, equipo y todo el sistema de red; la comunidad aportó mano de obra y una parte del costo total del sistema. La parte económica se fue pagando con cuotas que ascendieron a \$30,000.00 por familia. El Pozo de “Las Peñas” tiene ocho años en funcionamiento y beneficia a 26 ejidatarios, dos quedaron fuera por no cubrir las cooperaciones.

Tres años después de que el pozo de “Las Peñas” había entrado en funcionamiento, se concluyó la perforación del segundo pozo “El Rodeo”. Las tareas que se llevaron a cabo se realizaron de igual manera que con el pozo de “Las Peñas”; es decir, trabajaron en faenas, organizándose grupos de varios ejidatarios.

Organización para el Agua de Riego

Las reglas del juego cambian en el caso de la organización para el agua de riego, ya que este derecho va ligado a la tierra; sólo pueden acceder al riego los ejidatarios y no sólo eso, sino que además hayan participado con trabajo y cooperaciones durante las gestiones para la perforación de los pozos.

Los ejidatarios de San Antonio Coapa están organizados en comités por pozo, por lo tanto hay uno para el pozo “Las Peñas” y otro para “El Rodeo”. La superficie de labor queda dividida a la mitad por la forma en que están dispuestos los pozos.

Los grupos de cada pozo de riego están compuestos por un presidente, secretario, tesorero y dos vocales. El nombramiento de los representantes los comités se da en asamblea general y aunque si bien cada grupo es “independiente” en cuanto a la forma de trabajar, las decisiones que se consideran competen a la comunidad, se toman en la asamblea. La duración en los cargos de estos comités puede variar, ya que no está estipulado el periodo que deban durar; depende de los propios representantes el tiempo que deseen estar al frente del cargo.

Es muy importante la percepción que los representantes tienen en torno al cargo y al recurso ya que si bien son cargos que los distraen de sus actividades productivas y personales, consideran que es un bien “servir a la comunidad” con el recurso y cuidar que no se haga mal uso de éste, ya que es “un patrimonio del grupo para las generaciones que vienen la gente es muy celosa del uso del agua y no quieren desperdiciarla por eso todos vigilan y se llama la atención a quienes la desperdician”.¹⁷

Es importante mencionar que desde que se encuentran en funcionamiento los pozos, “no se ha requerido apoyo del gobierno” y más bien el grupo de regantes resuelven internamente los problemas que se presentan. Esta situación, responde en mucho a la percepción que se tiene del recurso, ya que lo consideran “propio”, un “patrimonio de la comunidad” y se tiene la idea de que si el gobierno interviene éste podría modificar los acuerdos sobre los que ellos manejan el recurso.

¹⁶ Registro Público de Derechos de Aguas, expediente del ejido de San Antonio Coapa.

¹⁷ Entrevista a Ignacio Bruno, presidente del pozo de riego “Las Peñas” desde hace 8 años, 2005.

Distribución del Agua de Riego

La asamblea anual se llevan a cabo en el mes de febrero y es para organizar el riego, ya que si bien no hay límites en cuanto a la cantidad de agua que cada ejidatario necesite, a partir del mes de marzo y hasta el mes de mayo, los ejidatarios acuden con el presidente del pozo para anotarse en una lista de solicitudes de riego. En la asamblea se organiza la manera en que se distribuirá el riego, se define a partir de qué lado se comenzará a regar y el orden que tendrá de acuerdo al listado.

Cuando le toca el riego a algún ejidatario, éste debe avisar al presidente para que abra las válvulas y anote las horas en que comienza y termina el riego. Este registro es importante ya que el pago que haga el ejidatario por concepto de recibo de luz, será proporcional con las horas de riego que hayan realizado.

Una forma de flexibilizar la regla sobre la distribución de agua es atender los "casos especiales" por ejemplo, en el caso de algún ejidatario que tiene un cultivo que requiere agua para que no se pierda y en la lista de la distribución de agua aún no le toca, entonces se le "presta el agua para que se recupere", "...si hay una apuración de alguien que necesita agua para que no se le eche a perder su siembrita, entonces se le ayuda a esa persona prestándole el agua para que se recupere, ese es un acuerdo del grupo que se dio en la asamblea...son casos especiales..."¹⁸.

Tal vez una frase que puede sintetizar la importancia que tuvo para San Antonio Coapa la gestión del recurso hídrico es la siguiente "...el agua hizo que hubiera más organización, porque trajo más vida a la comunidad...el agua es la que une a la gente, sin agua no se hace nada..."¹⁹.

La población de San Antonio Coapa tiene claro lo que implicó vivir negociando con otras comunidades una parte de agua para poder sacar una cosecha al año, y posteriormente, con la escasez del recurso sembrar sólo con temporal más de 30 años; por ello hay una conciencia del cuidado de los pozos para el agua de riego, ya que los consideran "un patrimonio del grupo".

COMENTARIOS FINALES

San Antonio Coapa pasó por un largo proceso de lucha y organización de sus habitantes en torno al agua. En este proceso se fue construyendo y acumulando un importante capital social, resultado de varios elementos que se conjugaron: compartir y defender no sólo un espacio territorial, sino una historia y una vida en comunidad, lo que implicó confianza, ayuda mutua, reciprocidad entre sus miembros, lo que permitió la formación de un tejido institucional en torno al recurso hídrico, adaptando en cada momento sus estrategias de organización a los distintos momentos y tener la capacidad de negociación y defensa del recurso ante nuevos actores, situación que no hubiera sido posible sin contar con una sólida institución local que desde un inicio definiera de manera clara las reglas del juego entre los miembros, así, la información, comunicación, participación, supervisión y aplicación de un sistema de sanciones, que permean la vida en comunidad de San Antonio Coapa.

Un primer acierto fue la definición de los derechos de propiedad, y de esta manera hacer clara la distinción entre ejidatarios y "libres" ya que ésta definición dejó

18 Entrevista a Juan Cortés, 2005

19 Entrevista a Gabino Flores, presidente del pozo del "Rodeo", 2005

en claro los derechos y obligaciones de cada miembro del grupo.

El contar con un foro para la resolución de los conflictos también ha sido clave, ya que la Asamblea General permite, no sólo la participación de los miembros del grupo y la distribución del poder, sino también permite el flujo de información, elemento sustancial para que haya certidumbre entre los miembros y con esto se genere confianza y se fortalezca su tejido institucional.

Sin lugar a duda, tanto la flexibilidad en las reglas del juego, así como los mecanismos de sanción utilizados han permitido diluir fricciones entre los miembros, evitando recurrir a instancias del gobierno municipal y de esta manera resolver internamente posibles conflictos.

Otro aspecto importante a resaltar de San Antonio Coapa, es la percepción colectiva que se tiene del recurso, considerándolo como un “patrimonio del grupo” en este sentido hay un claro compromiso no sólo de evitar hacer un mal uso del agua, sino de preservarlo para las futuras generaciones. Bajo este lineamiento han estado dispuestos a sacrificar beneficios económicos, pensando en invertir hacia un futuro para el bienestar de sus familias²⁰. Esta posición ha sido clara ante las diversas ofertas económicas que les han hecho a cambio de la venta de una parte de la concesión del pozo, y si se han mantenido hasta hoy en el acuerdo de no vender, a pesar de las diferencias que pudiera haber entre los miembros de ambos grupos, ha sido por la solidez de su marco normativo, al tener claramente definidas las reglas del juego, los derechos y obligaciones de todos y cada uno de los miembros, de los mecanismos de control y sanción.

Los retos que tiene San Antonio Coapa para defender y preservar su recurso hídrico son grandes, más aún ante un contexto nada halagüeño donde la escasez de agua se está convirtiendo en un elemento de presión no sólo por parte de las comunidades que comprenden el valle, sino también del crecimiento de la zona urbana de Morelia²¹. En este sentido será fundamental para la población de San Antonio Coapa continuar fortaleciendo su capital social y sus instituciones locales, para demostrar que contrariamente a las propuestas de privatización y control externo sobre el recurso hídrico, es posible que desde las comunidades campesinas organizadas y bien cimentadas, surjan propuestas a partir de sus experiencias, para hacer un uso y manejo racional del agua que permitan sentar las bases de un desarrollo local-regional.

LITERATURA CITADA

De la Tejera H., B. 1996. Modernización y organizaciones de productores agrícolas en Michoacán. Universidad Autónoma Chapingo, México.

Flores, M. y F. Rello. 2002. Capital social rural. Experiencias de México y Centroamérica. CEPAL, UNAM, PyV; México.

²⁰ Uno de los lineamientos que plantea Ostrom para la formación de instituciones autogestivas estables es la “expresión de la tasa de descuento”, que no es otra cosa que la actitud que tienen los individuos frente al recurso, pensando en invertir hacia un futuro aún a costa de los beneficios económicos inmediatos que pudieran tener, (Ostrom, 2000)

²¹ Durante las entrevistas se dieron algunos testimonios en torno a la presión que están haciendo funcionarios del gobierno municipal para que “utilicen los pozos o sino se los van a quitar para darles agua a otras comunidades que carecen del recurso”. Esto como una salida que pudiera funcionarle al gobierno municipal para frenar la presión que tienen por parte de varias comunidades del valle y de la zona urbana de Morelia.

Grammont, H. y H. Tejera G. 1996. La sociedad rural frente al nuevo milenio. In: Mckinlay Horacio y Boege Eckart (Coords.). El acceso a los recursos naturales y el desarrollo sustentable, Vol. III, INA, UAM, UNAM, PyV; México.

Negrón C., N. A. 2002. La construcción de la sustentabilidad. Cambios en la organización para el trabajo y el uso de los recursos en un ejido forestal. Tesis de Maestría en Ciencias, CIESAS.

North, D. 1995. Instituciones, cambio institucional y desempeño económico. Reimpresión, FCE, México.

Ostrom, E. 2000. El gobierno de los bienes comunes. La evolución de las instituciones de acción colectiva. UNAM, CRIM, FCE; México.

Palerm, J. y T. Martínez S. 2000. Antología sobre pequeño riego Vol. II. Organizaciones Autogestivas. Colegio de Posgraduados, Plaza y Valdés Editores, México.

Sánchez R., M. 2001. De la autonomía a la Subordinación. Riego, organización social y administración de recursos hidráulicos en la cuenca del río Laja, Guanajuato. 1568-1917. Tesis de doctorado, El Colegio de México.

INEGI, 2000. XII Censo de Población y Vivienda. Aguascalientes, México.

INEGI, 2005. Anuario estadístico del Estado de Michoacán. Aguascalientes México.

INEGI, 1991. VII Censo Agrícola Ganadero. México, D. F.

INEGI, 1985. Síntesis Geográfica del Estado de Michoacán. México, D. F.

PLANTA POTABILIZADORA DE MORELIA, MICHOACÁN

Francisco Javier Barboza Ornelas

Departamento de Potabilización, Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Morelia.

francisco.barboza@oapapas.gob.mx

RESUMEN

El abastecimiento de agua ha sido una de las principales preocupaciones de la humanidad. Para establecer el suministro de agua potable a una población, debe de hacerse cumpliendo las normas de calidad vigentes, con los mínimos costos de construcción, operación y mantenimiento. Desde el año de 1941 se realizaron distintos estudios para mejorar el abastecimiento de agua de la ciudad de Morelia. Los comisionados para verificar los estudios relativos, citaron como mejor fuente para abastecer de agua a la ciudad, a la presa Cointzio, la cual fue construida por la Comisión Nacional de Irrigación. Pero el que propuso concretamente la forma de solucionar el problema, fue el Ing. Alfonso Villa Acosta en la forma siguiente: Construir un canal de 13 km de longitud y verter el agua en la planta potabilizadora. El 24 de mayo de 1948, por concurso se adjudicó el contrato para la ejecución de las obras de conducción. En el año de 1949, se iniciaron las obras de la planta de potabilización en la Loma de Santa María, por los Ings. Sigfrido Chaim Sánchez, Rafael Loera Franco y José Gutiérrez Pereyra, a quienes se adjudicó por concurso, el contrato de las obras mencionadas. La conducción se verifica por medio de un canal de 13.76 km de longitud, de sección rectangular, revestido en su mayor parte, cubierto con losas de concreto y con una capacidad de 700 Lps. El sistema de potabilización, cuya capacidad es para 700 Lps, consiste de 4 clarifloculadores, 10 filtros rápidos de arena, un tanque para almacenar sulfato de aluminio de 100,000 L de capacidad, 2 tanques de almacenamiento de 3600 y 6500 m³ de capacidad, un tanque para agua de servicio, una estación de cloración, 2 pilas de concreto para preparar soluciones, y una planta eléctrica de emergencia. El proceso de tratamiento del agua es de acuerdo

al tipo de impurezas presentes en el agua de la presa de Cointzio, la cual generalmente aparece como turbia y colorada, y contiene una arcilla ferruginosa en estado coloidal. El proceso en la planta potabilizadora se lleva a cabo a través de las siguientes etapas: coagulación, floculación, sedimentación, acondicionamiento, desinfección, filtración, almacenamiento y distribución. Se cuenta con un laboratorio para vigilar la calidad del agua que se produce en la Planta Potabilizadora de Sta. María, en el cual se practican los análisis físicos, químicos y bacteriológicos al agua, así como para llevar el control de calidad de los productos químicos utilizados.

Palabras clave: Agua potable, tratamiento de agua, OOPAS, Morelia.

INTRODUCCIÓN

El abastecimiento de agua ha sido una de las principales preocupaciones de la humanidad. Por el agua se luchó en el pasado y se lucha en el presente. Desde la más remota antigüedad se advirtió su poder vital. Cinco mil años atrás, el Zendavesta, libro sagrado del Zoroastrismo, consignaba esta frase: "Ordena, oh santo Zarathushtra, que la lluvia caiga en mil gotas para combatir la enfermedad y la muerte. Si la lluvia estropea la noche, puede en cambio mejorar el día. Es la lluvia una gran bendición, pues por ella existen los manantiales y los árboles". Los arcos románicos del antiguo acueducto del insigne Fray Antonio de San Miguel, que embellecen y enriquecen a la señorial ciudad de Morelia, son testigos del formidable trabajo que a través de los años se ha realizado para satisfacer la imperiosa demanda de agua en la ciudad.

Desde aquella época virreinal en que se erigió el acueducto hasta nuestros días, ese intenso trabajo no ha menguado, ahora fructifica en mejores servicios y en obras que patentizan que la técnica moderna se aplica eficientemente para servir a la ciudadanía. Para establecer el suministro de agua potable a una población, debe de hacerse cumpliendo las normas de calidad vigentes, con los mínimos costos de construcción, operación y mantenimiento. El diseño de las instalaciones de tratamiento debe surgir como la respuesta a un problema particular y no como la aplicación de una solución genérica rutinaria a un caso individual.

Desde el año 1941, se realizaron distintos estudios para mejorar el abastecimiento de agua de la ciudad de Morelia. Los comisionados para verificar los estudios relativos, citaron como mejor fuente para abastecer de agua a la ciudad, a la Presa Cointzio; esta fue construida por la Comisión Nacional de Irrigación; pero el que propuso concretamente la forma de solucionar el problema, fue el Ing. Alfonso Villa Acosta en la forma siguiente: construir un canal de 13 km de longitud y verter el agua en la planta potabilizadora por construir. El 24 de mayo de 1948, por concurso se adjudicó el contrato para la ejecución de las obras de conducción. En el año de 1949, se iniciaron las obras de la planta de potabilización de la ciudad por los Ings. Sigfrido Chaim Sánchez, Rafael Loera Franco y José Gutiérrez Pereyra, a quienes se adjudicó por concurso, el contrato de las obras mencionadas. Actualmente la Planta Potabilizadora tiene una capacidad de 700 Lps y la población beneficiada es de 302,400 habitantes.

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PLANTA Y DE LOS PROCESOS DE POTABILIZACIÓN

Infraestructura

La planta de potabilización se ubica en la Loma de Santa María, situada en la parte sur de la ciudad de Morelia. Cuenta con un edificio principal en el cual se ubican el laboratorio químico, la sala de dosificación, el almacén de productos químicos y algunas oficinas. Se tienen 4 clarifloculadores, 10 filtros rápidos de arena, un tanque para almacenar sulfato de aluminio de 100,000 L de capacidad, 2 tanques de almacenamiento de 6500 y 3600 m³ de capacidad, un tanque para agua de servicio, una estación de cloración, 2 pilas de concreto para preparar soluciones y una planta eléctrica de emergencia. La capacidad de la planta es de 700 Lps. Se cuenta con un laboratorio para vigilar la calidad del agua que se produce en la Planta Potabilizadora, en el cual se practican los análisis físicos, químicos y bacteriológicos al agua, así como llevar el control de calidad de los productos químicos utilizados. El laboratorio está en proceso de acreditación, cuenta con equipo moderno para realizar las determinaciones de los diferentes parámetros que especifica la Norma Oficial Mexicana para agua potable (SSA, 1994). La población beneficiada es de 302,400 habitantes.

Conducción

De la obra de toma de la Presa de Cointzio, se conduce el agua a la planta potabilizadora. La conducción se realiza por medio de un canal de 13.76 km de longitud, de sección rectangular, revestido en su mayor parte, cubierto con losas de concreto y con una capacidad de 700 Lps.

Descripción del Proceso de Tratamiento

De acuerdo al tipo de impurezas presentes en el agua de la Presa de Cointzio, el agua aparece como turbia y coloreada, contiene una arcilla ferroginosa en estado coloidal. El agua de la Presa de Cointzio se ha venido tratando con las siguientes sustancias químicas: sulfato de aluminio, sílice activada, polímero catiónico orgánico, hidróxido de calcio y cloro. El sulfato de aluminio, comúnmente llamado alumbre, es el coagulante primario y es el producto usado para la desestabilización de las partículas coloidales, que se consigue especialmente por medio de la neutralización de sus cargas eléctricas generalmente negativas, formando un precipitado. La sílice activada es un floculante inorgánico, le da a los flóculos más peso y cohesión, ayuda a eliminar color. El polímero es un producto utilizado para mejorar la coagulación. El hidróxido de calcio se utiliza para regular el pH. El cloro es el desinfectante que se aplica.

El proceso de tratamiento del agua en la planta potabilizadora se lleva a cabo en las siguientes etapas (Arboleda, 1975; Degrémont, 1979): (1) Coagulación; (2) Floculación; (3) Sedimentación; (4) Acondicionamiento; (5) Desinfección; (6) Filtración, y (7) Almacenamiento y distribución.

Coagulación y floculación. La coagulación es el proceso por el cual las partículas se aglutinan en pequeñas masas, con peso específico mayor al del agua, llamadas floc; dicho proceso se usa para la remoción de la turbiedad y el color.

Después de desestabilizadas, las partículas coloidales tienen que trasladarse dentro del líquido para hacer contacto unas con otras y aglutinarse, a este proceso se denomina floculación.

Sedimentación. La sedimentación realiza la separación de los sólidos más densos que el agua y que tienen una velocidad de caída tal que puede llegar al fondo del tanque sedimentador en un tiempo económicamente aceptable.

Acondicionamiento. El acondicionamiento se realiza agregando hidróxido de calcio al agua para ajustar el valor del pH.

Desinfección. Se aplica cloro gas en solución como desinfectante, su principal función es como bactericida, recordando que es un fuerte oxidante de materia orgánica.

Filtración. La filtración tiene la función de separar a los sólidos suspendidos, microfloculos y coloides incluso, presentes en el agua al pasarlos por un medio poroso y que no fueron eliminados en el proceso de sedimentación.

Almacenamiento y distribución. Las aguas claras filtradas que salen de cada unidad recorren la galería hasta llegar a los tanques de regularización, de donde por gravedad se distribuye a la ciudad.

CALIDAD DEL AGUA DE LA PRESA DE COINTZIO

El agua que se deriva de la presa de Cointzio contiene impurezas que requieren de un tratamiento para darle un uso y consumo urbano. De acuerdo con registros históricos de análisis físico-químicos realizados a muestras de agua de la presa Cointzio, esta agua antes de su potabilización, presenta en promedio los siguientes valores:

Turbidez	100 a 2500 unidades Jackson
Color	hasta 3500 unidades en la escala Pt-Co.
pH	7.2 a 7.8
Dureza	33 a 84 mg L ⁻¹ .

A manera de ejemplo, a continuación se analiza el parámetro sólidos suspendidos totales para el agua de la Presa Cointzio. Los sólidos suspendidos son aquellas partículas no solubles que no son lo suficientemente pesadas para sedimentarse en el cuerpo de agua en que están presentes. Los principales sólidos suspendidos son pequeñas partículas de materia orgánica e inorgánica, y microorganismos. La concentración de sólidos totales es una característica importante porque indican de manera rápida y confiable la contaminación de un cuerpo de agua por partículas en suspensión, a las cuales se pueden adherir microorganismos patógenos y elementos químicos que pueden afectar la salud.

Para el agua de la presa de Cointzio este parámetro fluctuó entre 210 mg L⁻¹ y 1183 mg L⁻¹ durante el periodo 1997-2002 (Figura 1). Los valores mayores ocurren durante el periodo de lluvias lo cual nos sugiere que en este caso, los sólidos suspendidos son partículas de suelo que son arrastradas por el escurrimiento hasta el embalse. Gracias al proceso de potabilización del agua que se realiza en la planta de Santa María, la concentración de sólidos suspendidos en las aguas servidas para uso y consumo urbano por la población, tiene un valor menor o igual a 60 mg L⁻¹, que

representa el límite máximo permisible que la Norma Oficial Mexicana especifica para agua potable (SSA,1994).

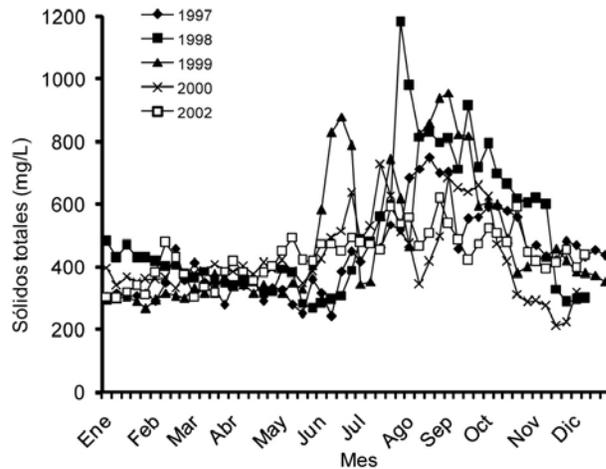


Figura 1. Concentración de sólidos totales determinados con frecuencia semanal en la Planta Potabilizadora de Santa María durante 1997-2002.

RECOMENDACIONES

Considerando que el agua que capta la presa de Coitzio es una fuente renovable, es importante proponer manejos agroecológicos que permitan la restauración y conservación de la cuenca de aportación, para mantener esta importante fuente de agua para el uso y consumo urbano y para la agricultura de riego del Valle Morelia-Queréndaro. Las principales actividades que se realizan en la cuenca, como son las agropecuarias y forestales, que aportan sedimentos al embalse, deben apoyarse con programas de conservación de suelo y agua.

LITERATURA CITADA

Arboleda V., J. 1975. Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua. Centro Panamericano de Ingeniería sanitaria y Ciencias del Medio Ambiente. (CEPIS) OPS/OMS. Serie Técnica No 13. Lima, Perú.

Degrémont. 1979. Manual técnico del agua. Cuarta edición, Grajo, S.A. España.

SSA (Secretaría de Salubridad y Asistencia). 1994. Límites permisibles para calidad de agua de uso potable NOM-127-SSA1-1994. México, DF.

ÁREAS POTENCIALES PARA PLANTACIONES FORESTALES COMERCIALES EN LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO, MICHOACÁN

J. T. Sáenz-Reyes¹, J. Anguiano-Contreras¹, H. J. Muñoz-Flores¹, F. J. Villaseñor-Ramírez², A. Rueda-Sánchez², J. J. García-Magaña³

1 Campo Experimental Uruapan, CIRPAC, INIFAP. Av. Latinoamericana No. 1101, Col. Revolución, C.P. 60500, Uruapan, Mich. 2 Campo Experimental Centro Altos de Jalisco, CIRPAC, INIFAP. 3 Facultad de Agrobiología Pte. Juárez", UMSNH.
saenz.j.trinidad@inifap.gob.mx

RESUMEN

Las plantaciones forestales comerciales son una alternativa para aumentar la productividad de los suelos, protegerlos de la erosión y asegurar el abastecimiento de materia prima a la industria forestal; además, generan fuentes de empleo. Dado lo anterior, es necesaria la ubicación de zonas potenciales para plantaciones con las especies forestales de mayor rendimiento, las cuales con un adecuado manejo silvícola, aumentarían la posibilidad de alcanzar una silvicultura industrial con enfoque económico y de sustentabilidad. Para la generación de mapas con la regionalización de las áreas potenciales para plantaciones forestales comerciales con *Pinus pseudostrobus* y *P. michoacana* var. *cornuta* en los municipios de Acuitzio, Álvaro Obregón, Copándaro, Cuitzeo, Charo, Chucándiro, Huandacareo, Indaparapeo, Morelia, Queréndaro, Santa Ana Maya, Tarímbaro y Zinapécuaro, que forman parte de la Cuenca del Lago de Cuitzeo, se utilizó el Sistema de Información Geográfica IDRISI 32 y los rangos óptimos de los requerimientos agroecológicos de las especies. La superficie potencial cuantificada fue de 24,636 ha con *P. pseudostrobus* y 22,891 ha con *P. michoacana* var. *cornuta*. Se realizó la verificación de los mapas mediante sitios de muestreo con el propósito de establecer el grado de confiabilidad. Se concluye que la regionalización es una excelente herramienta para determinar las especies adecuadas a los sitios de plantación, además, se aumentará la probabilidad de que se incremente la sobrevivencia y su desarrollo, el uso más eficiente o aumento de la

productividad de terrenos actualmente dedicados a actividades agrícolas o ganaderas, mayor derrama económica y seguridad del abastecimiento de materia prima, abatimiento de costos de transporte y por ende de los costos de producción de la industria forestal, asimismo, la reconversión de terrenos con vocación forestal, contribución al mejoramiento del microclima, fijación de carbono, control de tolvaneras, protección de cuerpos de agua, mejoramiento del paisaje y protección a centros urbanos.

Palabras clave: Plantaciones forestales comerciales, *Pinus pseudostrobus*, *Pinus michoacana*, Cuitzeo.

INTRODUCCIÓN

La presión demográfica, la demanda creciente de productos forestales y diversos factores de perturbación han disminuido la superficie y productividad de los bosques. En Michoacán, la superficie forestal no arbolada fue cuantificada en 1,165,539 ha, siendo la deforestación y el cambio de uso de suelo las principales causas de alteración (COFOM, 1997). Por otra parte, se calcularon 1'790,179 ha con aptitud forestal pero dedicadas a otros usos o que se encuentran en proceso de degradación por incendios, plagas y otros factores, entre los que se incluye los terrenos con riesgo evidente de erosión y que requieren trabajos de restauración (COFOM, 2001). También el cambio de uso del suelo, clandestinaje, incendios, plagas y enfermedades, han afectado seriamente los bosques. Por otro lado, la industria forestal requiere alta demanda de materias primas forestales y la mayoría de las plantaciones forestales se han establecido con fines de restauración. Estos factores establecen la necesidad de implementar estrategias tecnológicas como las plantaciones forestales comerciales, que son una alternativa para aumentar la productividad, recuperar el entorno ecológico, lograr beneficios para los recursos asociados al bosque como la fauna, mantos acuíferos, entre otros, en las que se utilicen diversas especies con objetivos claros, densidades adecuadas y un buen manejo silvícola.

Desde el punto de vista socioeconómico, las plantaciones forestales representan un potencial para impulsar el desarrollo, ya que satisfacen la demanda interna de productos forestales, propician la reducción de importaciones y cuando se tienen excedentes, el aumento de las exportaciones, con el consecuente beneficio en la balanza comercial. Asimismo, la utilización de tierras ociosas con poco valor agropecuario, la generación de empleos, el mantenimiento de la infraestructura de caminos y de comunicación son beneficios adicionales al de las plantaciones forestales que pueden contribuir a impulsar el bienestar económico y social (Rueda, 1998; Hernández, 1995, citado por Rueda et al., 2004).

Las plantaciones comerciales generalmente tienen como objetivo la obtención de productos maderables, y en menor escala, la construcción rural o leña combustible, sin embargo, debe destacarse que también ofrecen oportunidades para la protección y conservación de los recursos asociados al bosque, ya sea controlando las escorrentías, y por tanto, previniendo la erosión del suelo y aumentando la recarga en los acuíferos,

protección a la vegetación nativa, a los cultivos contra el viento, refugio para la fauna silvestre y restauración de áreas degradadas.

Existen diversos factores que influyen en el éxito de una plantación forestal comercial, donde la mayoría de éstos, tienen cierto grado de flexibilidad en su implementación para compensar por improvisaciones o cambio de condiciones. Sin embargo, uno de los aspectos de mayor importancia es la selección del sitio de la plantación, ya que tiene muy poco margen para errores, debido a que una vez que se toma una decisión y se inicia el proceso, prácticamente es imposible hacer cambios al respecto (Moreno et al., 1994, citados por Rueda et al., 2004).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son una herramienta para la generación de mapas que ayudan a la toma de decisiones, proporcionando respuestas a problemas geográficamente localizados. Una regionalización permite ubicar con precisión los lugares donde existe el mayor potencial productivo de las especies vegetales de interés, de tal manera que se pueda buscar un reordenamiento del uso del suelo en función de las ventajas de producción de cada cultivo y los factores socioeconómicos. La regionalización de cultivos se define como el proceso de identificar el (los) ambiente(s) adecuado(s) para un cultivo; para lograrlo es importante conocer las especies vegetales que habitan o se adaptan a un área geográfica, así como los ambientes con los requerimientos agroclimáticos óptimos para su producción (Pereira, 1982; Carmona y Monsalve, 1997).

Dado lo anterior, es necesaria la determinación o ubicación de zonas potenciales para plantaciones con especies forestales, las cuales con un adecuado manejo silvícola, aumentarían la posibilidad de lograr una silvicultura industrial con enfoque económico y de sustentabilidad. Asimismo, con la delimitación de ambientes naturales de las principales especies forestales, es factible controlar los movimientos de germoplasma que garanticen el éxito de las plantaciones y la estabilidad genética de las poblaciones naturales. El presente estudio se desarrolló con el objetivo de determinar áreas potenciales para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales en la Cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán, con las especies *Pinus pseudostrobus* Lindl. y *P. michoacana* var. *cornuta* Martínez.

METODOLOGÍA

Área de Estudio

El área de estudio se localiza en la región III Cuitzeo, de acuerdo a la regionalización realizada por la Comisión Forestal del Estado de Michoacán; comprende los municipios de Acuitzio, Alvaro Obregón, Copándaro, Cuitzeo, Charo, Chucándiro, Huandacareo, Indaparapeo, Morelia, Queréndaro, Santa Ana Maya, Tarímbaro y Zinapécuaro, dentro de la cuenca hidrológica del lago Cuitzeo, Mich. (Figuras 1 y 2).



Figura 1. Croquis de ubicación del área de estudio para plantaciones forestales comerciales. Cuenca del Lago de Cuitzeo, Mich.

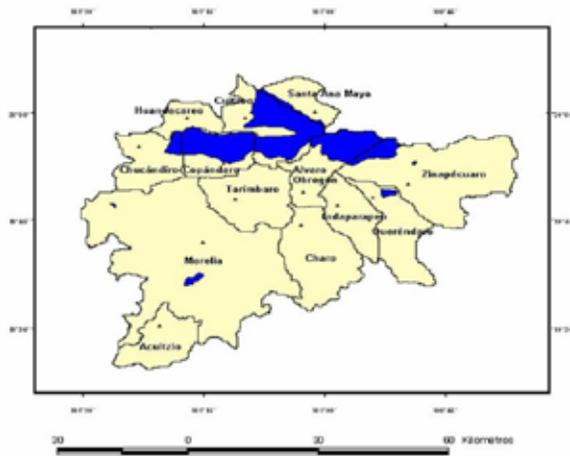


Figura 2. Municipios que conforman el área de estudio en la Cuenca del Lago de Cuitzeo, Mich.

Métodos

Para la regionalización de las áreas potenciales para plantaciones forestales comerciales, se utilizó el Sistema de Información Geográfica (SIG) IDRISI 32. Para ello se seleccionaron las variables y los rangos óptimos con el objetivo de plantación comercial. Las variables empleadas fueron: precipitación anual, temperatura media anual, altitud, pendiente, tipo y uso de suelo, tipo de clima y los requerimientos agroecológicos para cada una de las especies (Cuadro 1). Además, se consideró el tipo de vegetación y uso del suelo, de los cuales se incluyeron los siguientes: agricultura de riego, agricultura de temporal, plantación forestal, bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque de encino, bosque mesófilo, selva baja, selva mediana y matorral subtropical, asimismo, se excluyeron los cuerpos de agua y áreas urbanas principales (cabeceras municipales).

Cuadro 1. Requerimientos ambientales de las especies para determinar las áreas potenciales para plantaciones forestales comerciales en el estado de Michoacán.

Especie	Altitud (msnm)	Precipitación anual (mm)	Temperatura media anual (°C)	Suelo
<i>Pinus pseudostrobus</i>	2,200-2,800	900-1,500	12-19	Andosol
<i>Pinus michoacana</i> , var. <i>cornuta</i>	1,600-2,300	900-1,500	14-21	Andosol y Luvisol

La determinación de áreas potenciales para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales (PFC) con las especies *P. pseudostrobus* y *P. michoacana* var. *cornuta* en la Cuenca del Lago de Cuitzeo, se realizó con el programa IDRISI 32 ver. 4.0, así como la información cartográfica y climática digital generada por INIFAP en 2003. Para generar los mapas se utilizó el comando RECLASS, por medio del cual se descartaron las áreas que no reunieron las características específicas para cada especie y se dejaron solo aquellas que sí las tuvieron. Estas cubiertas contienen en forma individual el intervalo de cada variable asociada a la distribución de *P. pseudostrobus* y *P. michoacana* var. *cornuta*. Las imágenes obtenidas se sobrepusieron mediante el comando OVERLAY obteniendo así las áreas potenciales por especie. A través del comando AREA se calculó la superficie de dichas áreas. Una vez obtenidas las imágenes de las áreas potenciales en formato RASTER con el SIG IDRISI 32, se utilizó el comando REFORMAT para convertir la imagen a vector, posteriormente se exportó cada vector a formato shapefile para poder trabajar en el SIG ArcView versión 3.2 y obtener los mapas de áreas potenciales, donde se cuantificó el número de hectáreas de las zonas óptimas de cada especie en estudio.

Finalmente se realizaron muestreos de campo a ciertos puntos de las zonas que resultaron potenciales, con el propósito de comprobar si dichas áreas reunían las condiciones necesarias para el desarrollo de las especies en estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el SIG y los rangos óptimos de los requerimientos para cada una de las especies forestales empleadas, se generaron los mapas con las áreas potenciales para plantaciones forestales comerciales, considerando dos rangos de pendiente:

- a) Pendiente de 0 a 15 %, donde se tendrá la posibilidad de realizar las plantaciones en forma mecanizada.
- b) Pendiente de 15 a 30 %, donde se tendrá la posibilidad de realizar las plantaciones en forma semimecanizada o manual.

La superficie cuantificada para cada especie por municipio se anota en el Cuadro 2 y se muestran en las Figuras 3 a 6.

Cuadro 2. Superficie potencial para plantaciones forestales comerciales con *P. pseudostrobus* y *P. michoacana* var. *cornuta*, en la Cuenca Hidrológica del Lago de Cuitzeo, Mich.

Municipio	<i>Pinus pseudostrobus</i>		<i>Pinus michoacana</i> var. <i>cornuta</i>	
	Pendiente			
	0 – 15%	15 – 30%	0 – 15%	15 – 30%
Queréndaro	607	1,499	297	801
Zinapécuaro	852	386	2,982	1,123
Indaparapeo	64	91	52	77
Acuitzio	4,916	90	5,485	1,449
Morelia	13,300	1,086	9,036	3,334
Total	19,739	3,152	17,852	6,784

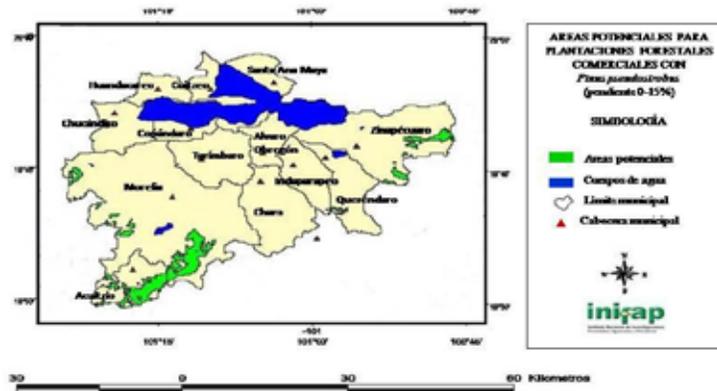


Figura 3. Áreas potenciales con pendiente de 0-15%, para plantaciones forestales comerciales de *Pinus pseudostrobus* en la Cuenca del Lago de Cuitzeo, Mich.

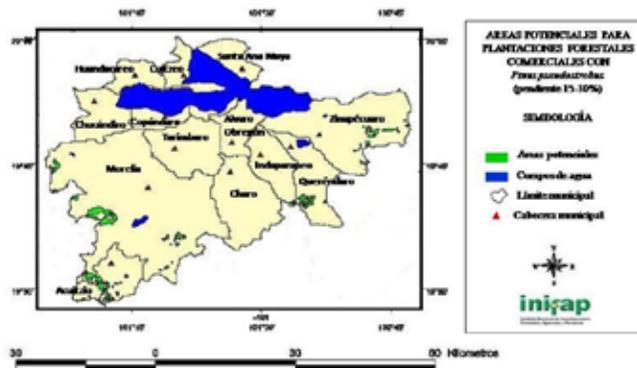


Figura 4. Áreas potenciales con pendiente de 15-30%, para plantaciones forestales comerciales con *Pinus pseudostrobus* en la Cuenca del Lago de Cuitzeo, Mich.

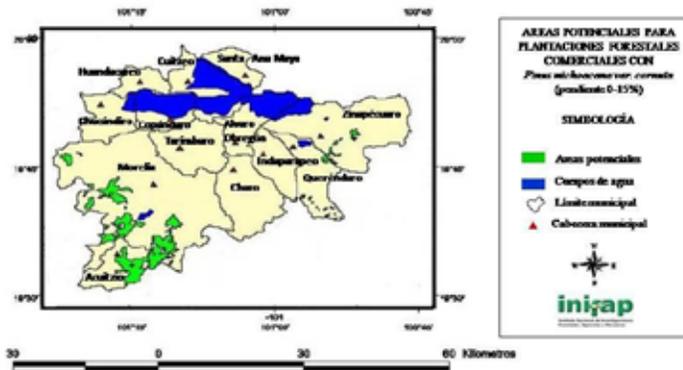


Figura 5. Áreas potenciales con pendiente de 0-15%, para plantaciones forestales comerciales con *Pinus michoacana* var. *cornuta*, en la Cuenca del Lago de Cuitzeo, Mich.

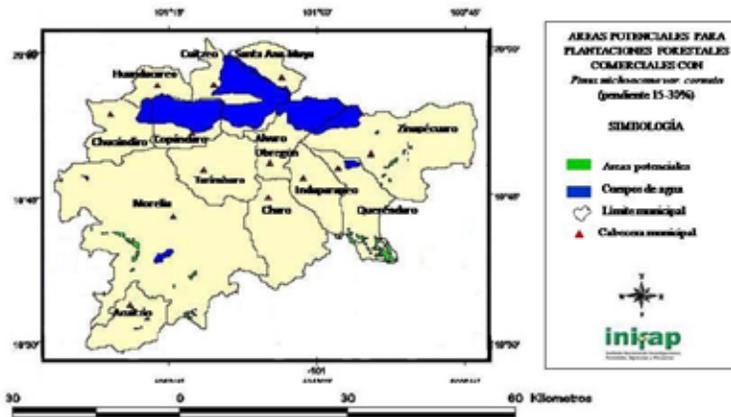


Figura 6. Áreas potenciales con pendiente 15-30%, para plantaciones forestales comerciales con *Pinus michoacana* var. *cornuta* en la Cuenca del Lago de Cuitzeo, Mich.

En el caso de *P. michoacana* se decidió realizar la regionalización de las áreas potenciales para plantaciones comerciales con la variedad cornuta, por ser la de más amplia distribución natural en Michoacán en comparación con la especie típica y la forma procerca, además, considerando que presentan una distribución altitudinal bien definida y no superpuesta, en donde la variedad cornuta tiene distribución a mayor altitud y en un rango altitudinal más amplio que las variedades devoniana y michoacana (Madrigal, 1982; Aguilar et al, 2005).

De las 24,636 ha potenciales para plantaciones forestales comerciales con *P. pseudostrobus* y de las 22,891 ha con *P. michoacana* var. *cornuta*, el 50% (12,370 ha) y 63% (14,386 ha), respectivamente, se distribuyen en el municipio Morelia.

En cuanto a la verificación de los mapas, la información obtenida en campo y los resultados de los análisis de suelo, se confrontaron con los requerimientos ambientales de cada una de las especies forestales en estudio, cuya información se obtuvo de la bibliografía consultada, con el propósito de establecer el grado de confiabilidad de los mapas que muestran las áreas potenciales para plantaciones comerciales con cada especie. En total se muestrearon 6 sitios con exposición norte, noreste, oeste y zenital, pendiente del 0 al 30% y con actual como pecuario, forestal y agrícola. La comparación de altitud, tipo y profundidad de suelo, textura y pH de los sitios de muestreo con lo mencionado en la literatura consultada, indica que el 100% corresponden a los requerimientos en las dos especies en estudio.

Es importante mencionar que en algunas zonas las áreas potenciales para plantaciones comerciales con ambas especies, se sobreponen por lo que se recomienda que se elija la especie de acuerdo a aspectos como costos de establecimiento y manejo, crecimiento y rendimiento, ciclos de corta, y turnos, es decir, considerar la productividad y rentabilidad de las plantaciones, sin olvidar los estudios de mercado.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La regionalización es una excelente herramienta para determinar las especies adecuadas a los sitios de plantación; sin embargo, se requiere de otras acciones técnicas y operativas como el uso de planta de alta calidad, traslado adecuado del vivero al terreno definitivo, que la plantación se realice con las recomendaciones técnicas, la protección contra ganado, plagas y enfermedades, además del manejo silvícola, para que se desarrollen de acuerdo a lo proyectado en cantidad y calidad en el tiempo programado.

El presente trabajo es base para la planeación y programación de proyectos de plantaciones comerciales en la Cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán.

No obstante la confiabilidad de los resultados de este trabajo, es importante planificar las acciones tecnológicas y operativas de las plantaciones, es decir, la producción de planta de alta calidad, los tratamientos y manejo de las plantaciones, así como la supervisión, prevención y control de plagas y enfermedades.

Se recomienda que la elección final de las especies sea de acuerdo a su productividad, rentabilidad, valor ecológico y demanda del mercado, así como la elaboración de un mapa de áreas excluyentes de las especies, priorizando de acuerdo a estos parámetros.

Se recomienda la elaboración de un mapa de áreas excluyentes de las especies,

priorizando de acuerdo al valor económico y ecológico de éstas. El propósito consiste en lo práctico que resulta un solo mapa, para quienes se interesen en conocer las áreas potenciales, debido a que puede facilitar la toma de decisiones sobre los programas de plantaciones comerciales, reforestaciones y de ordenamiento ecológico territorial.

Este tipo de trabajos debe formar parte de paquetes tecnológicos de cada especie forestal, a fin de contar con la mayor información disponible para instituciones o productores que se interesen en las plantaciones forestales comerciales.

LITERATURA CITADA

Carmona, A. J. y J. J. Monsalve R. 1997. Sistemas de Información Geográfica. Monografías.com. 24 p. (publicación en línea). Disponible desde Internet en: <<http://www.monografias.com/trabajos/gis/gis.shtml>> (con acceso el 30 de marzo del 2006).

COFOM. 1997. Inventario forestal del estado de Michoacán. Memoria general. Reimpresión. Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Forestal. Gobierno del Estado de Michoacán. Morelia, Mich. 74 p.

COFOM. 2001. Atlas Forestal del Estado de Michoacán. Morelia, Mich. México. 97 p.
Moreno S., R., F. Moreno S. y G. Cruz B. 1994. Determinación de áreas potenciales para plantaciones forestales. In: Memoria IV Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. México, D. F. p. 180-186.

Moreno, S. R. y F. Moreno S. 1995. Los sistemas de información geográfica en la administración de recursos naturales: recomendaciones de las experiencias del INIFAP. Rev. Ciencia Forestal. Vol. 20. Num. 78. México. D. F. p. 93-109.

Pereira, A. R. 1982. Crop planning for different environments. Agric. Meteorol. 27: 71-77.

Rueda S., A. 1998. Áreas potenciales para plantaciones forestales de once especies de pino en Jalisco. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal. México. 109 p.

Rueda S., A., R. José A. y J. D. Benavides S. 2004. Uso de sistemas de información geográfica en la ubicación de condiciones ambientales favorables para seis especies forestales tropicales. CIRPAC-INIFAP. Guadalajara, Jalisco. México. 182 p. (inédito).

PROGRAMA DE REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL LAGO DE CUITZEO

Gustavo A. Barajas Mendoza, Rogelio Zarazúa Sánchez y Ernesto Fuentes Rodríguez.

Comisión de Pesca del Estado de Michoacán

Av. Ventura Puente #555, Chapultepec Norte, Morelia, Mich., C.P. 58260

Teléfono: (443) 340 61 00

rzarazua@michoacan.gob.mx

RESUMEN

El objetivo del trabajo es difundir las obras y resultados que se han obtenido con la implementación del Programa de Rehabilitación y Mantenimiento del Lago de Cuitzeo, el cual busca mantener condiciones favorables, que permitan realizar las actividades dependientes del lago, sobre todo la pesca. Los trabajos que ejecuta la Comisión de Pesca mediante este programa, consisten en la extracción y trituración mecánica de vegetación acuática, lo que permite restaurar y abrir áreas de pesca, así como rehabilitar y construir canales de navegación. Estas obras tienen un impacto ecológico importante, ya que se reduce en gran medida la evapotranspiración causada por la maleza acuática, con lo que se evita el desecamiento del lago durante los meses de estiaje y se reactiva la actividad biológica, ya que se facilita la circulación de las aguas interiores. El trabajo se presenta de una forma gráfica, ya que se incluyen fotografías de la situación que se tenía antes de las obras, durante desarrollo de las mismas y la situación actual, además se incluyen las características y ubicación de cada obra. Otro aspecto que se menciona en el trabajo, es la población que directamente se beneficia con estas obras, las cuales fomentan la actividad pesquera como fuente de subsistencia alimentaria y mejoran el nivel de vida de los habitantes de la región lacustre (pescadores y artesanos). Es importante difundir este tipo de acciones, ya que derivará en una mayor conciencia de la población que acceda a esta información, puesto que la problemática que atiende el Programa de Rehabilitación y Mantenimiento del Lago de Cuitzeo, es producto del fuerte proceso de urbanización, la contaminación del agua, la producción de desechos sólidos, la deforestación y la erosión, los cuales

son problemas ambientales que se relacionan con dificultades sociales como pobreza, migración y desintegración familiar.

Palabras clave: Pesca, urbanización, canales de navegación.

INTRODUCCIÓN

El Lago de Cuitzeo, segundo cuerpo de agua más grande del país, se encuentra en la cuenca Lerma Chapala, es un importante regulador del ambiente y cada año recibe la visita de una gran variedad de aves migratorias. Se le ubica geográficamente en el estado de Michoacán, abarcando los municipios de Cuitzeo, Santa Ana Maya, Zinapécuaro, Álvaro Obregón, Copandaro, Chucandiro y Huandacareo y en menor proporción en Guanajuato en el municipio de Acámbaro.

A este lago llegan los ríos Grande de Morelia y Queréndaro y algunos manantiales pequeños de aguas termales. Recibe las aguas residuales crudas de Morelia que lo convierten a hipertrófico, situación que se espera revertir con la puesta en operación de la planta de tratamiento de aguas residuales de Atapaneo. Posee 11 islas, conocidas como Los Puercos, Tzirio Grande, Tzirio Chico, Las Cuatas, Chanaco, Tecuena, Corandeo, Las Burras, Los Magueyes, Las Palmas y Huiripitio.

La cuenca se localiza en el Sistema Volcánico Transversal, entre los estados de Michoacán y Guanajuato. La superficie total de la cuenca que capta la precipitación que alimenta al Lago de Cuitzeo es de 3,675 km².

A este lago llegan los ríos Grande de Morelia y Queréndaro y algunos manantiales pequeños de aguas termales. Recibe las aguas residuales crudas de Morelia que lo convierten a hipertrófico, situación que se espera revertir con la puesta en operación de la planta de tratamiento de aguas residuales de Atapaneo. Posee 11 islas, conocidas como Los Puercos, Tzirio Grande, Tzirio Chico, Las Cuatas, Chanaco, Tecuena, Corandeo, Las Burras, Los Magueyes, Las Palmas y Huiripitio.



JUSTIFICACIÓN DEL PROGRAMA

La vegetación acuática juega un papel ecológico muy importante en el Lago de Cuitzeo, ya que las zonas donde se encuentra funcionan como barreras de fijación de

los desechos orgánicos traídos por las escorrentías de las poblaciones principales, sobre todo de la ciudad de Morelia.

En el Lago de Cuitzeo existen varias especies de vegetación acuática, algunas cada vez mas escasas, debido al impacto que ha producido la actividad del hombre, pero favoreciendo a especies mas agresivas, capaces de reproducirse con extraordinaria rapidez como el lirio (*Eichhornia crassipes*) creando condiciones desfavorables para la pesca y otras actividades acuáticas.

La transpiración de estos vegetales es muy importante en la ecología del sistema acuático, siendo muy drástica en las hidrófilas arraigadas y flotantes como el lirio, la chuspata y el tule, ya que producen un flujo de vapor de agua en sus hojas, mayor al volumen de agua del espacio ocupado, puesto que presentan una mayor cobertura de su follaje. Este fenómeno agrava el equilibrio hidrológico del Lago de Cuitzeo de por si ya con pérdidas, al ser mayor la evaporación que el aporte fluvial y pluvial de agua y es que en el lado Este del lago, la reproducción de los vegetales es favorecida por la gran cantidad de nutrientes, tanto orgánicos como químicos, depositados por los afluentes (río Grande de Morelia, Queréndaro, etc.) y sedimentos del lago.

En embalses, pantanos, canales y drenes, proliferan plantas cuyas raíces están bajo el agua, pero la mayor parte de la planta emerge, constituyendo verdaderas malezas, tal es el caso de la chuspata y tule mezcladas con carricillo que forman masas flotantes que llegan alcanzar 1.00 m de espesor, que poco a poco van creando su propio suelo hasta que enraízan en sitios cercanos a la orilla debido a su poca profundidad (0.30 a 1.00 m), formando primero un pantano y después suelo firme, dificultando su erradicación. Dicha asociación se localiza en la parte Norte de la Isla de Tzirio, así como en la ribera Sureste, en la localidad de San Bartolomé Coro.

El lirio acuático es una de las plantas que mayor problema provoca en el sistema lacustre debido a su reproducción y desarrollo desmesurado. Cubre grandes extensiones y se le puede encontrar asociado con chuspata en la parte Norte de la localidad de La Mina hasta la Isla Las Burras, interrumpido por una franja de tule, las cuales juntas se extienden hacia el Norte rodeando completamente las islas Cuatas, Chanaco y la Cerro Grande hasta tocar la ribera Noreste de Felipe Carrillo Puerto.

El coture es otra de las plantas importantes que forman parte de la maleza que ha invadido al lago, pero que favorablemente su crecimiento es limitado y retrasado debido a la desecación de las superficies donde este se desarrolla.

La vegetación anteriormente descrita, pasó de ocupar el 5% de la superficie del lago en 1975 a 15% el año 2000, provocando una disminución del espejo de agua, así como los siguientes inconvenientes: (a) Dificultad para la pesca; (b) Obstrucción de canales de navegación; (c) Falta de circulación del agua dentro del lago; (d) Pérdidas de volumen hídrico por evapotranspiración, que es de 3 a 4 veces más, que en una superficie libre de vegetación en periodo de sequía.

Como medida de atención a esta problemática, la Comisión de Pesca del Estado, mediante el Programa de Rehabilitación y Mantenimiento del Lago de Cuitzeo, ha implementado diversas acciones para contrarrestar los problemas anteriormente descritos, contribuyendo así a la obtención de los siguientes beneficios:

- Se da garantía en la captura de peces al despejar zonas invadidas de vegetación y se evita la perdida y de artes de pesca y arrastre de señalamientos, por la acción del viento y movimiento de manchones de vegetación flotante.

- Se mantienen despejados los canales de navegación.
- Se induce a una mayor productividad primaria y producción de oxígeno por fotosíntesis al permitir la penetración de la luz solar hacia la columna de agua que en caso de haber vegetación flotante, es obstruida.
- Se permite el acceso de los pescadores a las áreas de captura mediante la conformación de canales de llamada.

Con esto, el Programa de Rehabilitación y Mantenimiento del Lago de Cuitzeo, atiende la problemática que representa la proliferación de vegetación acuática en el lago, la cual es resultado del desequilibrio ambiental que tiene actualmente la cuenca y que se manifiesta en su parte más baja. Lo anterior, mediante la ejecución de obras de beneficio colectivo, que contribuyen a mantener la actividad pesquera como fuente de subsistencia alimentaria, mejorando a su vez el nivel de vida de los habitantes de la región lacustre, en beneficio directo de más de 1500 pescadores y sus familias (Cuadro 1).

Cuadro 1. Registro histórico de obras realizadas

Año	Extracción de maleza Ha	Extracción de sólidos m ³
2002	110.00	16,000.00
2003	225.79	8,874.38
2004	196.83	13,429.60
2005	208.35	13,473.78
2006	179.03	15,397.08
2007	116.25 *	19,910.19 *

* Proyectado.

Lo anterior pone de manifiesto que se han extraído un total de 920 has de maleza acuática y más de 67,000 m³ de sólidos en lo que va de la administración; sin contar lo que se ha realizado durante el presente año.

Cuadro 2. Registro histórico de la inversión (miles de pesos)

Año	Inversión
2002	1,939.8
2003	2,624.1
2004	2,499.7
2005	2'609.8
2006	2,500.0
2007	2,500.0

La inversión acumulada durante el periodo 2002-2007 (Cuadro 2) en el programa de Rehabilitación y Mantenimiento del Lago de Cuitzeo es de \$ 14'673,624.00.

MECÁNICA OPERATIVA DEL PROGRAMA

El procedimiento para controlar la invasión de vegetación acuática en el Lago de Cuitzeo es de tipo mecánico, el cual se puede llevar a cabo debido a las profundidades favorables que actualmente registra calados de 0.60 a 1.40 m; por lo que nos permite introducir maquinaria que requiere como mínimo de un calado de 0.60 m. Para esto se cuenta con un parque de maquinaria conformado por dos despalotizadores, dos cosechadores y una anfidraga. Las acciones que se realizan se describen enseguida.

Despalotizado

Son las operaciones realizadas para cortar o triturar la maleza acuática emergida o sumergida y fija que se encuentra en zonas con profundidades de 0.40 m; para la cuantificación del trabajo, la unidad de medida es la hectárea. Por lo general estas áreas son rehabilitadas como zonas de pesca, o bien para evitar la invasión de esta vegetación al lago. Los trabajos son realizados por el despalotizador, máquina que cuenta con un sistema hidráulico para el funcionamiento de dos hélices frontales que logran la trituración de raíz de la vegetación hasta 1.20 m de profundidad. La vegetación que generalmente se trabaja es el tule, la chuspata, el carricillo y el coture.

Cosechado

Es el retiro de la vegetación acuática que se encuentra en áreas de navegación, pesca

y de acceso a las islas y poblaciones ribereñas y que se encuentren a profundidades mínimas de 0.80 m. Estas zonas son rehabilitadas para tener una mejor navegación y área de pesca. Esta actividad se realiza con los cosechadores, máquinas que auxilian el trabajo del despaltizador (vegetación triturada). Los trabajos son realizados por dos cosechadores que cuentan con un sistema hidráulico para recoger, transportar y depositar el material fuera del lago, la vegetación que se trabaja principalmente es el lirio.

Formación de Brechas y Canales

Esta operación se realiza con la máquina llamada anfídraga, la cual permite la construcción de canales de llamada y de navegación en el lago, mediante la extracción de material por medio de un cucharón de extracción similar a la retroexcavadora (mano de chango), depositando este material a cada lado de los canales, formando así los bordos del mismo. Las operaciones de formación de canales tienen para fines de control de obra y del programa, y se usa el metro cúbico (m³) como unidad de medida.

PRINCIPALES OBRAS REALIZADAS (2002-2007)

Rehabilitación de Canales de Navegación en la Localidad de Colonia de Coro, Municipio de Zinapécuaro

Antecedentes. Debido a la proliferación de maleza acuática en la parte del lago que se encuentra entre la localidad de Colonia de Coro y las Islas de San Pedro y Coenio (sobre todo tule y coture), se impedía que los pescadores tuvieran acceso a las áreas de pesca localizadas en el centro del lago.

Ubicación. Colonia de Coro, Municipio de Zinapécuaro, Michoacán.



LONGITUD TOTAL DE CANALES: 7,415 m
SUPERFICIE: 5.65 ha
REMOCION DE SÓLIDOS: 242 m³

Obra realizada. Durante los últimos seis años se han rehabilitado los canales de navegación Cueva del Gato - Isla San Pedro e Isla Coenio, mediante la trituración del tule y coture, y la extracción de de maleza y remoción de sólidos en la orilla del lago.



Situación anterior



Situación actual

Rehabilitación de Canal de Navegación, Puente II - Andocutín

Antecedentes. En el Lago de Cuitzeo proliferan plantas cuyas raíces están bajo el agua, pero la mayor parte de la planta emerge, constituyendo verdaderas malezas, tal es el caso de la chuspata y tule mezcladas con carricillo que forman masas flotantes que llegan a alcanzar 1.00 m de espesor, que poco a poco van creando su propio suelo hasta que enraízan en sitios cercanos a la orilla debido a su poca profundidad (0.30 a 1.00 m), formando primero un pantano y después suelo firme, dificultando su erradicación. Dicha asociación se localiza en la parte Norte de la Isla de Tzirio así como en la ribera Sureste, en la localidad de San Bartolomé Coro. En el año 1995 se abrió este canal de navegación mediante la trituración y cosechado de maleza acuática; con el paso de los años este canal se fue cerrando hasta volver a generar el problema que le dio origen.

Ubicación. San Bartolomé Coro, Municipio de Zinapécuaro, Michoacán.



LONGITUD: 1,588 m
SUPERFICIE: 1.078 ha
REMOCIÓN DE SÓLIDOS: 4,631.2 m³



Obra realizada. Durante 2006 se rehabilitó el canal de navegación Puente II-Andocutín, mediante la extracción de raíz de la maleza acuática y remoción de sólidos, beneficiando así a 450 pescadores y sus familias.



Situación anterior



Situación actual

Conformación de Canal de Navegación San Rafael – Canal La Cinta

Antecedentes. En la zona Norte del lago, la vegetación ha provocado que las áreas de pesca queden muy alejadas de las localidades, esto debido a que con el paso de los años se convierten en tierra firme, como es el caso de San Rafael, Municipio de Santa Ana Maya, por lo cual los pescadores tienen que recorrer a pie un largo camino antes de poder acceder al lago con sus embarcaciones.

Ubicación. San Rafael, Municipio de Santa Ana Maya, Mich.



LONGITUD: 1,597 m
SUPERFICIE: 1.429 ha
REMOCION DE SÓLIDOS: 3,123 m³



Obra realizada. Conformación del canal de navegación San Rafael - Canal La Cinta, el cual permite la navegación al interior del lago. Esta obra se realizó en el año 2006, por medio de desmalezado de raíz y la remoción de sólidos, beneficiando a 30 pescadores y sus familias. Lo anterior con la colaboración del H. Ayuntamiento de Santa Ana Maya.



Situación anterior

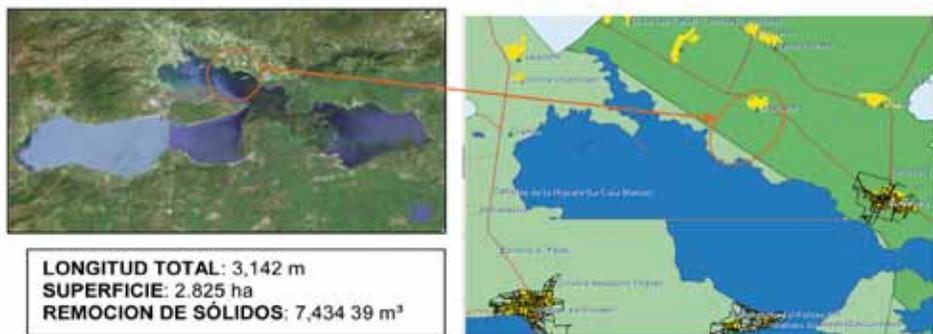


Situación actual

Conformación de Canales de Navegación, La Lobera- Área de Pesca y La Cruz – Área de Pesca

Antecedentes. Desde hace varios años, los pescadores de las localidades de La Lobera y La Cruz, Municipio de Santa Ana Maya, tenían que trasladarse grandes distancias para poder acceder a las diferentes áreas de pesca, esto debido a que la vegetación impedía el paso de las embarcaciones.

Ubicación. La Lobera y La Cruz, Municipio de Santa Ana Maya, Mich.



Obra realizada. Canales de navegación La Lobera - Área de Pesca y La Cruz – Área de Pesca, con el propósito de facilitar la navegación de los pescadores de estas localidades hacia el interior del lago. Estos canales de 9 m de ancho, se realizaron en el año 2007 con la colaboración del H. Ayuntamiento de Santa Ana Maya.



Situación anterior



Situación actual

Desmalezado de Litoral Norte Lado Oriente

Antecedentes. La proliferación de maleza acuática en la zona del litoral que se encuentra en la parte Norte de la Calzada de Cuitzeo, provocaba problemas para la pesca y navegación, así como el deterioro escénico en perjuicio de pescadores y prestadores de servicios.

Ubicación. La Calzada, Cuitzeo, Mich.



Obra realizada. Desmalezado de área frente a pie de playa del lado Oriente parte Norte. Durante los años 2005 y 2006 se realizaron trabajos de trituración, cosechado y extracción de raíz con remoción de sólidos, beneficiando a pescadores, prestadores de servicios y comunidad en general.



Situación anterior

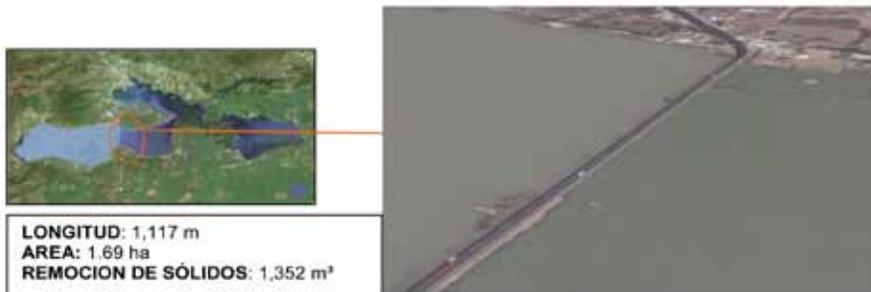


Situación actual

Desmalezado de la Parte Norte Lado Oriente de La Calzada

Antecedentes. A través de los años, el área paralela a la Calzada de Cuitzeo, se ha invadido de vegetación acuática, sobre todo chuspata y tule, con lo que se ha visto afectado el aspecto de este monumento histórico.

Ubicación: La Calzada, Cuitzeo, Mich.



Obra realizada. Con la colaboración del H. Ayuntamiento de Cuitzeo, se llevo a cabo el desmalezado de raíz y extracción de sólidos en el lado Oriente parte Norte de La Calzada, mejorando en gran medida el aspecto de esta zona.



Situación anterior

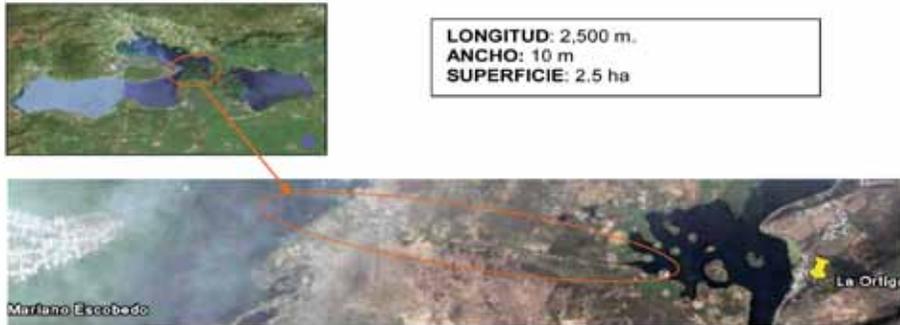


Situación actual

Rehabilitación del Canal de Navegación Mariano Escobedo – La Ortiga

Antecedentes. Debido a la proliferación de vegetación acuática (tule, chuspata y carricillo) en la zona que se encuentra entre la localidad de Mariano Escobedo y La Ortiga, fue necesario conformar en el año 1996, un canal de navegación que conectara las dos poblaciones, sin embargo al paso de los años este canal se fue cerrando hasta volver a generar el problema que le dio origen.

Ubicación: Mariano Escobedo, Municipio de Cuitzeo, Mich.



Obra realizada. Rehabilitación de canal de navegación Mariano Escobedo-La Ortiga. Durante los últimos seis años se han realizado obras de rehabilitación y mantenimiento de este canal mediante la trituración y cosechado de maleza acuática, beneficiando a un promedio de 1000 pescadores, tanto de Mariano Escobedo, como los de la parte Oriente del lago. Estas acciones no solamente han mejorado las actividades de pesca y de navegación, sino también han contribuido fuertemente a mejorar la hidrodinámica del lago.



Situación anterior

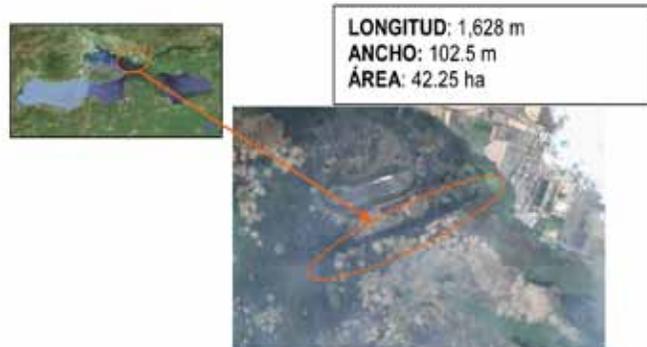


Situación actual

Canal de Desfogue Santa Ana Maya – Mariano Escobedo

Antecedentes. Con el objetivo de desplazar el lirio acuático que invade el área comprendida entre Santa Ana Maya y la bahía de San Nicolás Cuiritzco, en el año 2004 fue necesaria la realización de un canal de desfogue desde la cabecera municipal de Santa Ana Maya hacia Mariano Escobedo, Municipio de Cuitzeo.

Ubicación: Santa Ana Maya, Mich.



Obra realizada. Canal de desfogue. En esta obra se realizaron trabajos de trituración y cosechado de maleza acuática (chuspata y tule), lo que permitió acarrear de manera natural lirio a zonas donde no prospera, beneficiando a 120 pescadores y sus familias.

CONCLUSIONES

Las actividades de control de vegetación acuática, desarrolladas por el Programa de Rehabilitación y Mantenimiento del Lago de Cuitzeo, no son la solución de fondo a la problemática de este embalse, ya que no resuelven los problemas que le dan origen, como lo son: el fuerte proceso de urbanización, la contaminación del agua, la producción de desechos sólidos, la deforestación y la erosión. Sin embargo, brindan un beneficio directo a los habitantes de la región, ya que permiten la pesca, la artesanía y el turismo, propiciando un mejor nivel de vida a los que hacen uso de los recursos del lago. Además, estas acciones intentan restablecer un escenario natural sano, que incida en la conducta y actitud de los propios pobladores y visitantes para el cuidado, respeto y disfrute de los recursos naturales y pesqueros, ante la adopción de una cultura ecológica.

En el marco del Plan Estatal de Desarrollo 2002-2008, el programa contribuye a potenciar y capitalizar los recursos acuáticos del Lago de Cuitzeo, fomentando una pesca sustentable, manteniendo esta actividad como fuente de subsistencia alimentaria en beneficio de la dieta popular. Además se incide en la disminución de problemas ambientales que se relacionan con dificultades sociales como pobreza, migración y desintegración.

Es importante seguir aplicando este programa, teniendo en cuenta que es necesario reforzarlo con acciones complementarias de todos los niveles de gobierno y sociedad en general, lo cual permitiría brindar una solución integral a la problemática existente en el Lago de Cuitzeo.

LITERATURA CITADA

Barajas G., S. A. 2007.. Expediente Técnico 2007 del Programa de Rehabilitación y Mantenimiento del Lago de Cuitzeo. Comisión de Pesca del Estado de Michoacán - Gobierno del Estado de Michoacán, 18. pp.

Correa G., P. y M. Gómez R. 2003. Atlas Geográfico del Estado de Michoacán. Gobierno del Estado, Secretaria de Educación Michoacán-U.M.S.N.H. / Editorial EDISSA, S.A. de C.V., 2ª ed., Morelia, México, 308 pp.

Centro Estatal de Desarrollo Municipal. 2006. Enciclopedia de los Municipios. Gobierno del Estado de Michoacán, en <http://cedemun.michoacan.gob.mx>

EL ENFOQUE DE SISTEMAS COMPLEJOS COEVOLUTIVOS COMO MARCO REFERENCIAL PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO

Yadira M. Méndez de Martínez y Alejandro N. Martínez García

Instituto Tecnológico del Valle de Morelia. K.m 6.5 Carretera Morelia-Salamanca

Fraccionamiento Los Ángeles, C.P. 58100, Tarímbaro, Michoacán. Paseo del Roble 443. Col. Prados Verdes. C.P. Morelia, Michoacán.

yadismm@yahoo.com

RESUMEN

La cuenca del Lago de Cuitzeo comprende total o parcialmente 23 municipios del estado de Michoacán. La cuenca concentra el 30% de la población total del estado, agrupando la mayor parte de la capacidad comercial e industrial del mismo, sosteniendo una importante proporción de la agricultura y ganadería, siendo el principal polo de crecimiento económico y poblacional de Michoacán. Como consecuencia de estas actividades, la cuenca muestra signos de deterioro tales como erosión, reducción de la cobertura forestal, cambio en la cobertura de suelo y contaminación de agua. La importancia de lograr la sustentabilidad de la cuenca, considerándola como un complejo sistema biofísico y socioeconómico, es evidente. Para enfrentar el reto de lograr la sustentabilidad de la cuenca del lago de Cuitzeo, se sugiere la aplicación del Enfoque de Sistemas Complejos Coevolutivos. (SCCs), entidades basadas en los humanos, sus actividades y recursos para lograr sus propósitos y objetivos. Los SCCs coevolucionan con su medio ambiente a través de la generación y aplicación de conocimiento, empoderando a los humanos para entender la complejidad de sus sistemas y de su medio ambiente, para desarrollar nuevas y mejores reglas de decisión, y para descubrir umbrales de fracaso y puntos de palanca para intervenir en sus sistemas. Bajo este enfoque, proponemos que la sustentabilidad emerge de un

proceso orientado a satisfacer propósitos múltiples, semi-estructurados, en conflicto, inconmensurables y dinámicos, con recursos escasos y bajo un ambiente de incertidumbre, y lo suficientemente flexible para coevolucionar con su medio ambiente socioeconómico y biofísico a través de la constante generación de conjuntos de opciones óptimas factibles para alcanzar sus propósitos, contrastando con la visión tradicional de la sustentabilidad como un estado en equilibrio o estable. Este enfoque propone una combinación de metodologías cualitativas y cuantitativas. Para la planeación, recolección, procesamiento, integración, interpretación, y utilización de datos e información, con el fin de generar, explicar, confirmar y/o refutar el conocimiento y mejorar el entendimiento y manejo de la cuenca del lago de Cuitzeo para hacerla sustentable.

Palabras clave: Sustentabilidad, complejidad, coevolución, recursos naturales.

INTRODUCCIÓN

La cuenca del Lago de Cuitzeo comprende total o parcialmente 23 municipios del estado de Michoacán. La cuenca concentra el 30% de la población total del estado, aglutinando la mayor parte de la capacidad comercial e industrial del mismo, sosteniendo una importante proporción de la agricultura y ganadería, siendo el principal polo de crecimiento económico y urbano de Michoacán (Buenrostro y Israde, 2003; López y Bocco, 2006). La importancia de lograr la sustentabilidad de la cuenca, considerándola en toda su complejidad biofísica y socioeconómica, es evidente.

El deterioro de los recursos naturales como consecuencia de estas actividades ha sido tema central en la literatura relacionada con la sustentabilidad de la cuenca del lago de Cuitzeo (Buenrostro y Israde, 2003; López y Bocco, 2006). Aunque algunos estudios han ido más allá de la dimensión biofísica del problema, aceptando que los procesos socioeconómicos combinados con procesos biofísicos determinan el estado del ambiente (v. gr. López y Bocco, 2006), no se ha estudiado al sistema en toda su complejidad biofísica y socioeconómica.

Röling y Wagemakers (1998) proponen que la sustentabilidad es un quehacer humano con múltiples objetivos, y que la evolución a la sustentabilidad depende de la reconstrucción activa del significado y de la importancia de las bases sociales y ecológicas sobre las cuales se basan los sistemas humanos. Por lo tanto, para enfrentar el reto de lograr procesos, estructuras, mentalidades y comportamientos sustentables, la presente propuesta sugiere la aplicación del Enfoque de Sistemas Complejos Coevolutivos (ESCCes) (Martínez-García, 2005 y Martínez-García, 2007) como marco referencial para facilitar el entendimiento y realizar acciones que conlleven a la sustentabilidad de la Cuenca del lago de Cuitzeo, enfatizando la necesidad de identificar los procesos más relevantes para tener un mejor entendimiento de la complejidad del problema, con el fin de identificar umbrales de fracaso, puntos de palanca y rompimiento, así como nuevas y mejores reglas de decisión para lograr el manejo sustentable de la cuenca.

Sistemas Complejos

Según McIntyre (1998), las ciencias de la complejidad estudian sistemas que muestran interacciones dinámicas, no lineales, discontinuas, no homogéneas e iterativas entre sus componentes y procesos, resultando en un comportamiento emergente, dinámico, no lineal, imprevisible, discontinuo, y ordenado. Dicho comportamiento no puede explicarse en función del comportamiento individual de los componentes del sistema, y debe ser estudiado a un nivel de descripción que preserve su complejidad, ya que el orden observado desaparece cuando se intenta simplificarlo o reducirlo. El comportamiento emergente no depende de los detalles de la estructura subyacente, sino de la complejidad de las interacciones entre los componentes, así como de las limitantes impuestas al sistema por el medio ambiente. Por lo tanto, el énfasis no está en los detalles estructurales, sino en las reglas o patrones que regulan los procesos que ocurren a dichos niveles (Cohen y Stewart, 1994). Así, un sistema complejo debe ser entendido a un nivel de descripción en el cual el orden que se quiere explicar no es empañado por los esfuerzos para entender su comportamiento, debiendo estudiarse a un nivel en el cual su complejidad no puede eliminarse (McIntyre, 1998).

Sistemas Complejos Coevolutivos

Los Sistemas Complejos Coevolutivos (SCCs) hechos por humanos, son entidades basadas en las actividades humanas y en los recursos disponibles para lograr sus propósitos y objetivos. Los SCCs coevolucionan con su medio ambiente a través de la generación y aplicación de conocimiento, empoderando a los humanos para entender la complejidad de sus sistemas y de su medio ambiente, para desarrollar nuevas y mejores reglas de decisión, y para descubrir umbrales de fracaso y puntos de palanca para intervenir en sus sistemas (Axelrod y Cohen, 1999).

El resultado de las intervenciones humanas en su medio ambiente está en función de procesos cognoscitivos y de acción. Si por un lado los procesos cognoscitivos tratan de simplificar la complejidad y la incertidumbre del mundo real, las acciones humanas incrementan la complejidad de los sistemas y de su medio ambiente (van der Leeuw y Aschan-Leygonie, 2000). Este incremento se debe a la ocurrencia de ajustes circulares, no lineales, recíprocos o coevolutivos en la complejidad de los sistemas, de su medio ambiente y su espacio de fase, el cual es definido como el conjunto de los estados posibles para un sistema dinámico (Figura 1). En este último, las diferentes trayectorias eventualmente se separarán de manera exponencial, lo cual implica que cualquier incertidumbre con respecto a las condiciones iniciales crecerá de manera exponencial debido a la introducción de variables de estado (factores considerados como esenciales para explicar el comportamiento del sistema), conocidas y desconocidas, completamente nuevas, y a la naturaleza no-lineal, iterativa y dinámica de las interacciones entre dichas variables (Wagner, 1999).

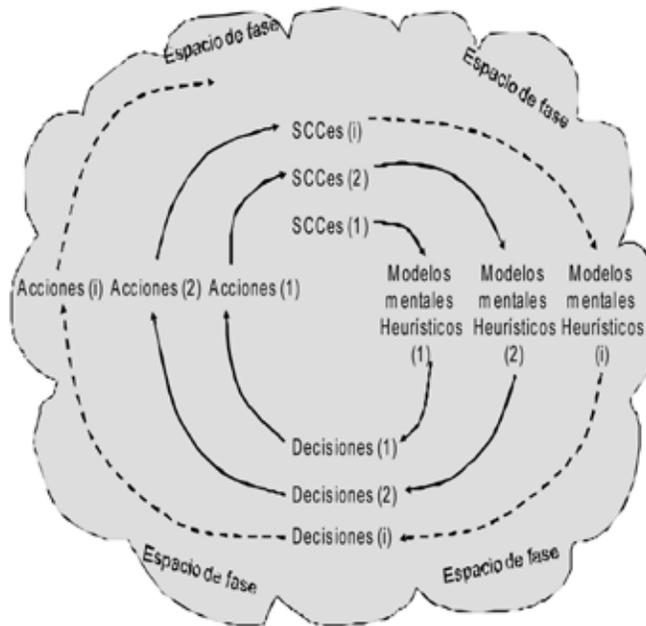


Figura 1. Sistemas Complejos Coevolutivos (SCCs).

Los SCCs se generan a sí mismos, son dinámicos, multi-dimensionales y con múltiples propósitos, siendo estos últimos inconmensurables, semi-estructurados, dinámicos, y en conflicto, con horizontes de corto, mediano y largo plazo, así como con inter-relaciones e intercambios complejos. Además, los SCCs tienen diferentes niveles jerárquicos, se desarrollan bajo un estado de tensión dinámica entre la flexibilidad y la estabilidad, la magnitud de sus reacciones a las perturbaciones son independientes del tamaño del cambio y dependientes de las condiciones internas del sistema al momento en que la perturbación ocurre, y es imposible predecir su comportamiento detallado y a largo plazo (Holland, 1999; Ascher, 2001; Cowan, 1999). Dicha imposibilidad está relacionada con la heterogeneidad de sus puntos de bifurcación y de sus atractores – los cuales son expresiones de los grados de libertad del sistema. Los puntos de bifurcación son aquellos dentro del espacio de fase en los que un sistema dinámico alcanza los límites de su desempeño, y o se extingue o evoluciona transformándose en un sistema diferente con procesos esencialmente diferentes. Los atractores son pequeñas regiones de estabilidad dentro del espacio de fase, y son utilizados para describir la diversidad de posibles comportamientos de los SCCs (Schlemm, 1998). Otros factores que contribuyen a la imposibilidad para predecir el comportamiento detallado y a largo plazo de los SCCs son la aleatoriedad y el caos que ocurren dentro y afuera del sistema, así como la existencia de límites en lo que es posible conocer y en nuestras herramientas de medición, procesamiento

e interpretación de datos e información.

SISTEMAS COMPLEJOS COEVOLUTIVOS SUSTENTABLES

Los SCCes sustentables son aquellos que muestran suficiente aptitud para conseguir sus propósitos y objetivos, desempeñándose por encima de umbrales de fracaso, además de mostrar suficiente flexibilidad para coevolucionar con su ambiente socioeconómico y biofísico a través de la constante generación de conjuntos de opciones óptimas factibles (Martínez-García, 2007). Así, la sustentabilidad implica procesos de resolución de complejos problemas de optimización con múltiples objetivos, semi-estructurados, y restringidos, con un espacio de fase complejo, multidimensional y dinámico (Martínez-García y Anderson, 2007) en donde coexisten situaciones no muy bien definidas (v.gr. intuición y valores humanos) con situaciones estructuradas (bien definidas y cuantificadas), implicando la necesidad de combinar procedimientos de solución convencionales con juicios intuitivos y subjetivos (Turban, 1995) en un proceso de síntesis integrativa, radical y continuo (Pickett, 1999). Dicha complejidad lleva a la necesidad de usar diversas tácticas y estrategias adecuadas tanto para el espacio (diferentes sistemas y jerarquías) como para el tiempo (el mismo sistema en diferentes estadios evolutivos), y a la existencia de conjuntos coevolutivos de soluciones óptimas para problemas de manejo sustentable. La existencia de dichos conjuntos explica el cambio en la percepción de la complejidad de algo que debe ser reducido debido a su carácter restrictivo, a oportunidades que pueden aprovecharse (Noe y Alrøe, 2002).

Por lo tanto, el ESCCe imbuje sistemas 'duros' ("lo que se conoce") dentro de aquellos llamados 'suaves' ("el que conoce") (Miles, 1988) en un flujo permanente, coevolutivo y dinámico, considerando al lado 'suave' del sistema (los que toman las decisiones, sus medio-ambientes psicológicos, sociales y culturales) como aquel en el cual se encuentra información de alto nivel, enfatizando el proceso de conocer para actuar, internalizando reglas de decisión para incrementar las capacidades coevolutivas de los que toman decisiones a través de un mejor entendimiento de sus sistemas y del descubrimiento-generación de puntos de rompimiento y de palanca, y de nuevas y mejores reglas de decisión. Consecuentemente, el enfoque es interdisciplinario, multi-dimensional, contextual, histórico, jerárquico, analítico-integrativo, comparativo y experimental, orientándose a explicar fenómenos y a generar metáforas para pensar y actuar.

La Cuenca del Lago de Cuitzeo Vista desde el Enfoque de SCCes

La Figura 2 muestra el diagrama general del enfoque de Sistemas Coevolutivos Complejos aplicado a la Cuenca del Lago de Cuitzeo. En la Figura 2 se observa la interacción circular recíproca de los humanos, sus recursos y actividades para lograr sus objetivos. En dicho proceso, los humanos no solo modifican su entorno biofísico (p.ej. recursos naturales) y socioeconómico (p. ej. migración) si no que también son modificados por éste en un proceso de coevolución en el cual, dadas las características de los sistemas complejos, pueden surgir una serie de opciones óptimas factibles para alcanzar sus propósitos sin comprometer su entorno biofísico y socioeconómico.

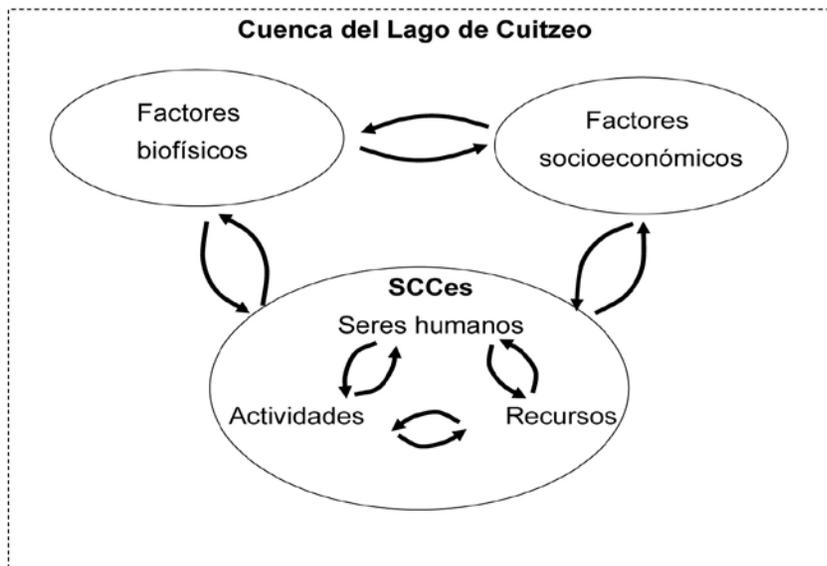


Figura 2. La cuenca del lago de Cuitzeo vista desde el enfoque SCCes.

Para operacionalizar el SCCes, se sugiere una combinación flexible de metodologías cualitativas (v.gr. aprendizaje en acción, enfoques inductivos, entrevistas semi-estructuradas, discusiones de grupo, ver Méndez de Martínez, 2007) y cuantitativas (v.gr. modelos de simulación y procedimientos meta-heurísticos de optimización multi-objetivo, ver Martínez-García, 2007) durante la recolección, procesamiento, integración, interpretación, y utilización de datos e información con el fin de generar, explicar, confirmar y/o refutar el conocimiento y mejorar el entendimiento y manejo sustentable de la cuenca del lago de Cuitzeo. La síntesis integrativa será utilizada para generar diversos modelos jerárquicos (verbales, diagramáticos, matemáticos y computacionales) del problema en cuestión para tratar de capturar el comportamiento emergente de los SCCes, y para identificar, articular e implementación de indicadores cuantitativos clave y de determinantes clave de sustentabilidad, en forma de funciones objetivo, limitantes, umbrales de fracaso, y variables de decisión, para alcanzar objetivos de sustentabilidad a un mínimo costo, con los máximos rendimientos posibles, y con mínima intervención regulatoria.

CONCLUSIONES

En un tiempo en que lograr la sustentabilidad no es una opción, sino una necesidad impostergable, la esencia del problema radica en las respuestas a dos preguntas: ¿Qué es lo que se quiere hacer sustentable? y ¿Qué significa sustentabilidad para aquello que se quiere hacer sustentable?. Los autores proponen que la primera respuesta

se refiere a sistemas complejos (de los cuales la cuenca del lago de Cuitzeo es un ejemplo), y que la respuesta a la segunda pregunta se refiere a las definiciones operacionales de sustentabilidad y de sistemas complejos sustentables citadas en el presente trabajo, con el cual se pretende comenzar a sentar las bases teóricas de lo que será la aplicación práctica de las ciencias de la complejidad para contribuir a alcanzar un manejo sustentable de la cuenca.

LITERATURA CITADA

Ascher, W. 2001. Coping with Complexity and Organizational Interests in Natural Resource Management. *Ecosystems* 4:742-757.

Axelrod, R., and M. D. Cohen. 1999. *Harnessing Complexity-Organizational Implications of a Scientific Frontier*. The Free Press. USA.

Buenrostro, O. e I. Israde. 2003. La Gestión de los Residuos Sólidos Municipales en la Cuenca del Lago de Cuitzeo, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 19 (4). Pp. 161-169.

Cohen J. and I. Stewart. 1994. *The Collapse of Chaos – Discovering Simplicity in a Complex World*. Penguin Books. Penguin Group. London, UK.

Cowan, G. A. 1999a. Conference Opening Remarks. Pp. 1-4. In Cowan et al. (eds.): *Complexity, Metaphors, Models, and Reality*. Santa Fe Institute-Studies in the Science of Complexity, Vol. XIX. Addison-Wesley. USA.

Holland, J. H. 1999. Echoing Emergence: Objectives, Rough Definitions, and Speculations for ECHO-Class Models. Pp. 309-342. In Cowan et al. (eds.): *Complexity, Metaphors, Models, and Reality*. Santa Fe Institute-Studies in the Science of Complexity, Vol. XIX. Addison-Wesley. USA.

López, E. y G. Bocco 2006. Patrones Locales de Cambios Globales: Efectos de la emigración en el cambio de uso del suelo en el Centro de México. El Caso de la Cuenca del lago de Cuitzeo, México. *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. Vol. X No. 218 (09). Agosto 2006.

McIntyre, L. 1998. Complexity: A philosopher's reflexion. *Complexity*, Vol. 3 No. 6: 26-32.

Martinez-Garcia, A. N. 2005. *A Complex Co-Evolutionary Systems Approach for the Management of Sustainable Grasslands: A Case Study in Mexico*. Unpublished PhD thesis. Department of Mathematics-Advanced Computational Modelling Centre-Department of Natural & Rural Systems Management, The University of Queensland, Brisbane, Australia. Available at <http://eprint.uq.edu.au/archive/00002914/>.

Martinez-Garcia, A. N. and J. Anderson. 2007. Cárnico-ICSPEA2 – A Metaheuristic Co-evolutionary Navigator for a Complex Co-evolutionary Farming System. *European Journal of Operational Research – Feature Issue on Applications of Metaheuristics*, 179:634-655.

Méndez de Martinez, Y. 2007. Effects of Urban Growth in the process of Impoverishment of Campesinos' Households living in peri-urban areas: A case study in Mexico City. A thesis submitted for the Degree of Doctor of Philosophy at the University of Queensland. School of Geography Planning and Architecture. July, 2007.

Miles, R. K. 1988. Combining 'soft' and 'hard' systems practice: grafting or embedding? *Journal of Applied Systems Analysis*, 15:55-60.

Noe, E.; and H. F. Alrøe. 2002. Farm enterprises as self-organising systems: A new framework for studying farm enterprises? In: *Proceedings of the XVth ISA World Congress of Sociology*. 7-13 July, Brisbane, Australia.

Pickett, S T. A. 1999. The culture of synthesis: habits of mind in novel ecological integration. *Oikos* 87:479-487.

Röling, N. G.; and M. A. E. Wagemakers. 1998. A new practice: facilitating sustainable agriculture. Chapter one. En: *Facilitating Sustainable Agriculture*. Röling N. G. and Wagemakers, M. A. E. (eds.). Pp. 3-22. Cambridge University Press. Melbourne Australia.

Schlemm, A. 1998. The Concept of Co-Evolution. Disponible en: <http://www.thur.de/hilo/coev.htm>.

Turban, E. 1995. *Decision Support and Expert Systems*. Fourth edition. Prentice Hall International Inc. USA.

Wagner, A. 1999. Causality in Complex Systems. *Biology and Philosophy*, 14, 83-101.

USO DE TÉCNICAS MULTICRITERIO PARA LA GESTIÓN DE RECURSOS Y APLICACIÓN DE POLÍTICAS AMBIENTALES EN LA CUENCA DE CUITZEO, MICHOACÁN

D. I. González-Terrazas¹, M. E. Mendoza¹ y D. Geneletti²

1 Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. UNAM. México; 2 Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental. Universidad de Trento, Italia.

Correo electrónico: dgonzalez@pmip.unam.mx.

RESUMEN

El objetivo del estudio es la identificación de áreas prioritarias para la implementación de políticas ambientales con intención de apoyar el desarrollo sustentable en la cuenca del lago de Cuitzeo. Este trabajo se enfoca en dos importantes políticas: Conservación y Uso sustentable. La identificación y priorización se basó en el uso de un proceso de toma de decisiones espacial multicriterio. Los criterios se refieren a los objetivos (definidos por las políticas ambientales) y los atributos (definidos por las características socio-ambientales de la cuenca). El proceso de análisis jerárquico (AJ) fue la herramienta que permitió analizar la aptitud de los municipios y subcuencas a partir de los datos espaciales. Durante la fase de definición del problema, los atributos para cada política fueron identificados y posteriormente utilizados en la fase de evaluación (diseño). La ordenación (fase de selección) se basó en la aptitud global de cada una de estas unidades espaciales con respecto a las políticas ambientales evaluadas. Para la validación de los resultados se generaron cuatro escenarios para cada una de las políticas ambientales. Se generó un mapa integrado que agrupa las unidades espaciales en función del desempeño de estas en los diferentes escenarios. Por último, se realizó un análisis de conflictos potenciales para la aplicación de las políticas ambientales para cada subcuenca y municipio. Se encontró que al utilizar la subcuenca, como unidad de análisis se tiene un 25 por ciento más de superficie "sin

conflicto”, con respecto a la utilización de los municipios. Lo que apoya la idea de que la promoción de aplicación de recursos a programa de políticas a nivel de subcuencas generaría mayores consensos, minimizando los conflictos entre los sectores.

Palabras clave: Conservación, aprovechamiento, priorización, subcuencas, municipios.

INTRODUCCIÓN

La cuenca del Lago de Cuitzeo (CLC), localizada en el Cinturón Volcánico Transmexicano, forma una unidad natural que en su mayoría presenta las condiciones de degradación ambiental que son comunes a otras regiones de México y de otros países de la región intertropical con economías en desarrollo. Debido a que la CLC carece de drenaje superficial al exterior (es una cuenca cerrada o endorreica), todos los procesos ambientales que ocurren en su interior tendrán un efecto en otros ecosistemas de la misma cuenca, lo cual facilita el análisis de la dependencia entre dichos procesos.

La degradación ambiental en el área de estudio tiene su principal expresión tanto en el deterioro de sus sistemas productivos como en el de sus ecosistemas. Estos procesos negativos tienen sus principales causas en el impacto derivado del inadecuado manejo agropecuario y las deficiencias en el tratamiento de aguas residuales. Algunas áreas con alto valor biológico de la CLC se enfrentan al riesgo de perder su capital natural y equilibrio ecológico, mientras que otras áreas de la zona con alto potencial productivo para actividades forestales, de ecoturismo y agrícolas, entre otras, han sido mal aprovechadas debido a deficiencias en la evaluación de la aptitud de tierras (Mendoza, et al., 2001).

Es un hecho reconocido que las cuencas son la unidad natural más apropiada para hacer un análisis espacial de los componentes ambientales (Cotler y Priego, 2007), pero a pesar de ello, los recursos financieros destinados a programas ambientales son asignados a los municipios, que son unidades económico administrativas. Como consecuencia, surge la necesidad de establecer un método racional y transparente para la asignación de recursos financieros para mejorar el aprovechamiento de los recursos naturales de la CLC. Es imperativo contar con mecanismos capaces de dar sustento tanto a las negociaciones entre los actores sociales como a la construcción de escenarios para la elección de las alternativas más adecuadas. Estas aproximaciones metodológicas deben de tomar en cuenta la totalidad de la complejidad de los aspectos espaciales de los procesos ambientales, al tiempo que constituyan una base sobre la cual se alcancen los objetivos de manejo del territorio a los distintos niveles administrativos.

Este trabajo se centra en desarrollar un procedimiento de identificación y agregación de áreas prioritarias en municipios y subcuencas para la aplicación de las políticas de conservación y aprovechamiento sustentable dentro de la CLC. Esto con la finalidad de establecer una jerarquía de la aptitud potencial de los municipios y subcuencas para la aplicación de estas políticas ambientales y de esa manera fortalecer el desarrollo sustentable de la CLC.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y Generalidades

La cuenca cerrada del Lago de Cuitzeo se localiza en la región central de México dentro del Cinturón Volcánico Transmexicano, en el estado de Michoacán. Las coordenadas extremas son: 19° 30', 20° 05' LN y 100° 35', 101° 30' LO. Ocupa una superficie de aproximadamente 4, 000 km². Al fondo de la cuenca se localiza el segundo cuerpo de agua más grande de México, el cual se caracteriza por ser somero (entre 1 m y 2 m) y salobre. El área de estudio se ubica en una zona transicional, entre los climas templado seco y templado húmedo.

Las coberturas predominantes por superficie, para el año 1975, fueron cultivos de temporal, matorrales, bosques y cultivos de riego; mientras que en el año 2000 y 2003 fueron matorrales, bosques, cultivos de temporal y cultivos de riego. La cobertura de bosques templados se localiza en la porción sur de la cuenca, mientras que la cobertura de matorrales se presenta principalmente en la porción centro y norte de la misma. Proporcionalmente, el área ocupada por los asentamientos humanos creció al doble, lo que indica una alta tasa de transformación de otras coberturas hacia asentamientos humanos. El asentamiento urbano más importante dentro de la cuenca es la ciudad de Morelia, localizada en la sección central de la zona de estudio, seguida por la ciudad de Zinapécuaro. Dentro de la cuenca se encuentran total o parcialmente 28 municipios.

Análisis Espacial

El análisis espacial se enfocó en la identificación de los indicadores biofísicos o socioeconómicos más adecuados para evaluar y jerarquizar el potencial de los municipios y subcuencas para la aplicación de las políticas de conservación y aprovechamiento sustentable. La interpretación visual del arreglo de las curvas de nivel y el patrón de drenaje a escala 1:50,0000, permitió diferenciar 38 subcuencas que drenan o a la planicie del lago o directamente al lago.

Proceso de Toma de Decisiones Multicriterio

El método utilizado incluyó las siguientes cuatro fases (Malczewski, 1999):

Formulación del problema. Esta es la fase de formulación del problema y que conduce a construir la estructura de los criterios para cada política con base en el AJ. La secuencia de actividades en esta fase fue: (1) Identificar los objetivos de la aplicación de las políticas de conservación y aprovechamiento sustentable con base en los requerimientos establecidos en las leyes ambientales locales; (2) Definir criterios apropiados para caracterizar cada objetivo principal y secundario, y (3) Definir las limitaciones de cada objetivo principal y secundario para establecer las áreas no aptas para las políticas de conservación y aprovechamiento sustentable.

Evaluación de la aptitud total de los municipios y subcuencas. En la fase de evaluación se obtienen los indicadores que pueden emplearse para la evaluación de la aptitud de los municipios y subcuencas de la CLC, para la aplicación de las políticas de

conservación y aprovechamiento sustentable. El objetivo principal de esta fase es ejecutar el Análisis Espacial Multicriterio (AEM) empleando la estructura de criterios y limitaciones definidos en la fase previa, para obtener el mapa de aptitud para las políticas de conservación y aprovechamiento sustentable. En esa fase se define la importancia relativa de los criterios e indicadores con base en la elaboración de Matrices de Comparación Pareada (MCP).

Jerarquización de las unidades. Esta fase condujo a la evaluación y jerarquización de los municipios y subcuencas con base en su aptitud total para la aplicación de las políticas de conservación y aprovechamiento sustentable. Las actividades en esta fase son: (1) Definición de una nueva estructura de criterios para la evaluación de las unidades espaciales para cada política ambiental, y (2) Definición de los escenarios decreto, demanda y oferta: (2.1.) Decreto, en el cual se le da mayor importancia a las estrategias y políticas decretadas en el programa de ordenamiento ecológico de la CLC; (2.2) Demanda, en el cual se le da mayor importancia a la demanda social inferida por el índice de marginación, y (2.3) Oferta, en el cual se le da mayor importancia al índice de aptitud definido por el AEM. (3) Elaboración del AEM con la nueva estructura de criterios, tomando en cuenta la generación de tres escenarios para cada política ambiental evaluada.

Análisis de sensibilidad y de conflictos. Los resultados son examinados con relación a diferentes escenarios con intención de verificar la robustez del método y reconocer la afinidad de las unidades analizadas para una cierta política ambiental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base en los árboles multicriteriales representados en las Cuadros 1 y 2, se definió lo siguiente.

Política de Conservación

Las unidades con los valores más altos del índice de aptitud se dividen en dos grupos. El primer grupo se distribuye en la parte alta de la cuenca en donde predomina un paisaje de montaña y lomeríos, la cubierta vegetal se constituye principalmente por bosque de pino, bosque mixto de pino-encino y en las partes más altas bosque de abetos.

Política de Uso Sustentable

Las unidades con los valores más altos del índice de aptitud para la aplicación de esta política son las que se encuentran en las partes bajas de la cuenca en la planicie lacustre, y en la zona norte donde se desarrolla una intensa actividad agrícola de riego y de temporal.

Con base en la distribución de los valores del índice de aptitud de las unidades, se construyeron las clases de aptitud. La comparación del desempeño de cada unidad para cada política ambiental determina el tipo de conflicto presente (Cuadro 3).

Cuadro 1. Árbol multicriterio de la política de conservación con pesos asignados mediante la MCP.

Peso	Factor	Peso	Factor	Peso	Factor	Peso	Factor				
Comp. preada	.45	Comp. pareada	.25	Degradación-deforestación	Comp. pareada	.25	Distancia a la degradación-deforestación de bosques 1975-2003				
							.75	Distancia a la degradación-deforestación de bosques 1996-2003			
			.75			Estado de conservación		Comp. pareada	.39	Estabilidad de bosques	.25
							.10				.75
			.51			Tamaño de parches de bosque					
						Presencia de tipos de bosque conservado					
	.15	Restricciones espaciales	Comp. pareada	.75	Comp. pareada	.75	Distancia. a asentamientos urbanos				
							.25	Distancia. a caminos			
	.16	Riesgos	Comp. pareada	.50	Comp. pareada	.50		Riesgo de deslizamiento			
							.50	Riesgo de erosión			
	.23	Rasgos notables	Comp. pareada	.65	Comp. pareada	.28		Distancia. a la zona de cabecera			
							.07	Singularidad			
	Elevación mayor a 2,800 m										

Peso	Factor	Peso	Factor	Peso	Factor		
Comp.	.44	Comp. pareada	.20	Agricultura de temporal	Distribución de uso de suelo potencial		
			.20	Agricultura de riego	Distribución de uso de suelo potencial		
			.20	Huerto-hortaliza	Distribución de uso de suelo potencial		
			.20	Pastizal	Distribución de uso de suelo potencial		
			.20	Forestería	Distribución de uso de suelo potencial		
			.34	Procesos de cambio	Comp. Pareada	.25	Estabilidad de bosques
.75	Estabilidad de áreas productivas	Comp. pareada					
						.75	.75
.25	.64	Comp. pareada					
						.10	.19
.73	.08	Comp. pareada					
			.19	.14	Comp. pareada	.08	.19
.08	Riesgos	.08					
			.08	Riesgos	.08	.08	.08

Cuadro 2. Árbol multicriterio de la política de uso sustentable con pesos asignados mediante la MCP.

Cuadro 3. Tipos de conflicto y cruce de las aptitudes por unidad territorial

Tipo de Conflicto	Clases de aptitud	
	Unidad territorial (conservación)	Unidad territorial (uso sustentable)
Sin conflicto 1er orden	“Apta”	“No apta”
Sin conflicto 2do orden	“Moderadamente apta”	“No apta”
Sin conflicto 3er orden	“No apta”	“No apta”
Mixto 1er orden	“Apta”	“Apta”
Mixto 2do orden	“Apta”	“Moderadamente apta”
Mixto 3er orden	“Moderadamente apta”	“Moderadamente apta”

Se identifican tres distintas orientaciones en relación con las políticas ambientales: las subcuencas y municipios orientados a las actividades productivas ubicados en la parte baja de la cuenca sobre la planicie lacustre, las unidades territoriales orientadas a actividades de conservación localizados en las zonas de cabecera, y las unidades territoriales con orientación mixta, comprendiendo los ambientes de transición entre las partes altas y bajas de la cuenca.

El tipo de conflicto más ampliamente distribuido en la CLC es el “Mixto 3er orden”, es decir, la mayoría de las unidades territoriales, ya sean los municipios o las subcuencas, tienen al mismo tiempo un grado moderado de aptitud para las dos políticas (Figura 1). La superficie total ocupada por afinidad para las políticas ambientales no cambia significativamente si se consideran los municipios o las subcuencas. Sin embargo, la superficie total “Sin conflicto 1er orden” aumenta considerablemente en la cuenca, tomando en cuenta una división territorial por subcuencas en relación a los municipios. Apoyando la idea de que la promoción de aplicación de recursos a programas de políticas a nivel de subcuencas generaría mayores consensos, minimizando los conflictos entre sectores.

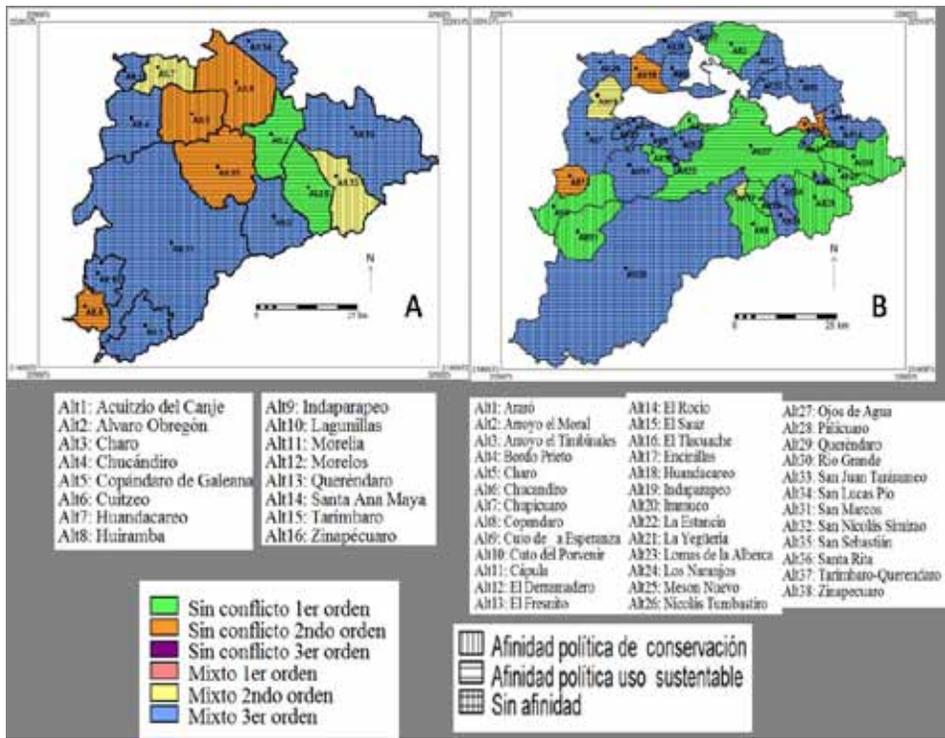


Figura 2. Conflictos potenciales: A. Municipios y B. Subcuencas

CONCLUSIONES

La combinación del AMC y el AJ permiten la transformación de juicios lógicos cualitativos en valores cuantificables relacionados con los atributos seleccionados para el estudio. De esta manera se facilita la integración de los datos espaciales de acuerdo a los objetivos de cada una de las políticas ambientales analizadas. El análisis de procesos de cambio en periodos múltiples, de corto y largo plazo, permite identificar las tendencias de cambio de uso del terreno. Este proceso puede incorporarse al análisis de aptitud para la aplicación de políticas ambientales como un atributo del paisaje; lo anterior constituye un enfoque novedosos en la toma de decisiones espaciales en la CLC. Los resultados del análisis de conflictos apoya la idea de que la aplicación de recursos a programas ambientales a nivel de subcuencas generaría mayores consensos, minimizando los conflictos entre los sectores involucrados. Los resultados del presente estudio sugieren que puede optimizarse la asignación de recursos financieros por subcuencas y municipios, maximizando la eficiencia de un presupuesto limitado para las políticas de conservación y de uso sustentable.

LITERATURA CITADA

Cotler, H. y A. Priego. 2007. El análisis del paisaje como base para el manejo integrado de cuencas: El caso de la cuenca Lerma-Chapala. pp. 79-90. In: Cloter, H. (Comp.). El manejo integral de cuencas en México. Estudios y reflexiones para orientar la política ambiental. SEMARNAT. Instituto Nacional de Ecología. México.

Malczewski, J. 1999. GIS and multicriteria decision analysis. Wiley & Sons. NewYork.

Mendoza M., E. López y G. Bocco. 2001. Regionalización ecológica, conservación de recursos naturales y ordenamiento territorial en la cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán. Informe Final. Proyecto No. 98306024. Programa SIMORELOS-CONACyT: 273 pp.

ORDENAMIENTO ECOLÓGICO TERRITORIAL DE LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO

Alejandra Acosta¹, Rocío Aguirre López¹ y Alejandro Torres G.²

1 Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente del Estado de Michoacán. Escarcha No. 272, Fraccionamiento Prados del campestre. C. p. 58290, Morelia, Michoacán. México. Tel. 01 (443) 3 14 06 45 y fax 3 24 84 00. 2 Comisión Nacional de Áreas Naturales región occidente.

aleacost@hotmail.com.

RESUMEN

En este trabajo se elaboró y gestionó el ordenamiento ecológico del territorio de la cuenca del Lago de Cuitzeo con el objeto de planear el uso del territorio de acuerdo con su potencial natural. El estudio técnico se basó en la metodología propuesta por Rosete (1998) y el Instituto Nacional de Ecología (2005). Las unidades de gestión ambiental (UGA's) son el producto del análisis de las etapas de caracterización, diagnóstico, pronóstico y propuesta, así como de un amplio consenso social con los diferentes actores involucrados en el uso del territorio (sociedad en general, ONG's, instituciones de investigación, dependencias de gobierno, diferentes sectores productivos). El modelo final esta compuesto por un total de 202 UGA's integradas por su uso predominante, política de uso de suelo y numero de UGA. Además, la tabla de usos, estrategias y lineamientos ecológicos, los cuales fueron aprobados por los cabildos de los 13 municipios y decretado en el periódico oficial del estado de Michoacán. El objetivo principal de este OET es proponer el mejor escenario para dirigir las políticas públicas de gobierno en busca de un mejor nivel de vida de la sociedad y un manejo sustentable de los recursos naturales.

Palabras clave: Políticas, estrategias, lineamientos, conservación, protección.

INTRODUCCIÓN

El Ordenamiento Ecológico del Territorio (OET) es un proceso de planeación a largo plazo, de carácter técnico-político, que pretende establecer, una organización del uso y ocupación del territorio, acorde con sus potencialidades y limitaciones, las expectativas y aspiraciones de la población y los objetivos sectoriales de desarrollo (Sánchez 2004), esto con el fin de garantizar un manejo sustentable y eficiente de los recursos naturales de dicho territorio. Por lo anterior, surge la necesidad de realizar el OET de la cuenca del Lago de Cuitzeo, la cual presenta problemas de tipo ambiental y socioeconómico.

El objetivo de este trabajo fue identificar los conflictos en el manejo de los recursos naturales en la cuenca y definir las potencialidades de uso de suelo con el fin de proponer un modelo de Ordenamiento Ecológico del Territorio (MOET) participativo que oriente los programas gubernamentales y defina la inversión en la región con base en las perspectivas futuras de los diferentes actores bajo un esquema de sustentabilidad.

Área de Estudio

La cuenca se localiza en el Sistema Volcánico Transversal, entre los 19°30' latitud norte y 100°30' longitud oeste y la zona decretada cuenta con una superficie de 370,951 ha (Figura 1). En ella se encuentra el segundo cuerpo de agua más grande del país, el cual presenta grandes periodos de desecación y ha sido considerado dentro de los humedales prioritarios para la conservación de especies migratorias (Villaseñor, 1994).

Esta región ha sido habitada desde tiempos remotos, sin embargo, en las últimas décadas se han originado problemáticas de tipo ambiental, como: deterioro de los recursos, cambio en el uso del suelo, erosión, contaminación, abatimiento del manto freático, disminución del vaso del lago de Cuitzeo y eutroficación de sus aguas (Mendoza et al., 2001). Así como, falta de planeación del crecimiento urbano, incremento en el consumo de agua (López, 2001; Acosta, 2002).

MATERIALES Y MÉTODOS

El proceso de OET tiene como objeto la formulación, generación, aplicación y evaluación del estudio técnico para lo cual es necesario la participación de un equipo de especialistas en diferentes campos científicos, de los comités técnico y ejecutivo, así como de un gran trabajo de gestión con los actores involucrados para garantizar su apropiación y ejecución por parte de los mismos; el proceso seguido para este OET se observa en la Figura 2.



Figura 1. Localización de la cuenca.

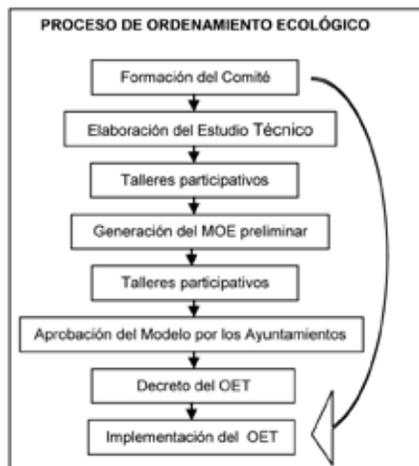


Figura 2. Proceso de OET.

El estudio técnico del OET se realizó a través de cuatro etapas que son: caracterización, diagnóstico, pronóstico y propuesta (DOF, 2003). Es en esta última en la que se basa el presente trabajo, la cual tiene como finalidad generar el modelo de ordenamiento ecológico del territorio (MOET) que es la representación, en un sistema de información geográfica, de las unidades de gestión ambiental (UGA's), la tabla de usos, las políticas ambientales y sus respectivos criterios ecológicos, los cuales son producto del análisis de las etapas de caracterización y diagnóstico realizados por instituciones de investigación y de los talleres participativos, con el objeto de proponer el mejor escenario para dirigir las políticas de gobierno en busca de un mejor nivel de vida de la sociedad y un manejo sustentable de los recursos naturales.

El modelo de ordenamiento se obtuvo de la metodología propuesta por Rosete (1998) y el Instituto Nacional de Ecología (2005), basada en la utilización de la regionalización ecológica, cuyas unidades geomorfológicas resultantes son utilizadas para realizar la evaluación de tierras que representa la oferta ambiental del territorio en estudio. Dicha oferta debe confrontarse con el uso actual del suelo que representa la demanda, lo cual nos permite detectar los conflictos ambientales y las coincidencias existentes para generar la propuesta de ordenamiento ecológico.

La escala de trabajo está directamente relacionada con los objetivos y alcances de un ordenamiento regional, en este caso se trabajó a escala 1:50,000 lo que permitió definir áreas homogéneas más precisas con similares coberturas y usos de suelo que facilitan la planeación a nivel regional, la definición de la inversión pública y definición de programas intermunicipales y la inducción del uso sustentable del territorio.

En el proceso de gestión se realizaron nueve talleres de participación social con la asistencia de gobierno estatal, federal y municipal, organizaciones no gubernamentales, representantes de los diferentes sectores (agrícola, ganadero,

forestal, pesca, industria, etc.), instituciones de investigación en el estado y sociedad en general.

RESULTADOS

Como se mencionó anteriormente los resultados de este trabajo están basados en la etapa propositiva del OET de la cuenca del lago de Cuitzeo, en esta etapa se genera el MOET, en el cual se incluyen los lineamientos y estrategias ecológicas. Dicho modelo es el producto final de un Programa de OET en el cual se plasman las propuestas de manejo con base en el análisis de los atributos del medio físico, biológico, social y económico, la aptitud potencial del territorio y de los procesos que ocurren en el mismo. Así como, de un amplio consenso social con los diferentes actores involucrados en el uso del territorio, cuyo objetivo principal es proponer el mejor escenario para dirigir las políticas públicas de gobierno en busca de un mejor nivel de vida de la sociedad y un manejo sustentable de los recursos naturales.

El MOET está integrado por un total de 202 unidades de gestión ambiental (UGA), identificadas mediante una clave compuesta por un número único y el uso propuesto (Figura 3).

Uso Propuesto

El uso propuesto es el resultado del análisis de la aptitud natural del territorio y tiende a disminuir los conflictos presentes por el uso inadecuado del territorio. Estos se representan con un color en el MOET.

Dentro de la cuenca predomina el uso forestal encontrándose en 53 UGA's, las cuales representan el 32.5% de la superficie, mientras que las UGA's con uso pecuario representan el 23.7% de la superficie, ambos usos constituyen más del 55% de la superficie de la cuenca (Cuadro 1).

Cuadro 1. Usos propuestos de las UGA's en OET de la cuenca del lago de Cuitzeo.

Uso propuesto	Clave de Uso	Número de UGA's	Superficie en hectáreas (ha)	Superficie en Porcentaje (%)
Agricultura de riego	Ar	23	46,048	12.4
Agricultura de temporal	At	6	5,239	1.4
Agropecuario	AP	14	37,523	10.1
Asentamientos humanos	Ah	38	27,805	7.5
Forestal	F	53	120,553	32.5
Frutícola	Fr	5	1,683	0.5
Bienes y Servicios Ambientales	BSA	23	10,276	2.8
Pecuario	P	30	87,800	23.7
Pesca	Pe	10	34,024	9.2
Total área decretada		202	370,951	100

Las UGA's de asentamientos humanos fueron un total de 38 representados por grandes ciudades (Morelia y sus tenencias) y las cabeceras municipales que representan sólo el 7.5 % de la superficie. Sin embargo, es importante resaltar que la cuenca se encuentra en proceso de urbanización como lo señala López (2001).

Es importante resaltar el papel de la agricultura de riego (23 UGA's) que ocupa una superficie que corresponde al 12 % de la cuenca, la cual se desarrolla principalmente en el valle Morelia-Queréndaro, donde se obtienen la mayor parte de los productos agrícolas que abastecen a la capital del Estado. Esta región presenta problemas de salinización del suelo y contaminación de los productos agrícolas por el riego con aguas negras, lo cual se espera que tienda a disminuir por la creación de la nueva planta tratamiento de aguas negras de la ciudad de Morelia.

Políticas Ambientales

La política ambiental es asignada con base en las características ambientales y socioeconómicas, así como a la aptitud y uso actual que predomina en cada UGA. Dichas políticas pueden ser de: aprovechamiento, conservación, restauración y protección, y en el MOET se diferencian por medio de achurados.

La política de aprovechamiento se destinó para aquellas UGA's en las que el uso actual es agrícola de riego, agrícola de temporal, agropecuario, asentamientos humanos, forestal, frutal, pecuario o pesca, los cuales coinciden con la aptitud potencial. Esta fue la política ambiental mejor representada en la cuenca con 115 UGA's que representa el 50% de la superficie (185,060 ha), lo que indica que la mitad de la cuenca se puede seguir aprovechando de acuerdo a los criterios establecidos en este ordenamiento a fin de lograr el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales. Lo anterior comprueba que ésta en una cuenca muy antropizada.

Las áreas de conservación son aquellas en las que se desea mantener su estructura, ya sea por uso forestal, mantenimiento de bienes y servicios ambientales o por su relevancia en la zona. La política de conservación se aplicó a 59 UGA's que corresponden al 46% de la cuenca lo que indica que todavía se cuenta con lugares cuyo mantenimiento de las condiciones actuales son importantes para mantener la estructura y función de los ecosistemas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Políticas ambientales en el MOET de la cuenca del Lago de Cuitzeo.

Política	Número de UGA's	Superficie (ha)	Porcentaje
Aprovechamiento	115	185,060	49.9
Conservación	59	171,547	46.2
protección	7	1,354	0.4
Restauración	21	12,990	3.5
Total área decretada	202	370,951	100.0

La política de protección se aplicó a las áreas naturales protegidas de carácter estatal que se localizan en la zona. Por otra parte la política de protección se asignó a 7 UGA's que ocupan el 4% de la cuenca en conjunto. Sin embargo, es importante resaltar que en este ordenamiento no se están considerando como zonas de protección las correspondientes a la "Zona Protectora Forestal Vedada, la Cuenca Hidrográfica del Río Chiquito de Morelia, Mich" con decreto federal en el año de 1936 para lo cual habrá que dirigirse a la legislación correspondiente.

La política de restauración se asignó a las UGA's de bienes y servicios ambientales las cuales se localizan principalmente en el vaso del lago donde la vegetación acuática está muy desarrollada y en las planicies de inundación; en UGA's forestales y pecuarias con alto grado de erosión, así como en varias UGA's se asignó como política adicional, con el objeto de apoyar en zonas que requieren de algún manejo especial ya sea por deforestación o erosión.

Lineamientos y Estrategias Ecológicas

Los lineamientos ecológicos son especificaciones de la intensidad de uso de los recursos y establecen límites de calidad en los elementos naturales, tasas de explotación y medidas para evitar el deterioro ambiental (SEDUE, 1988). Los lineamientos se establecieron para cada tipo de uso con el fin de garantizar el manejo adecuado de los recursos disponible en la cuenca y de revertir los procesos de degradación.

Por su parte las estrategias ecológicas son la integración de los objetivos específicos, las acciones, los proyectos, los programas y los responsables de su realización dirigida al logro de los lineamientos aplicables en el área de estudio (DOF, 2003). Las estrategias a seguir son los programas que las dependencias de gobierno aplican en la región, con el fin de lograr la planeación bajo un esquema de desarrollo socioeconómico garantizando un manejo sustentable de los recursos naturales de la región.

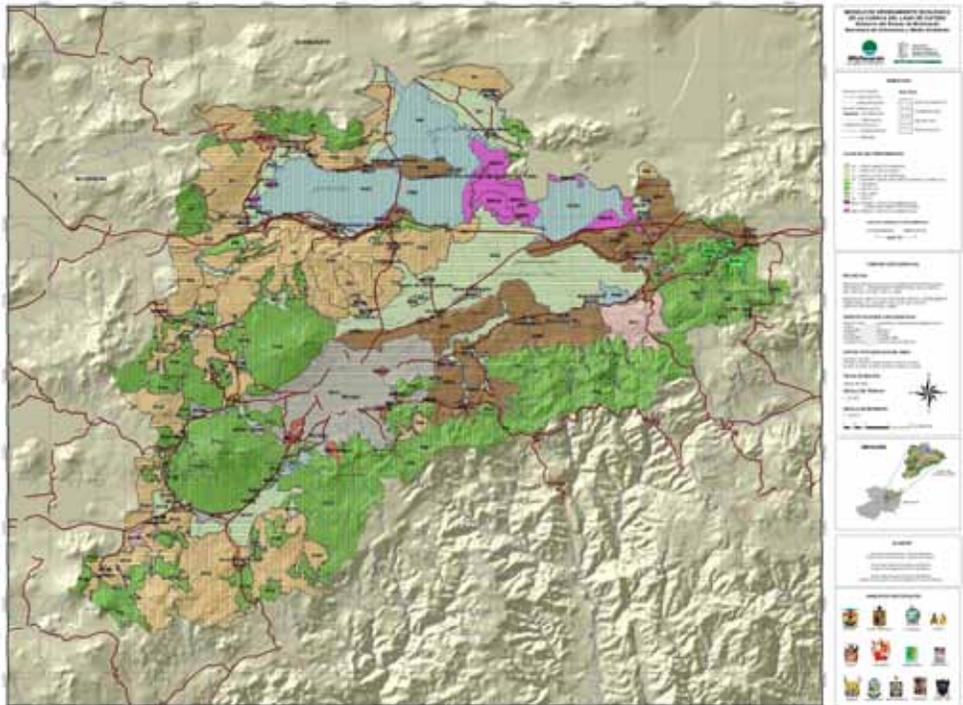
El paso final del OET es dar legalidad al MOET, con su tabla de usos, estrategias y lineamientos ecológicos, los cuales fueron aprobados por los cabildos de los 13 municipios y decretado en el periódico oficial del estado de Michoacán. Los cuales están dirigidos a proponer el mejor escenario para aplicar las políticas públicas de gobierno en busca de un mejor nivel de vida de la sociedad y un manejo sustentable de los recursos naturales.

CONCLUSIONES

El MOE está orientado a lograr el uso y ocupación más aptos en el territorio, a través de políticas públicas con la implementación de programas dirigidos a los distintos sectores productivos, ya que es un producto de la investigación científica y la participación social lo que puede favorecer el desarrollo integral y sustentable de la región. Del análisis de cada una de las etapas del OET se concluye que es necesario una planificación adecuada del crecimiento urbano con el objeto de disminuir el deterioro ambiental, la vulnerabilidad de la población a desastres naturales, mejor aprovechamiento de las áreas con aptitud agrícola y conservar las zonas de recarga.

Además, de realizar acciones de conservación y restauración en la parte alta de la cuenca, que permitan disminuir el azolvamiento del lago y la pérdida de biodiversidad, así como mejorar la recarga de los mantos acuíferos. Así como, desarrollar proyectos que impulsen el desarrollo de los diferentes sectores de la cuenca lo cual favorecerá el bienestar de la población bajo un esquema de sustentabilidad.

Figura 3. Modelo de Ordenamiento Ecológico de la cuenca del Lago de Cuitzeo.



LITERATURA CITADA

Acosta, A. 2002. Crecimiento de los asentamientos humanos y consumo de agua en la Cuenca del Lago de Cuitzeo (1975 – 2000). Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

DOF. 2003. Publicado el 8 de agosto de 2003. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Ordenamiento ecológico. Diario Oficial de la Federación. Gobierno Federal, México: 38-54.

INE. 2005. Guía Metodológica para la Formulación de los Programas de Ordenamiento Ecológico Territorial al Nivel Regional. Instituto Nacional de Ecología. México: 70.

López, E. y G. Bocco. 2001. Cambio de Cobertura Vegetal y Uso de Suelo. Regionalización ecológica, conservación de recursos y ordenamiento territorial, Informe Final presentado al Programa SIMORELOS – CONACYT. Departamento de Ecología de los Recursos Naturales, Instituto de Ecología, UNAM. México: 53-87.

Mendoza, M., E. López, y G. Bocco. 2001. Regionalización Ecológica, Conservación de Recursos Naturales y Ordenamiento Territorial en la Cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán Informe Final presentado al Programa SIMORELOS – CONACYT. Laboratorio de Geoecología, Departamento de Ecología de los Recursos Naturales, UNAM. Morelia, Mich. México. 266 pp.

Rosete, F. 1998. Diseño de base de datos para su aplicación en la evaluación de tierras de la comunidad indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. Tesis de Grado. Maestría en manejo y conservación de recursos naturales. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 78 pp.

Sánchez, T. y J. Palacio. 2004. La experiencia mexicana en la elaboración de los Programas Estatales de ORDENAMIENTO Territorial. Diagnostico, Problemática y perspectivas desde el punto de vista de la participación de Instituto de Geografía de la UNAM. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. Num. 53. México. pp. 75-97.

SEDUE. 1988. Manual de ordenamiento Ecológico del Territorio. Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología, Subsecretaria de Ecología, Dirección de normatividad y regulación ecológica. México: 354.

Villaseñor, L. E. 1994. Avifauna Terrestre y Acuática del Lago de Cuitzeo, México. Ciencia Nicolaita. No. 6. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México: 48-62.

LA INVESTIGACIÓN AMBIENTAL EN LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO: UNA REVISIÓN DE LA BIBLIOGRAFÍA PUBLICADA

Gerardo Bocco¹, Erna López Granados² y Manuel E. Mendoza¹

1 Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM. Campus Morelia. 2 Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, UMSNH.

Correo electrónico: gbocco@ciga.unam.mx

RESUMEN

Este trabajo ofrece una reseña de los resultados de investigación ambiental en la cuenca del Lago de Cuitzeo. En primer lugar se describen las características geográficas del área. En segundo lugar se presenta el análisis de la bibliografía por temas y por zona (toda la cuenca, o porciones de la misma). Finalmente se proponen algunas conclusiones en cuanto a los alcances y utilidad de la investigación referida.

Palabras clave: Paleoambiental, geología, geomorfología, hidrología superficial, vegetación, uso del territorio.

INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo es reseñar de manera crítica la bibliografía publicada como resultado de la investigación ambiental desarrollada en la cuenca del Lago de Cuitzeo. Para este fin, se recopiló y analizó la bibliografía disponible, utilizando la Internet y fuentes directas. Los resultados se presentan de la siguiente manera. En primer lugar una referencia breve a las características del área. En segundo lugar, el análisis de la bibliografía; este análisis se presenta por temas y de acuerdo a la extensión geográfica de la investigación (es decir, si abarcó toda la cuenca o una por-

ción de la misma). Finalmente se proponen algunas conclusiones en cuanto a los alcances y utilidad de la investigación referida.

Cabe aclarar que si bien la búsqueda fue exhaustiva, sin duda pueden estar ausentes de este documento algunas publicaciones de difícil acceso o bien no arbitradas. Asimismo, dadas las características y magnitud de la ciudad de Morelia, los resultados reportados sobre la misma se refieren a las relaciones con su entorno y subcuencas; finalmente, teniendo en cuenta la complejidad de las problemáticas abarcadas por la bibliografía analizada, no fue posible profundizar en todos los subtemas de igual manera.

Características Geográficas de la Cuenca ²²

El ambiente biofísico. La zona en estudio se localiza entre los 19°30' y 20°05' latitud norte, y 100°35' y 101°30' longitud oeste y abarca unos 4,000 km². El mayor porcentaje de la cuenca de estudio pertenece al estado de Michoacán y la parte norte corresponde al estado de Guanajuato (Figura 1). Cuitzeo junto con los lagos de Pátzcuaro, Zirahuén y Zacapu forma parte del grupo de cuencas endorreicas del Sistema Volcánico Transversal. De los lagos que existen en el país, el de Cuitzeo es en extensión el segundo cuerpo de agua pero es el que tiene mayor grado de salinidad. Presenta tres afluentes principales que confluyen en su ribera sureste: el río Grande de Morelia, el río Queréndaro y el río Zinapécuaro. Estos cursos descargan aguas negras que provienen de usos doméstico, agropecuario e industrial en las subcuencas. Cuitzeo cuenta además con las aportaciones de numerosos arroyos de temporal y al menos 30 fuentes termales que se localizan en lomeríos de la parte baja de la cuenca del lago. El cuerpo de agua y las zonas de inundación de Cuitzeo, donde se localizan 11 islas, abarcan una superficie de alrededor de 400 km² (Figura 2).

En la cuenca del Lago de Cuitzeo han sido registradas 2,359 especies, 682 géneros, 149 familias en tres divisiones de plantas (Pteridophyta, Pinophyta y Magnoliophyta). Los tipos de vegetación más comunes son: bosque de oyamel, bosque de pino, bosque de encino, bosque mesófilo de montaña, bosque tropical caducifolio, matorral subtropical, bosque espinoso, bosque de galería, pastizal, vegetación acuática y subacuática, plantaciones de eucalipto y/o bosque cultivado.

El Lago de Cuitzeo ha sido declarado como zona prioritaria para la investigación y la conservación por el Comité Tripartita compuesto por la Dirección General de Conservación Ecológica de los Recursos Naturales, el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos, el Servicio Canadiense para la Vida Silvestre y la Oficina para la Coordinación de la Gestión de los Humedales de México, Sección Pacífico (Comité Tripartita, 1992). Además, el lago forma parte de las regiones decretadas por la Comisión Nacional para el Estudio y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) por considerarse una región de alta biodiversidad, de uso por sectores y amenazada (<http://www.conabio.gob.mx/rphidrologicas/PRESENTACION.html>).

Los estudios realizados ²³ sugieren que el antiguo Lago de Cuitzeo se desarrolló a partir de los ca. 7 millones de años (Neógeno) hasta ca. 2 millones de años,

²² La cuenca de estudio recibe el nombre de Cuitzeo, vocablo Purhé que significa lugar dónde se hacen tinajas, refiriéndose a las vasijas que en ese lugar se realizaban para transportar pulque en la época prehispánica.

²³ La información geológica ha sido tomada de diversos trabajos de Isabel Israde y Víctor H. Garduño, convenientemente citados en la bibliografía.

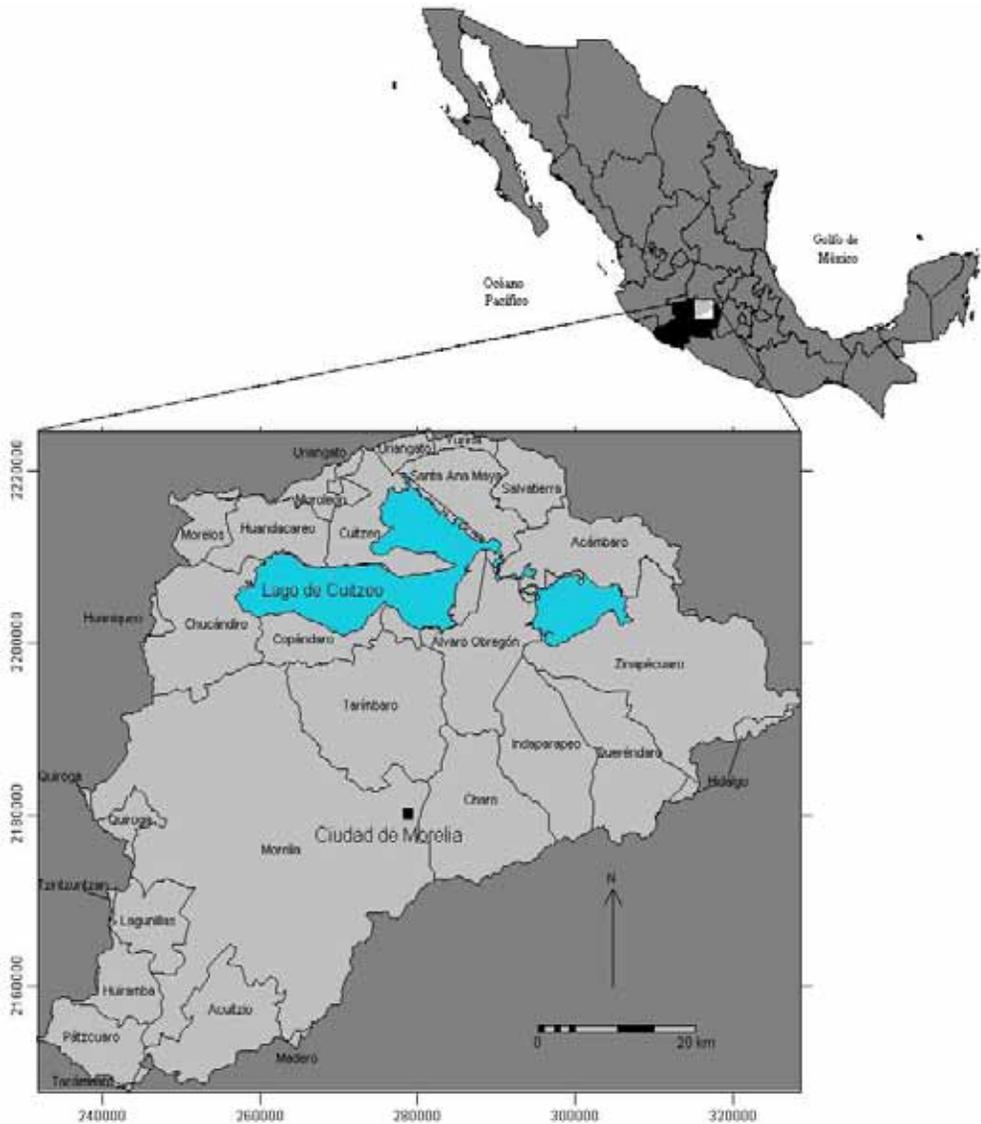


Figura 1. Localización de la cuenca del Lago de Cuitzeo. Tomado de López Granados, 2006.

alcanzando diferentes profundidades. La depresión de Cuitzeo se extiende desde Zacapu hasta el estado de México. En ella existen dos altos: Puruándiro – Huaniqueo y los Azufres, todos estos elementos estructurales cortados por fallas NE-SW y E-W.

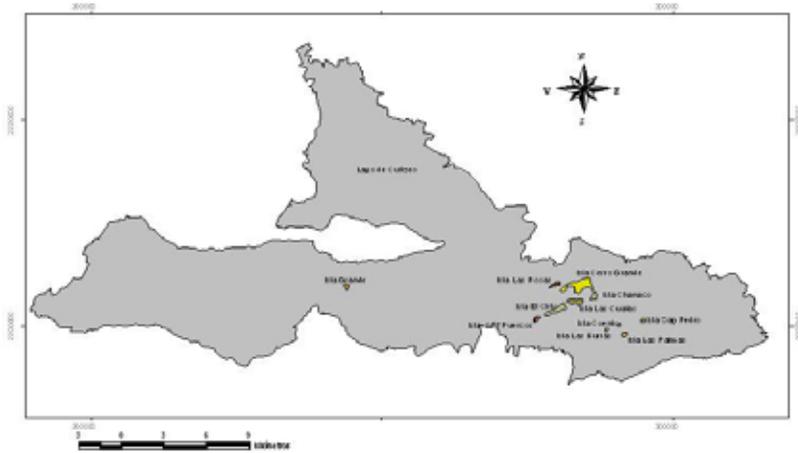


Figura 2. Islas en el Lago de Cuitzeo. Tomado de López Granados, 2006.

El lago se encuentra tectónicamente delimitado por semigrabens constituidos principalmente por rocas volcánicas y productos fluvio-lacustres que tienden a depositarse hacia el lago. La morfología de Cuitzeo se caracteriza por presentar altos y fosas tectónicas E-O y NE-SO en las que se han observado hasta 1,500 m de sedimento lacustre. A lo largo del margen septentrional del lago se observan depósitos lacustres recientes, al E y W se encuentran domos riolíticos y volcanes de edad Pliocuaternaria, mientras que al sur aflora el basamento constituido por andesitas, ignimbritas y algunas dacitas del Mioceno medio. En la cuenca los principales tipos litológicos son los depósitos superficiales que se encuentran en la parte centro, y los conos de lava se encuentran en la parte oeste de la cuenca.

El ambiente socioeconómico. La zona de estudio se encuentra conformada por 28 municipios, de los cuales 23 corresponden al estado de Michoacán de Ocampo y 5 municipios corresponden al estado de Guanajuato. Dentro de la cuenca se localizan 15 cabeceras municipales: Acuitzio del Canje, Álvaro Obregón, Copándaro de Galeana, Cuitzeo del Porvenir, Charo, Chucándiro, Huandacareo, Huiramba, Indaparapeo, Lagunillas, Queréndaro, Santa Ana Maya, Tarímbaro, Zinapécuaro y Morelia. Según datos de INEGI, en el año de 1970 existían 391 asentamientos humanos que aumentaron a 680 en el 2000. Según las mismas fuentes, la población de la cuenca en el año de 1970 era de 380,787 habitantes (16.4% de la población estatal) y en el año 2000 era de 837,773 habitantes (21.6% de la población estatal). Los municipios con mayor población eran, de acuerdo con INEGI (2001), Morelia, Zinapécuaro, Tarímbaro y Cuitzeo, en donde se encuentran ubicadas las ciudades con mayor población de la cuenca, incluyendo la ciudad de Morelia, el asentamiento más importante en términos poblacionales y económicos del área de estudio, al ser la capital del estado.

Las principales actividades económicas que se desarrollaban en la zona de estudio en 1975 eran principalmente agropecuarias con cultivo de granos y producción de animales (en promedio el 88% de la población económicamente activa (PEA) se dedicaba a realizar actividades primarias). En el año 2000 únicamente el 30% de la PEA se mantenía en el sector primario y el resto se dedicaba a actividades secundarias y terciarias. Una característica importante de la población que habita en la cuenca, es su tendencia a la emigración hacia la ciudad de Morelia y los Estados Unidos; el 78.6% de los municipios que conforman la zona tienen intensidades migratorias altas y muy altas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Población municipal en la cuenca de Cuitzeo (1970 y 2000).

Municipios	Población total			Población rural			Población urbana		
	1970	2000	Diferencia (%)	1970	2000	Diferencia (%)	1970	2000	Diferencia (%)
Acámbaro	8,494	10,609	24.9	4,194	4,377	23.7	4,300	6,232	44.9
Acuitzio	6,640	9,356	40.9	3,517	3,590	2.1	3,123	5,766	2.08
Álvaro									
Obregón	9,528	19,502	104.7	5,936	11,591	95.3	3,592	7,911	95.3
Copandaro	6,758	9,151	35.4	3,738	5,743	53.6	3,020	3,408	53.6
Cuitzeo	19,016	26,254	38.1	14,141	11,192	-20.9	4,875	15,062	-20.9
Charo	8,223	16,650	102.5	5,682	12,082	112.6	2,541	4,568	112.6
Chucándiro	8,702	7,463	-14.2	8,702	7,463	-14.2	0	0	0
Hidalgo	150	145	-3.3	150	145	-3.3	0	0	-3.3
Huandacareo	9,813	11,808	20.3	3,861	5,108	32.3	5,952	6,700	12.6
Huiramba	3,938	6,561	66.6	3,938	3,931	-0.2	0	2,630	-0.18
Huaniqueo	0	0	40.2	0	0	0	0	0	0
Indaparapeo	8,291	16,187	95.2	4,634	6,622	42.9	3,657	9,565	161.6
Lagunillas	4,152	5,136	23.7	4,152	5,136	23.7	0	0	0
Madero	0	46	-	0	46	-	0	0	0
Morelia	202,855	616,948	204.1	41,815	48,350	15.6	161,040	568,598	15.6
Morelos	4,421	3,876	-12.3	4,421	3,876	-12.3	0	0	0
Moroleón	2,769	2,552	-7.8	2,769	2,552	-7.8	0	0	0
Pátzcuaro	3,474	7,155	5.6	516	2,177	321.9	2,958	4,978	322.0
Queréndaro	9,183	12,942	40.9	3,373	4,398	30.4	5,810	8,544	30.4
Quiroga	457	448	11.0	457	448	-2.0	0	0	-2.0
Salvatierra	4,390	2,587	-41.1	4,390	2,587	-41.1	0	0	0
Santa Ana Maya	11,147	13,952	25.2	6,921	7,117	2.8	4,226	6,835	2.8
Tacámbaro	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tarimbaro	19,430	39,408	102.8	16,776	23,765	41.7	2,654	15,643	489.4
Tzintzuntzan	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uriangato	3,336	3,043	-8.8	3,336	3,043	-8.8	0	0	-8.8
Yuriria	1,054	964	-8.5	1,054	964	-8.5	0	0	0
Zinapécuaro	23,805	37,020	55.5	13,887	17,315	24.7	9,918	19,705	24.7

Elaborado a partir de INEGI (1973) e INEGI (2001). Los renglones sombreados indican a los municipios que no se tomarán en cuenta en los análisis estadísticos por la pequeña proporción de superficie que presentan y en la mayoría de los casos la falta de habitantes en esa zona.

RESULTADOS DE LA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Se presentan los resultados, primero, al nivel de toda la cuenca, y luego los estudios de sitios específicos en su interior. En cuanto al nivel de cuenca, se inicia con la investigación paleoambiental, geología regional, geomorfología y vegetación; luego con la referida a la historia de la ocupación humana y el cambio en el uso del territorio por actividades antrópicas, posteriormente con la vinculada a procesos hidrológicos superficiales.

Investigación Paleoambiental, de Geología Regional y Geomorfología

La cuenca del Lago de Cuitzeo, junto con la depresión de Chapala conforman la Depresión Lacustre Cuitzeo-Chapala, la cual se caracteriza por su geometría y estilo de fallamiento (Garduño, 1999). El borde sur de la depresión de Cuitzeo se ubica en el Estado de Michoacán y el norte en Guanajuato. Todos los elementos estructurales en la cuenca están delimitados por fallas NE-SW y E-W que conforman semigrabens basculados hacia el sur (Ferrari et al., 1994; Israde-Alcántara et al., 2002). La cuenca está limitada al este por productos basálticos calco-alcalinos Pliocuaternarios de la región de Queréndaro (7,000,000 a.p.) y el sistema geotérmico que conforma la caldera de los Azufres, que ha generado grandes depósitos de piroclastos (Garduño, 1987; Pradal y Robin, 1994), los cuales también se depositaron dentro del centro del lago (Istrade-Alcántara y Garduño-Monroy, 1999; Israde-Alcántara et al., 2002). El límite oeste de la cuenca corresponde al volcán Quinceo, con edades menores a 570,000 años (Suter et al., 2001); el límite sur lo conforma la secuencia volcánica del Oligoceno-Mioceno del Mil Cumbres (24 a 7 M.a.; IMP, 1986; Pasquarè et al., 1991) (Figura 3). La cuenca tectónicamente subsidente del Lago de Cuitzeo ha sido rellenada por más de 1200 m de depósitos aluviales y vulcano-sedimentarios, lo cual sugiere una elevada tasa de subsidencia sucesiva al basculamiento Plio-pleistocénico (Istrade-Alcántara et al., 2002).

El Lago de Cuitzeo es un sistema Miocénico que contiene registros geológicos que lo caracterizan como somero, y que ocasionalmente ha presentado eventos de desecación total (Istrade-Alcántara, 1995; Velázquez Durán, 1998; Velázquez Durán et al., 2001). El estudio polínico realizado en la cuenca de Cuitzeo por Velázquez Durán (1998), registra la vegetación existente en el lago para los últimos 35,000 a.p., lo que pone en evidencia diferentes fluctuaciones climáticas en la cuenca y el Lago de Cuitzeo. El Lago de Cuitzeo durante los últimos 35,000 años a.p. ha presentado periodos de bajo nivel de agua, y con un período de aguas más diluidas, e incremento en el espejo de agua, presentándose un lago muy fluctuante a lo largo del tiempo (Velázquez Durán, 1998). Las investigaciones conducidas por Israde-Alcántara et al. (2002), quienes realizaron la estratigrafía de diatomeas de un núcleo de 27 m extraído de la zona central del Lago de Cuitzeo, indican la existencia de tres fases lacustres, que se encuentran separadas por discontinuidades. La primera fase inicia entre 120,000 a 105,000 a.p. (27.3 m a 21.3 m). El centro del lago tenía una profundidad moderada, menor a 10 m, con abundante vegetación acuática y cierta turbulencia. Al final de este periodo, el lago muestra una tendencia marcada a la recuperación en el nivel lacustre con diatomeas planctónicas que indican la presencia

de un lago abierto y más profundo, con poca vegetación acuática. La fase termina por la presencia de aproximadamente 10 m de limos arenosos, que se intercalan con evento volcánicos. La segunda fase inicia entre 56,000 a.p. y 25,000 a.p. (11.6 a 2.6 m); el lago muestra bajos niveles lacustres seguidos por breves episodios de recuperación, aunque la tendencia general es de un nivel somero. Este segundo episodio es interrumpido por otro importante evento volcánico que depositó 0.70 m de cenizas volcánicas de textura fina. La tercera fase: (2.6 a 0 m), inicia hace ca. 20,000 hasta el reciente, en esta sección se observa claramente un progresivo cambio de las condiciones menos turbias a más turbias, alrededor de los 18,000 a.p. El periodo más reciente desde los 6,165 años a.p. hasta el Holoceno Medio se registran condiciones de mayor concentración iónica, turbidez, tropismo y menor profundidad del tirante de agua.

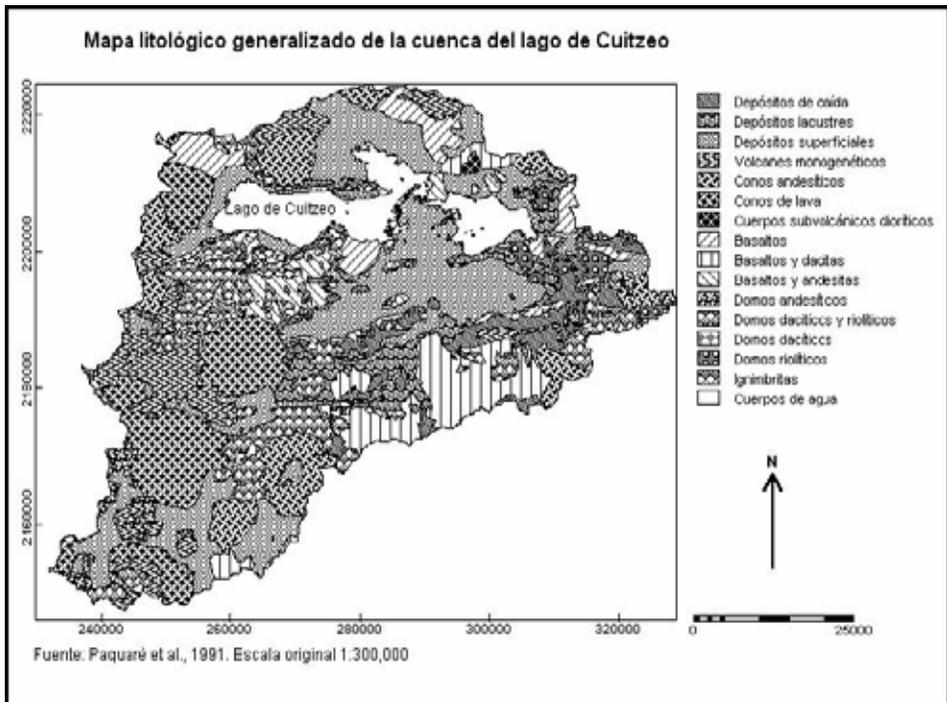


Figura 3. Mapa litológico generalizado de la cuenca del Lago de Cuitzeo.

El levantamiento geomorfológico regional permitió diferenciar a la cuenca en 6 grandes unidades, las cuales definen que la unidad hidrológica está conformada principalmente por colinas, lomeríos altos y planicie. Geológicamente el relieve está conformado por materiales volcánicos de composición intermedia a básica del Mioceno al Plioceno. El nivel semidetallado del levantamiento permite concluir que la cuenca puede ser descrita en función de laderas suaves y muy suaves, laderas inclinadas y escarpadas, y la planicie. Estas unidades cubren el 65 % de la cuenca. El análisis geomorfométrico indica que el 90 % de la cuenca tiene pendientes menores a 20°, y se encuentra por debajo de los 2,500 msnm, y como consecuencia la densidad de

drenaje es a lo sumo moderada.

En relación con la erosión en la cuenca y su modelamiento, los resultados permiten concluir que este proceso no está generalizado; es decir, no representa una superficie considerable; y está muy bien localizado; contrariamente a lo especulado en años recientes (véase entre otros, Moriega, 1993). Las subcuencas más erosionadas están en los alrededores de la Cd. de Morelia (Arroyo Colorado, Atécuaro y San Lucas Pío), y en dos municipios (Huiramba y Morelia). Sin embargo, las características físicas de la cuenca, aunadas a las prácticas de manejo podrían incrementar de manera considerable la superficie erosionada (650 veces más); especialmente si se considera que el número de cabezas de ganado bovino se incrementó en 53,627 cabezas y el caprino duplicó su número pasando de 14,955 a 32,065 cabezas en el periodo 1970-2000 (Acosta, 2002).

La regionalización geomorfológica sirvió de base para definir las unidades de la regionalización ecológica de la cuenca, las cuales son potencialmente unidades de manejo de recursos naturales (Bocco et al., 2001). Esta delimitación es fundamental en el proceso de evaluación de tierras y del posterior marco de ordenamiento territorial elaborado recientemente (Pulido et al., 2001; Ortega, 2001). Este tipo de información permite concentrar los esfuerzos en restauración de suelos, en aquellas áreas donde este problema es realmente importante. Además, la caracterización geomorfológica de la cuenca es una parte imprescindible en la estimación del balance hídrico espacialmente distribuido en este tipo de áreas que no cuentan con suficientes aforos.

La Vegetación

La descripción de la vegetación, tomada de la tesis doctoral de López Granados (2006), ha sido una compilación de investigaciones publicadas por los siguientes autores: Velázquez Durán (1998), Madrigal Sánchez (1997), Rojas Moreno y Novelo Retana (1995). El bosque de oyamel se localiza en las zonas con mayor humedad y altitud en la cuenca (2,500 a 3,000 msnm), por lo que su distribución se encuentra muy reducida prácticamente a las cimas de algunas cumbres importantes, tales como el Cerro la Nieve, El Burro, el Frijol, etc. La especie dominante es *Abies religiosa*, aunque puede encontrarse con *Pinus pseudostrabus* y *Quercus laurina*.

El bosque de pino se encuentra conformado por varias especies de pinos, aunque en la zona los más característicos son; *Pinus montezumae*, *P. teocote*, *P. michoacana*, *P. lawsonii* y *P. leiophylla*. Las especies arbóreas asociadas con los bosques de pino son: *Arbutus glandulosa*, *Quercus crassifolia* y *Agnus acuminata*. Estas comunidades son siempre verdes, con lluvias que se encuentran entre los 700 y 1,200 mm al año. Se localiza en altitudes entre los 2,000 y 2,600 msnm de manera discontinua en las zonas de montaña de la región. La altura de este tipo de bosque puede variar, de acuerdo con la especie y las condiciones ambientales de la zona donde se ubican, siendo su rango de altura entre los 15 y 30 m llegándose a distinguir de acuerdo al grado de perturbación el estrato herbáceo, arbustivo y arbóreo.

El bosque de encino presenta un importante grado de alteración por la tala y los incendios, lo que dificulta determinar si se trata de vegetación primaria o secundaria. Las especies más comunes son *Quercus crassipes*, *Q. deserticola*, *Q. obtusata*, *Q.*

glaucooides, *Q. obtusata*, *Q. castanea* y *Q. resinosa*. Estos bosques se desarrollan entre los 2,000 y 2,6000 msnm, en donde se intercala formando mosaicos con el pastizal, matorral subtropical y el bosque de pino.

El bosque mesófilo de montaña consiste en comunidades alteradas por la acción del hombre, localizados en cañadas que mantienen la humedad durante todo el año, con presencia de especies o inmersos con los bosques de oyamel, pino o encino. Las especies presentes son: *Cleyera integrifolia*, *Tilia mexicana*, *Carpinus caroliniana*, *Fraxinus uhdei*, *Cornus disciflora*, *Ternstroemia pringley*, etc. La comunidad se localiza entre los 2,200 y 2,800 msnm. El bosque tropical caducifolio se encuentra representado por *Cedrela dugesii*, *Casimiroa edulis*, *Bursera bipinnata*, *Bursera palmeri*, *Celtis caudatus* y *Yucca filifera*. Se desarrollan en altitudes entre los 1,900 y 2,3000 msnm.

El matorral subtropical se localiza en las laderas de los cerros que no están convertidas en parcelas agrícolas, se caracteriza por ser una vegetación secundaria que se manifiesta por lo general en forma de matorral o bosquecillo, en la cual el papel primordial le corresponde al cazahuate (*Ipomoea murucoides*), al huizache (*Acacia farnesiana*), al nopal (*Opuntia sp.*), al tepame (*Acacia pennatula*), al palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*) y al palo prieto (*Lysiloma microphylla*). El matorral subtropical es la comunidad más característica de la zona de estudio; en algunos trabajos se ha postulado la probabilidad de que el matorral subtropical fuera una comunidad secundaria estable, ubicada en sitios que originalmente estaban ocupados por bosque tropical caducifolio, posteriormente por campos de cultivo de temporal y actualmente por la comunidad que se describe.

El bosque espinoso es una comunidad vegetal abierta en la cual dominan los árboles o arbustos espinosos compuestos por: *Prosopis juliflora*, *Acacia farnesiana*, *Acacia schaffneri*, *Opuntia spp.*, *Condalia velutina*, *Cirsium raphilepis*, *Eryngium carlinae*, etc. Se localiza entre 1,800 y 2,000 msnm.

El pastizal está distribuido en toda la cuenca y se encuentra relacionado con actividades pecuarias. Las especies más comunes en la cuenca son: *Digitaria ternata*, *Lycurus phalaroides*, *Paspalum convexum*, *Sporolobus indicus*, *Andropogon gerardii* y *Bouteloua repens*. El bosque de galería se ubica cerca de los ríos y arroyos que existen en la cuenca, y está representado por *Alnus acuminata spp.* *Arguta*, *Fraxinus uhdei*, *Ilex toluhana*, *Salix bomplandiana*, *Carpinus caroliniana*, *Tilia mexicana* y *Taxodium mucronatum*.

La vegetación acuática y subacuática se encuentra principalmente en el Lago de Cuitzeo. La riqueza florística del Lago de Cuitzeo es superior al de otros cuerpos de agua como Pátzcuaro, Yuriria, Chapala, etc. Existen 25 especies de plantas acuáticas estrictas, 30 subacuáticas y el resto son plantas tolerantes. Las hidrófilas preponderantes son las enraizadas emergentes dominadas por *Typha*, *Scirpus*, *Cyperus*, *Eleocharis* y *Phragmites*. El bosque cultivado se encuentra representado por las especies utilizadas para reforestar la zona,

Ocupación Humana de la Cuenca del Lago de Cuitzeo y Cambio en el Uso del Territorio por la Actividad Humana

En la época prehispánica la cuenca de Cuitzeo fue una región económica clave para el

Imperio Purhépecha, pues poseía en abundancia varios recursos estratégicos como la obsidiana, sal, cobre, plata, calcedonia, cinabrio, caolín, riolita y ópalo entre otros (Williams, 2005). La zona era considerada como el corredor natural que unía al centro de Mesoamérica (Altiplano de México y Bajío de Guanajuato y Querétaro) con la región del Occidente, incluyendo la costa del Pacífico, área de gran importancia, ya que era paso obligado de numerosos grupos culturales para el comercio institucionalizado, como por ejemplo, el traslado de turquesas del sureste de Estados Unidos hacia el Altiplano de México (Macías Goytia, 1990). Además, la cuenca de Cuitzeo tuvo una gran importancia, ya que conformó la frontera entre los imperios tarasco y azteca. Corona Núñez (1984) indica que en el Preclásico Superior se desarrolló la cultura Chupícuaro, por pobladores que provenían de Nayarit y que caminaron por las riberas del río Lerma – Santiago hasta llegar al Lago de Cuitzeo; asentándose más tarde grupos teotihuacanos y toltecas que consideraban a los lagos como sagrados (Ávila García, 1999). Entre 1200 y 1521 de nuestra era, toda la parte central del Occidente se encontró bajo el dominio del Imperio Tarasco. De acuerdo con Pollard (2004), en el año 1350 numerosas comunidades autónomas se habían unificado transformando a la cuenca de Pátzcuaro en el núcleo económico, social y político de este Estado cuyo territorio cubrió cerca de 75,000 km², incluyendo la cuenca de Cuitzeo. La zona de estudio se encontraba densamente poblada, con una población para el Imperio Tarasco de 1.3 millones de habitantes en el año de 1524, divididos en tres zonas: el Bajío (352,316 hab), la Sierra (248,648 hab), y las Tierras Bajas (140,071 hab) (Pollard, 2004). Aunque el lago ocupaba un papel central en la estrategia productiva de la población (pesca, caza y recolección), también se desarrollaron actividades agrícolas como la producción de maíz, frijol, calabaza y amaranto. Estos productos del campo constituyeron la base alimenticia de la población (Ávila García, 1999).

En el siglo XVI, a la llegada de los españoles, se funda la ciudad de Morelia que fue producto de la lucha política de dos instituciones: la Diócesis de Michoacán y el Virreinato de la Nueva España, representadas en las personas de Vasco de Quiroga y del Virrey Antonio de Mendoza (Antaramián Haruturián et al., 1993). En el transcurso de la época de la Colonia se introdujeron nuevos cultivos (trigo y avena) y nuevas tecnologías (arado), así como nuevas prácticas de uso y aprovechamiento de los recursos naturales (Ávila García, 1999). Además de la introducción de ganado vacuno, equino, ovino, porcino y caprino, así como algunas especies de aves. Esto significó un cambio en la estrategia productiva al ampliar la superficie de cultivo, a través de desecar ciénegas, construir drenes en el lago y deforestar las partes altas de la cuenca (Ávila García, 1999).

En 1882 el Lago de Cuitzeo experimenta uno de los cambios más importantes provocados por el hombre, al construirse La Calzada que une a la localidad de la Palma con la península de Cuitzeo (Ballesteros Tena, 1991). La construcción de La Calzada significó la división en dos partes del cuerpo de agua, lo que impidió el libre movimiento de la masa de agua. En el año de 1925 las lluvias invernales fueron abundantes, al igual que las lluvias del año siguiente ocasionando que el nivel del lago se elevara cubriendo La Calzada hasta el año de 1930, en el cual se logró destruir el bordo artificial que comunica a la cuenca de Cuitzeo con la cuenca de Yuriria. La Calzada, obviamente destruida, fue reconstruida y abierta a la población en el año de 1944 (Ballesteros Tena, 1991). Actualmente existen dos carreteras que cruzan el

Lago de Cuitzeo, la primera de ellas corresponde a la antigua Calzada y la segunda inaugurada en el 2006 que une a la población de Copándaro de Galeana hasta la Cinta (Figura 4).



Figura 4. Carreteras que cruzan al Lago de Cuitzeo: a) es la primera carretera, también conocida como La Calzada, y b) nueva carretera que une a Copándaro de Galeana con la Cinta.

A partir del siglo XX la cuenca de Cuitzeo sufrió las mayores transformaciones en su cobertura y uso del terreno. Una de estas transformaciones ocurrió en las primeras décadas del siglo pasado, con la creación del distrito de riego Morelia-Queréndaro (Ávila García, 1999) y con la construcción de la presa de Cointzio en julio de 1939 (CONAGUA, 2006). El distrito de riego se estableció en zonas que antiguamente estaban cubiertas de ciénegas y en campos de cultivo que sufrían de inundaciones por las constantes avenidas del río Grande de Morelia, lo que representaba pérdidas significativas de los campesinos por la anegación de sus cultivos (Prado Rentarúa, 2003).

El distrito de riego Morelia – Queréndaro disparó cambios drásticos en el uso del terreno de la cuenca de Cuitzeo, al incorporar 30,000 ha a la agricultura de riego (Ávila García, 1999) y en la utilización del recurso hídrico (la presa de Cointzio presenta una capacidad de almacenamiento de 84.8 millones de m³). El reservorio fue construido para proporcionar agua tanto para la población de la ciudad de Morelia, como para los campos agrícolas de riego; también servía para controlar las avenidas del río Grande de Morelia y generar energía eléctrica para la población. Actualmente sigue cumpliendo las funciones descritas, excepto la de generar energía eléctrica, aunque cabe destacar que proporciona agua potable al 30% de la población que habita en la capital del estado.

Un fenómeno necesario de señalar en la zona de estudio es el relativo al de la

emigración campesina. El estado de Michoacán fue el primer estado de la República Mexicana en donde comenzó el flujo migratorio internacional a finales del siglo XIX y principios del XX. Actualmente es uno de los estados que experimentan los procesos migratorios más severos del país, donde el principal lugar de destino de los emigrantes son los Estados Unidos. En la década de 1960 uno de los cambios aportados por los campesinos emigrantes fue la introducción del sorgo como el principal cultivo, en lugar del maíz, y el uso de algunos fertilizantes (Levi Levi, 1991).

La cuenca se encuentra principalmente bajo la influencia del asentamiento urbano más grande y de mayor población de la zona: la ciudad de Morelia. Los requerimientos de la población que habita en la ciudad (alimentos, agua, etc.), aunado a que todos los desechos que produce (aguas negras y residuos materiales), provienen y llegan principalmente a la cuenca de estudio y los efectos de estos procesos se ven reflejados en los recursos naturales de la zona y en especial en el Lago de Cuitzeo.

El cambio de cobertura y uso del terreno es un tema que unifica las diferentes dimensiones del cambio ambiental global, por lo que su estudio tiende a la interdisciplinariedad al combinar teorías, datos y métodos de diversas ramas de la investigación a diversas escalas. La realización de este tipo de investigación requiere aún en la actualidad de la creación de bases de datos de cobertura y uso a diferentes escalas espaciales y temporales que presenten un alto grado de exactitud. Para Cuitzeo se consideraron 35 categorías de cobertura y uso del terreno generalizadas a las 11 siguientes: bosque, matorral, pastizal, cultivos de riego, cultivos de secano (temporal), huertas, plantaciones, asentamientos humanos, lago, bordos, y zonas sin vegetación aparente (Cuadro 2). La generación de datos de cobertura vegetal y uso de terreno a través de la interpretación de fotografías aéreas de vuelo bajo (1:50,000 y 1:37,000), aunado a su verificación sistemática en campo, permitió diferenciar con precisión y exactitud las clases cartográficas. La interpretación con este nivel de detalle con otro tipo de productos estándar de percepción remota (Landsat ETM) hubiera sido difícil o imposible.

En 1975 las coberturas y usos dominantes fueron: agricultura de temporal (29.3%), matorrales (18.6%), bosque (16.7%) y agricultura de riego (14.2%). En el año 2000, predominaron las mismas categorías, pero sus porcentajes de cobertura cambiaron: matorrales (23.7%), bosque (19.6%), agricultura de temporal (18.5%) y agricultura de riego (15.5%). Los procesos de cambio predominantes en la cuenca corresponden al crecimiento de las áreas con matorral subtropical y a la recuperación de la superficie del bosque, cada uno de estos procesos con alrededor del 10% del área de la cuenca. La deforestación (6%), la degradación de las coberturas boscosas (2%), así como la urbanización (4%) y la reducción de la cobertura del lago (1%) son los procesos que siguen en importancia relativa en la cuenca (Figura 5) (López Granados *et al.*, 2006).

El análisis de la variación y distribución superficial de bordos indica que su número y su superficie se incrementaron en 26 % y se duplicó el número de estructuras de retención de agua, aunque en su mayoría estas fueron menores a 3 ha. El incremento de bordos, en este caso, no responde a una intensificación de las actividades agrícolas sino más bien de las actividades pecuarias en la cuenca, lo cual explica el aumento en las cabezas de ganado.

Cuadro 2. Leyenda detallada y generalizada de la cobertura vegetal y uso del terreno en la cuenca de Cuitzeo. Tomado de la tesis doctoral de López Granados, 2006.

Categorías de cobertura y uso del terreno	Generalización de las categorías
<p>Bosque de encino Bosque de encino abierto (20-50%). Bosque de encino semiabierto (50-80%). Bosque de encino cerrado (80-100%).</p> <p>Bosque de pino Bosque de pino abierto (20-50%). Bosque de pino semiabierto (50-80%). Bosque de pino cerrado (80-100%).</p> <p>Bosque de Abies Bosque de Abies abierto (20-50%). Bosque de Abies semiabierto (50-80%). Bosque de Abies cerrado (80-100%).</p> <p>Bosque mixto Bosque mixto abierto (20-50%). Bosque mixto semiabierto (50-80%). Bosque mixto cerrado (80-100%).</p>	Bosque
<p>Matorral Matorral – pastizal abierto (20-50%). Matorral – pastizal semiabierto (50-80%). Matorral cerrado (80-100%).</p>	Matorral subtropical
<p>Pastizal Pastizal cerrado (80-100%).</p>	Pastizal
<p>Cultivos Cultivos de secano. Cultivos de riego.</p> <p>Cultivos perennes Huertas. Plantaciones de árboles.</p>	Cultivos de secano Cultivos de riego Huertas
<p>Plantaciones de árboles abiertas (20-50%). Plantaciones de árboles semiabiertas (50-80%). Plantaciones de árboles cerradas (80-100%).</p>	Plantaciones
<p>Vegetación acuática Vegetación acuática. Pastos halófitos.</p>	Vegetación acuática
<p>Cuerpos de agua Lagos. Bordos.</p>	Lago de Cuitzeo Bordos
<p>Zonas de inundación Zonas de inundación de bordos. Zonas de inundación del lago de Cuitzeo.</p>	Lago de Cuitzeo Bordos
<p>Acuicultura Acuicultura</p>	Lago de Cuitzeo
<p>Asentamientos humanos Asentamientos humanos. Terrenos baldíos.</p>	Asentamientos humanos
<p>Suelo desnudo Suelo desnudo.</p>	zonas sin vegetación aparente

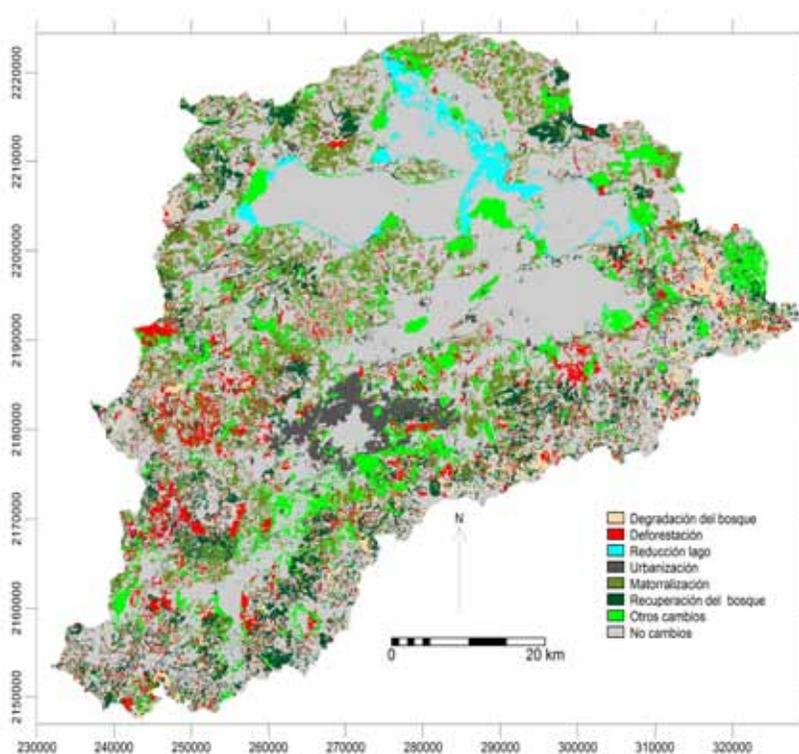


Figura 5. Mapa de procesos de cambio entre 1975 y 2000.

Al analizar los procesos de cambio de cobertura y uso del terreno se cuantificaron por primera vez patrones de cambio de cobertura, que sólo habían sido descritos en pequeñas comunidades en una cuenca vecina al área de estudio. El caso concreto se refiere al crecimiento de zonas con matorrales que se desarrollaron sobre zonas dedicadas a la agricultura de temporal en laderas, con presencia de suelos someros y pedregosos. Lo que se traduce en arduas labores de labranza y pobres resultados en la cosecha. Este proceso se relacionó estadísticamente con los procesos migratorios que existen en la cuenca, la cual es reconocida históricamente como una región en que los campesinos han emigrado a los Estados Unidos desde la década de 1920. El movimiento migratorio ha ocasionado que tierras dedicadas a cultivos de temporal dejaron de ser utilizadas para la producción de maíz, frijol y calabaza y se abandonaron, lo que inició un proceso de sucesión vegetal. Actualmente en estas zonas se observa el desarrollo de matorral subtropical. Proceso que no había sido cuantificado previamente en la zona y en el país. Lo anterior permite señalar que el proceso migratorio se ha traducido en mejores condiciones de cobertura vegetal para la cuenca del Lago de Cuitzeo; sin embargo, el abandono de tierras agrícolas

representa las pobres políticas de desarrollo agrario que se viven en nuestro país. De igual forma, el aumento de la cobertura de bosque, también se encuentra asociada al fenómeno migratorio. Sin embargo, si el concepto del desarrollo humano plantea que la riqueza principal de un país está en su gente, la migración internacional, que priva a un país de su principal fuente de riqueza, llevándola lejos, ¿Podría verse como algo incompatible con el desarrollo humano?; ésta es una interrogante que debe de ser analizada desde diferentes perspectivas de investigación y que se encuentra fuera del alcance de este estudio.

El siguiente proceso de cambio, dominante en la cuenca es la expansión urbana. En 1970 se encontraban asentadas 392 localidades y 687 en el año 2000; en ambos casos el 4% del total de los asentamientos eran urbanos. La relación entre el número de asentamientos rurales y urbanos se mantuvo en ambos años. Entre los temas de estudio realizados sobre el cambio en la cobertura y uso del terreno, el crecimiento de áreas urbanas ha tenido mayor atención en los últimos 10 años, porque los ecosistemas en áreas urbanas son fuertemente afectados por las actividades humanas y tienen relaciones cercanas con la vida de al menos la mitad de la población mundial. La expansión es una de las actividades humanas más importantes, creando un impacto enorme en el ambiente a escalas locales, regionales y globales. En el año 2000 existían 27 asentamientos urbanos en la cuenca de Cuitzeo; los que tuvieron mayor crecimiento relativo fueron Morelia, Bocanejo, Cuto del Porvenir, San Lucas Pío, Tarímbaro y Zinapécuaro; sin embargo, 16 de las ciudades consideradas crecieron en superficie en más del 100% en el periodo de estudio. La distribución de los asentamientos humanos no es totalmente al azar, se encuentran alineados este-oeste y suroeste-noreste. Esta alineación se debe a que están ubicados en zonas relativamente altas y ligeramente inclinadas obedeciendo a la necesidad de aprovechar las tierras bajas y planas con mejores suelos para la actividad agrícola (distrito de riego Morelia-Queréndaro), además de alejarse de las tierras inundables. Sin embargo, con esta distribución los asentamientos también se aglomeran alrededor de zonas con riesgos de deslizamiento del terreno.

La ciudad de Morelia es la ciudad más importante de la zona y representa el 66.5% de la superficie total de crecimiento urbano en la cuenca (4,474 ha) y alberga al 79% de la población urbana de la cuenca. Morelia es un caso excepcional dentro de la cuenca porque la ciudad crece hacia zonas fuertemente inclinadas (escarpes de falla activos) y zonas inundables. Este patrón de expansión está incrementando el nivel de riesgo y, consecuentemente, la vulnerabilidad de la población de la ciudad ante las amenazas naturales.

Las clases de cobertura sobre las que crecieron los asentamientos urbanos fueron los cultivos de temporal (72%), cultivos de riego (42%) y asentamientos rurales (21%). Una característica de los asentamientos que se ubican en la zona de estudio es la carencia de planeación en el desarrollo urbano. Las ciudades que se ubican en la cuenca, especialmente Morelia, se encuentran sujetas a un rápido crecimiento desde mediados de la década de 1970, patrón que se repite en las ciudades grandes y medias de la República Mexicana. El incremento poblacional se encuentra ligado al incremento en el consumo de agua para uso doméstico y del volumen de aguas residuales producidas en los asentamientos humanos. El volumen de agua consumida por la población en 1970 era de 21,490 m³ y en el año 2000

era de 77,800 m³. La cantidad de agua consumida por la población aumentó 16.8% en el periodo de estudio. En la zona de estudio existen muy pocas plantas de tratamiento de aguas residuales, lo que provoca que las aguas negras producidas en las ciudades, descarguen al Lago de Cuitzeo una vez que han regado campos de cultivo.

Hidrología Superficial

La cuenca se encuentra medianamente monitoreada con respecto a los parámetros de precipitación y temperatura, para usos agrícolas, y mal para usos forestales y de vida silvestre. La distribución actual de las estaciones responde a criterios agroclimáticos y no de manejo de recursos naturales. El análisis series de tiempo de datos de precipitación de la estación Cuitzeo, muestra evidencias de ciclos recurrentes con una duración aproximada de 20 años. El primer ciclo es seco, este empieza en 1934 y termina en 1957, con una duración de 23 años. El segundo corresponde a un ciclo húmedo con una duración de 21 años, los cuales inician en 1957 y culminan en 1978, y el último ciclo es seco y tiene una duración de 20, que inició en 1978 y termina en el año 2000 (año en que termina la serie de datos) (Mendoza et al., 2006).

Los resultados obtenidos sobre la comparación de la estimación del escurrimiento a partir de dos métodos útiles en la planeación de recursos en cuencas hidrológicas, indican que ambos métodos sobreestiman el escurrimiento a nivel de pequeñas subcuencas. La sobrestimación es resultado de la composición geológica de la zona y de la variabilidad de coberturas vegetales y del uso del terreno. Sin embargo, la sobrestimación de la escorrentía se encuentra dentro de los rangos de error encontrados con modelamientos hidrológicos espacialmente distribuidos para grandes áreas geográficas. Este tipo de enfoques basados en las características físicas de la cuenca (roca, suelos, relieve, cobertura vegetal) son útiles en la elaboración de planes de manejo, especialmente en países subdesarrollados, donde la red de aforos hidrométricos es escasa o nula. Sin embargo, una tarea de investigación que se desprende de este trabajo es buscar coeficientes de corrección para ajustar las estimaciones de escorrentía en ambientes volcánicos recientes y con una variada cobertura vegetal, lo cual permitirá construir modelos más eficientes bajo estas condiciones.

Los cambios en los componentes del balance hídrico regional fueron relativamente menores en los últimos 25 años. El análisis del cambio de los componentes del balance hídrico a nivel de formas de relieve, confirmó que las condiciones hidrológicas regionales de la cuenca mejoraron levemente. Sin embargo, las planicies y las formas transicionales (piedemontes), presentaron un incremento en los valores de escorrentía, lo cual se explica por el incremento de la superficie ocupada por asentamientos humanos y agricultura, que se asocian principalmente a esas formas de relieve. Para ambos años existe una fuerte presión sobre el recurso hídrico en las zonas bajas de la cuenca. Aunque las condiciones hidrológicas regionales de la cuenca se encuentran al menos igual que hace 25 años, es indiscutible que el Lago de Cuitzeo presenta altos grados de deterioro por contaminación y falta de agua, la cual no drena directamente al vaso del lago, por el uso inadecuado del agua en las zonas de riego y como consecuencia de un mayor uso en la ciudades debido al incremento poblacional, especialmente el área urbana de la ciudad de Morelia.

La disminución de la superficie del vaso del Lago de Cuitzeo no está ligada a la degradación de laderas producto de deforestación, sino que es resultado de la ciclicidad en la precipitación ya apuntada. Asimismo, se presenta un incremento importante en el consumo de agua para usos domésticos urbanos dado el crecimiento poblacional, mismo que conlleva un incremento en la generación de aguas residuales, lo que ocasiona el incremento de la cobertura acuática y subacuática que prácticamente ha cerrado la comunicación entre el vaso este y central del lago. A todo ello debe sumarse una creciente ineficiencia en el uso de agua para irrigación.

El modelamiento de balance hídrico aplicado en la cuenca, en dos años diferentes, permitió reconocer el cambio temporal de la distribución y cantidad de agua en laderas; cabe reconocer que el modelo espacialmente distribuido utilizado no evalúa directamente el balance hídrico en el cuerpo de agua del Lago de Cuitzeo. En dicho estudio, los resultados están basados en pocos datos hidrometeorológicos lo que dificulta la calibración y validación de modelos. Esto sugiere que cuando se evalúa el efecto del cambio de cobertura vegetal y uso del suelo (CCVUS) en grande áreas pobremente aforadas, con la aplicación de modelos hidrológicos espacialmente distribuidos, solo es posible obtener en el mejor de los casos una estimación de las tendencias entre la condición hidrológica de antes y después del CCVUS. La magnitud per se de los valores de magnitud pierde relevancia.

El análisis de largo plazo (1974-2000) indica que las superficies del vaso del Lago de Cuitzeo varían con el tiempo. El cambio se asocia al comportamiento de la precipitación y a la temperatura media mensual del año anterior. Los resultados de este trabajo sugieren que el tamaño del lago es sensible a las condiciones climáticas del año anterior, y en consecuencia, los modelos de correlación construidos a partir de la series de largo plazo presentan posibilidades para pronosticar la superficie del Lago de Cuitzeo, a partir de los datos de precipitación y temperatura media mensual del año anterior, con lo cual es posible predecir el incremento y reducción en los niveles del lago, así como la frecuencia de aparición de tolveneras.

Los cambios monitoreados en el corto plazo (1997-2001) indican que la superficie del Lago de Cuitzeo, presenta una tendencia a la reducción de su cuerpo de agua. Las observaciones de campo desde 1999 muestran una desecación anual recurrente, especialmente en la sección oeste del lago. Este comportamiento es coherente con la reducción de las precipitaciones y ascenso de las temperaturas, así como los valores de índice de sequía de Palmer, calculados para los últimos años del siglo pasado.

Los resultados del análisis de la dinámica de corto (25 años) y largo plazo (último siglo), sugieren que no es conveniente la construcción de obras de ingeniería en el vaso actualmente seco del lago, pues ellas estarían en zona de alta riesgo de inundación con un periodo de retorno menor a veinte años. El análisis de tendencia de largo plazo indica que no existen cambios significativos en la precipitación y en el índice de sequía de Palmer, ni un aumento significativo de la temperatura. Sin embargo, la reducción del lago en los últimos diez años es resultado de un incremento en el uso de agua urbano y rural de la cuenca (ver Acosta, 2002). Los procesos de urbanización, ganaderización, así como la actividad agrícola, desencadenan o incrementan las tasas de procesos de contaminación y extracción de agua superficial y subterránea. Los cambios en estos procesos están modificando los volúmenes de almacenamiento

de agua en los distintos componentes del ciclo hidrológico. Por ejemplo, la desecación recurrente del Lago de Cuitzeo es uno de los efectos de: 1) la mayor extracción de agua de las aguas subterráneas, y 2) la reducción en las precipitaciones medias anuales e incremento en temperaturas medias anuales en la cuenca (Mendoza, 2002).

El uso y contaminación del agua por la actividad agrícola y la emisión de desechos, especialmente desde el principal centro urbano de la cuenca, la ciudad de Morelia, apuntó la necesidad de determinar los patrones temporales y espaciales de la ocurrencia de elementos contaminantes en los sedimentos del Lago de Cuitzeo, investigación que se lleva a cabo en el Instituto de Geografía de la UNAM (Cram, 2002).

Las fluctuaciones en el lago representan cambios en el clima, principalmente en la precipitación y la temperatura. A la luz de lo anteriormente mencionado, la falta de significancia estadística en relación a las tendencias de incremento del índice de sequía y de la temperatura, así como de reducción en la precipitación puede apoyar la interpretación de que el comportamiento de las variables climáticas analizadas y de la superficie del lago es similar al de muy largo plazo (historia geológica reciente), y que actualmente estamos en un periodo que presenta un muy bajo nivel del lago. El análisis de series de tiempo indica que la precipitación, la temperatura y el índice de sequía de Palmer tienen un comportamiento estacional. La serie de precipitación muestra tres periodos relativamente secos: a) 1940 a 1960, b) 1980 a 1990 y c) 1995 a 2000; además de tres ciclos de duración aproximada de 20 años: 1) 1934-1957, 2) 1957-1978 y 3) 1978-2000. Estos periodos y ciclos se asocian con la reducción de la superficie del lago a lo largo del tiempo (Mendoza et al., 2006).

Asimismo, estos resultados sugieren que los cambios en el lago no son producto de tendencias regionales ocasionadas por patrones del cambio climático global causado por las actividades humanas; es decir, el lago desde el Mioceno Tardío ha sido somero o muy somero, y sólo se registran un par de periodos con importante transgresión lacustre. Sin embargo, las actividades humanas en la cuenca si han estado afectando los niveles lacustres, por el incremento en la extracción y uso de aguas superficiales y subterráneas en áreas urbanas y agrícolas (Mendoza et al., 2002; Israde-Alcántara et al., 2002).

La síntesis de publicaciones ambientales sobre la cuenca del Lago de Cuitzeo se presenta en el Cuadro 3. Cabe destacar que los artículos en revistas internacionales se iniciaron desde mediados de los años 80s, y se elaboran por grupos de la UMSNH, UNAM (Morelia) e INIFAP; que las relaciones académicas son sólidas entre grupos a partir de agendas de investigación derivadas de problemáticas ambientales concretas.

La mayoría de los libros se relacionan con temas de carácter social, tienen gran impacto por la problemática que atienden y son realizados por grupos de investigación regional, tratando temas clave de gran importancia como los estudios del agua en la cuenca Lerma-Chapala-Santiago (Boehm et al., 2002) y el impacto ambiental en la región de Morelia (Garduño- Monroy, 2004).

En el rubro de las tesis, cabe destacar que la mayoría corresponden a estudios de posgrado que abarcan a toda la cuenca o subregiones importantes; éstas generalmente se derivan de proyectos apoyados por el CONACYT, en alguna de sus modalidades.

Cuadro 3. Lista de publicaciones y frecuencia de las mismas.

Productos	Número
Artículos en revistas nacionales	15
Artículos en revistas internacionales	17
Libros	6
Capítulos en libros	14
Informes técnicos	4
Tesis	14
Artículos en memorias de congresos	13

CONCLUSIONES

La cuenca del Lago de Cuitzeo es una unidad natural que representa en buena medida las condiciones de degradación en las que se encuentran las distintas regiones que conforman no sólo nuestro país, sino las condiciones de países subdesarrollados localizados en la zona intertropical.

Las evidencias proporcionadas por las investigaciones realizadas sugieren que el proceso de desecación que sufre el Lago de Cuitzeo, está asociado al abatimiento de las aguas que llegan al lago y el decremento en la calidad del agua, y el aumento de la vegetación acuática se encuentra más relacionado a las descargas urbanas que a los procesos de sedimentación resultado de la erosión de las tierras altas o a cambio climático regional y global. Por lo anterior, debe considerarse la información geológica, geomorfológica, de cambios del terreno, y los comportamientos climáticos de corto y largo plazo (cambio climático) en los procesos de toma de decisiones relacionados al manejo sustentable del agua del lago y de la cuenca en general, con intención de preservar el segundo humedal continental más grande de México.

Los trabajos de investigación realizados indican que las políticas nacionales de macroescala del desarrollo económico y el manejo en el uso del terreno, tienen grandes impactos en la formación de característicos patrones espaciales que ocurren en la cuenca del Lago de Cuitzeo. Es importante mencionar que estudios sobre cobertura y uso del terreno permiten conocer y entender procesos de transformación del paisaje, que pueden ser relacionados a cambios en procesos socioeconómicos, a políticas económicas y ambientales, o a la ausencia de las mismas.

Las investigaciones han generado datos e información que permitió apoyar sistemas de toma de decisiones del recientemente decretado Programa de Ordenamiento Territorial de la Cuenca del Lago de Cuitzeo en la porción correspondiente al estado de Michoacán de Ocampo, así como proporcionar insumos clave al Macroproyecto de Investigación: Desarrollo Humano y Manejo de Ecosistemas en la Cuenca del lago de Cuitzeo, el cual se desarrolló en la UNAM y en el marco del cual se realizó la evaluación y diagnóstico del municipio de Morelia, con miras a la realización del ordenamiento municipal.

Finalmente, consideramos pertinente indicar que, dadas las aportaciones logradas por las investigaciones regionales en los años recientes, se recomienda aprovechar sus logros y fomentar la elaboración de investigaciones detalladas y de ca-

rácter multi y transdisciplinario, entre las diferentes instituciones regionales (COLMICH, UMSNH, INIFAP, UNAM, etc.) e internacionales (IRD, Francia; ITC, Holanda), en los cuales se ponga énfasis en la problemática social como desencadenadora de patrones de degradación ambiental (a nivel subcuenca o lago) y vincular los productos de la investigación con instrumentos de política y requerimientos sociales a los mismo niveles de detalle.

LITERATURA CITADA

Acosta, A. 2002. Crecimiento de los asentamientos urbanos en la cuenca del Lago de Cuitzeo y su consumo de agua, 1975, 2000. Tesis Licenciatura en Biología. Facultad de Biología, UMSNH.

Antaramián Haruturián, E., J. M. Ortega, y L. L. Ríos. 1993. Crecimiento urbano en Morelia y características actuales del terreno utilizado. Universidad Michoacana 10: 48-57.

Ávila García, P. 1999. El valle Morelia – Queréndaro y su deterioro ambiental. pp.177-192. In: Barragán López, E. (Coordinador). Frutos del Campo Michoacano. Colegio de Michoacán. Zamora, Mich.

Ballesteros Tena, N. 1991. Historia de La Calzada construida en el Lago de Cuitzeo. Biblioteca de Nicolaítas Notables. Centro de Estudios sobre la Cultura Nicolaita. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México: 218 pp.

Bocco, G., M. E. Mendoza and A. Velázquez. 2001. Remote sensing and GIS-based regional geomorphological mapping - A tool for land use planning in developing countries. *Geomorphology* 39: 211-219.

Boehm S., B., J. M. Durán Juárez, M. Sánchez Rodríguez y A. Torres Rodríguez (Coord.). 2002. Los estudios del agua en la cuenca Lerma-Chapala-Santiago. El Colegio de Michoacán, A.C. y Universidad de Guadalajara: 351-383.

Comité Tripartita. 1992. Segunda Reunión sobre la Conservación de los Humedales. Paquete de solicitudes. 11- 14 de febrero, 1992. Tamaulipas, México. 10 p.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). Regiones hidrológicas Prioritarias. <http://www.conabio.gob.mx/rphidrologicas/PRESENTACION.html>

CONAGUA. 2006. Diccionario de datos de presas. Subgerencia de Información Geográfica del Agua (SIGA). Comisión Nacional del Agua. México. <http://siga.cna.gob.mx/siga/vector/presas/descriptor/cointzio.txt>

Corona Núñez (ed.), J. 1984. A Través de mi Vida. Historia de mi Pueblo. Biblioteca de Nicolaitas Notables. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México: 337 pp.

Cram, S. 2002. Tendencias temporales y espaciales de la contaminación en el Lago de Cuitzeo, Anteproyecto presentado al CIDEM, Michoacán, México

Ferrari, L., V. H. Garduño, J. Spinnler and E. Ceragiolo. 1994. Geological and structural study of the Chapala Rift, State of Jalisco, México. *Geofísica Internacional* (32) 3: 487 – 499.

Garduño-Monroy, V. (ed.). 2004. Contribuciones a la geología e impacto ambiental de la región de Morelia. Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. ISBN 970-703-292-8.

Garduño, V. H. 1987. Estudio Geológico preliminar del área de Tlalpujahuá, Senguio, Michoacán. Comisión Federal de Electricidad. Reporte Interno, GG 2/87.

Garduño, V. H. 1999. Marco tectónico del estado de Michoacán. pp. 1-9. In: Corona-Chávez, P. e I. Israde-Alcántara. Carta Geológica del Estado de Michoacán, escala: 1:250,000. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Secretaría de Difusión Cultural y Extensión Universitaria. Instituto de Investigaciones Metalúrgicas. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.

IMP (Instituto Mexicano del Petróleo). 1986. Estudio petrogenético de las rocas ígneas de la porción central del Eje Neovolcánico. Proyecto C-2006. Instituto Mexicano del Petróleo. Reporte Interno No. 30.

INEGI. 1973. IX Censo General de Población 1970, Volumen 11. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.

INEGI. 2001. Anuario Estadístico de Michoacán de Ocampo. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

Israde-Alcántara, I. 1995. Bacini lacustrini del settore centrale dell'Arco Vulcanico Messicano: Stratigrafia ed evolucionesedimentaria basata sulle diatomee, Ph.D. Thesis, Università Degli Studi di Milano: 254 pp.

Israde-Alcántara, I. and V. H. Garduño-Monroy. 1999. Lacustrine record in a volcanic intra-arc setting: the evolution of the Late Neogene Cuitzeo basin system (central-western Mexico, Michoacán). *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* 151: 209-227.

Israde-Alcántara, I., V. H. Garduño y R. Ortega M. 2002. Paleoambiente lacustre del Cuaternario Tardío en el centro del Lago de Cuitzeo. *Hidrobiológica* 12(1): 61-78.

Levi Levi, S. 1991. Rural change and circular migration to the United States. A case study from Michoacan, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía* 23: 33-52.

López Granados, E. M. 2006. Patrones de cambio de cobertura vegetal y uso del suelo en la cuenca del Lago de Cuitzeo. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas. Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México

López Granados E, G. Bocco, M. E. Mendoza, A. Velázquez and R. Aguirre. 2006. Peasant emigration and land-use change at the watershed level. A GIS-based approach in Central Mexico. *Agricultural Systems* 90 (1-3): 62-78.

Macías Goytia, A. 1990. Huandacareo: Lugar de Juicios, Tribunal. Colección Científica, Serie Arqueología. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México: 222 pp.

Madrigal Sánchez, X. 1997. Ubicación fisiográfica de la vegetación de Michoacán, México. *Ciencia Nicolaita* 8: 49-72

Mendoza, M. E. 2002. Implicaciones del cambio de cobertura vegetal y uso del suelo en el balance hídrico a nivel regional. El caso de la cuenca del Lago de Cuitzeo, Tesis Doctorado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, pp.188.

Mendoza, M. E., G. Bocco, E. López y M. Bravo. 2002. Implicaciones hidrológicas del cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo: una propuesta de análisis espacial a nivel regional en la cuenca cerrada del Lago de Cuitzeo, Michoacán. *Investigaciones Geográficas* 49: 98-117.

Mendoza, M. E., G. Bocco, M. Bravo, E. López-Granados y W. R. Osterkamp. 2006. Predicting water surface fluctuation of continental lakes. A GIS and RS based approach in Central Mexico. *Water Resources Management* 20 (2): 291 – 311.

Noriega A., G. 1993, Degradación ecológica de los suelos del Estado de Michoacán. UACH. Inédito.

Ortega, J. M. 2001. Esquema de ordenamiento territorio. pp. 230-262. In: Mendoza, M., E. López-Granados y G. Bocco. Regionalización ecológica, conservación de recursos y ordenamiento territorial. Informe Final presentado al Programa SIMORELOS – CONACyT. Departamento de Ecología de los Recursos Naturales, Instituto de Ecología, UNAM.

Pasquarè, G., L. Ferrari, V. H. Garduño, A. Tibaldi and L. Vezzoli. 1991. Geology of the central sector of Mexican Volcanic Belt, States of Guanajuato and Michoacan. Map and Chart Series MCH072. Geological Society of America.

Pollard, H. 2004. El imperio Tarasco en el mundo Mesoamericano. Relaciones, XXV (099). Colegio de Michoacán, 115-145.

Pradal, E. and C. Robin. 1994. Long-lived magmatic phases at Los Azufres volcanic center, Mexico. Journal of Volcanology and Geotherma Research 63: 201-215.

Prado Rentarúa, X. 2003. Reorganización social y territorial para la distribución del agua. El caso de Distrito de Riego Morelia – Queréndaro. Compilación Electrónica de las Revistas de la Facultad de Economía Vasco de Quiroga. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Pulido, J., J. Pérez y S. Martínez. 2001. Evaluación de tierras para fines agrícolas y forestales. pp. 129-162. In: Mendoza, M., E. López-Granados y G. Bocco. Regionalización ecológica, conservación de recursos y ordenamiento territorial. Informe Final presentado al Programa SIMORELOS – CONACyT. Departamento de Ecología de los Recursos Naturales, Instituto de Ecología, UNAM.

Rojas Moreno, J. y A. Novelo Retana. 1995. Flora y vegetación acuáticas del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México. Acta Botánica Mexicana 31: 1-17.

Suter, M., M. López, L. O. Quintero, and M. M. Carrillo. 2001. Quaternary intra-arc extensión in the Centran Transmexican Belt. Geological Society of America Bulletin 113 (6): 693-703.

Velázquez Durán, R. 1998. Palinología en relación a paleoambientes de los últimos 35,000 años en la cuenca del Lago de Cuitzeo, Mich., México. Tesis Profesional. Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México: 107 pp.

Velázquez Durán, R., I. Israde Alcántara y L. García. 2001. Significado ecológico de los palinomorfos depositados en el Lago de Cuitzeo, Michoacán, durante los últimos 35,000 años. Ciencia Nicolaita 29: 45-61.

Williams, E. 2005. La etnoarqueología de la producción de sal en la cuenca del Lago Cuitzeo, Michoacán, México (<http://www.famsi.org/reports/02006es/section07.htm>).

LITERATURA CONSULTADA

Artículos en Revistas Nacionales

Alfaro, R., V. Martínez, N. Segovia, R. Farias, E. Trujillo. 2004. Determinación de la agresividad del agua subterránea en la cuenca de Cuitzeo, Michoacán. Ciencia Nicolaita 37:123-132.

Bravo-Espinosa, M., M. Velásquez-Valle, A. Muñoz-Villalobos e H. Macias-Rodríguez. 2007. Pérdidas de suelo y agua bajo diferentes sistemas de labranza en tres cuencas del estado de Michoacán. Agrofaz 7(2):191-199.

Mendoza 2007. Análisis hidrometeorológico de las estaciones de la cuenca del Lago de Cuitzeo. *Investigaciones Geográficas* 63: 56-76.

López, E., M. E. Mendoza y A. Acosta. 2002. Cambio de cobertura vegetal y uso de la tierra. El caso de la cuenca endorreica del Lago de Cuitzeo, Michoacán. *Gaceta Ecológica* 64: 19 –34.

Macias Goytia, A. y M. Cuevas García. 1988. Rescate arqueológico de la cuenca de Cuitzeo. *Arqueología* 2:137-154.

Mendoza, M. E., G. Bocco, M. Bravo y E. López. 2005. Evaluación de la calidad espacial y temporal de estaciones meteorológicas. El caso de la cuenca del Lago de Cuitzeo. *Ciencia Nicolaita* 39: 79-94.

Rodríguez, J. Composición y dinámica socioeconómica de las unidades de producción familiar rurales en la cuenca de Cuitzeo, Michoacán". Universidad Autónoma de Chapingo.

www.chapingo.mx/scru/MCDRR/Jose%20Jorge%20Rodriguez%20Rodriguez.pdf.

Artículos en Revistas Internacionales

Bradbury, J. P. 2000. Limnologic history of lake of Patzcuaro, Michoacan, Mexico, for the past 48,000 years: impacts of climate and man. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* 148: 117-131.²⁴

Buenrostro D., O. e I. Israde A. 2003. La gestión de los residuos sólidos municipales en la cuenca de Cuitzeo. México. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 19 (4): 161-169. <<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=37019401>> ISSN 0188-4999

Buenrostro D., O. e I. Israde A. 2003. La gestión de los residuos sólidos municipales en la cuenca de Cuitzeo. México. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 19 (4): 161-169. <<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=37019401>> ISSN 0188-4999.

Israde A., I., O. Buenrostro D., and A. Carrillo. 2005. Geological characterization and environmental implications of the placement of the Morelia Dump, Michoacan, Central Mexico. *J. Air and Waste Manag. Assoc.* 55(6):755-64.

Israde, I. 1997. Neogene diatoms of Cuitzeo Lake Central Sector of the Trans-Mexican Volcanic Belt and their relationship with the Volcano-Tectonic evolution. *Quaternary International* 43-44:137-143.

²⁴ Se enlistan algunos artículos que resultan clave para la cuenca de Cuitzeo, aun cuando se refieran a otras zonas geográficas, tal como el Lago de Patzcuaro.

López, E., G. Bocco, M. E. Mendoza and E. Duahu. 2001. Predicting land-cover and land-use change in the urban fringe: A case in Morelia city, Mexico. *Landscape and Urban Planning* 55 (4): 271- 285.

Metcalfe, S. E. 1997. Paleolimnological records of climate change in Mexico – Frustrating past, promising future?, *Quaternary International* (43-44): 111-116.

Pérez-Arteaga, A., K. Gaston, and M. Kershaw. 2002. Undesignated sites in Mexico qualifying as wetlands of international importance. *Biological Conservation* 107: 47–57.

Segovia N., R. Barragán, E. Tello, R. Alfaro, M. Mena, S. Pulinets and A. Leyva. 2005. Geochemical Exploration at Cuitzeo Basin Geothermal Zone (Mexico). *Journal of Applied Sciences* 5 (9):1658-1664.

Servenay, A. and C. Prat. 2003. Erosion extension of indurated volcanic soils of Mexico by aerial photographs and remote sensing analysis. *Geoderma* 11: 7367–375.

Soto-Galera, E. J. Paulo-Maya. E. López-López, J. A. Serna-Hernández y J. Lyons. 1999. Environmental auditing: Change in fish fauna as indication of aquatic ecosystem condition in Río Grande de Morelia–Lago de Cuitzeo Basin, Mexico. *Environmental Management* 24(1):133 – 140.

Libros

Comisión Ecológica del H. Congreso de Michoacán. 1994. El deterioro ambiental de la cuenca del Lago de Cuitzeo. Morelia, Michoacán: 82 p.

Garduño M., V. H., P. Corona C., I. Israde A., L. Mennella, E. Arreygue, B. Bigioggero y S. Chiesa. 1999. Carta Geológica del Estado de Michoacán, escala 1:250 000. UMSNH, Instituto de Investigaciones Metalúrgicas. Dpto. de Geología y Mineralogía. Morelia Michoacán.

Garduño- Monroy, V. (ed.). 2004. Contribuciones a la geología e impacto ambiental de la región de Morelia. Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. ISBN. 970-703-292-8.

Piña Chán, R. 1977. Acerca del viejo Cuitzeo. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Centro Regional México-Michoacán, 72 pp.

Capítulos en Libros

Israde A., I. 1999. Los lagos volcánicos y tectónicos de Michoacán. pp. 46-74. In: Corona-Chávez, P. e I. Israde A. (eds.). Carta Geológica del Estado de Michoacán, escala, 1:250,000. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Secretaría de Difusión Cultural y Extensión Universitaria. Instituto de Investigaciones Metalúrgicas. Departamento de Geología, Michoacán.

López, E. M., M. Mendoza y G. Bocco. 2004. Cambio de cobertura vegetal y uso de terreno en la ciudad de Morelia y sus alrededores. pp. 106-115. In: Garduño M. V. (ed.). *Contribuciones a la Geología e Impacto Ambiental de la Región de Morelia*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Depto. de Geología.

López, E., M. E. Mendoza, G. Bocco, G. y M. Bravo, 2007. Patrones de degradación ambiental en la cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán. Una perspectiva espacial. pp. 97-125. In: Sánchez-Brito, C. et al. (eds.). *Avances de investigación en agricultura sostenible IV: Bases metodológicas para el manejo integral de cuencas hidrológicas*. Libro Técnico num. 7, INIFAP-CIRPAC, Campo Experimental Uruapan, Michoacán, México.

Macias, A. 1989. La cuenca de Cuitzeo. pp. 169-190. In: Florescano, E. (coord.). *Historia general de Michoacán*. Vol.1, Instituto Michoacano de Cultura.

Madrigal Sánchez, X. y L. Guridi. 2004. Riqueza de la vegetación en la región Morelia. pp. 156-166. In: Garduño Monroy, V. H. (ed.). *Contribuciones a la geología e impacto ambiental de la región Morelia*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, México.

Mendoza, M. E., G. Bocco y E. López-Granados. 2004. Erosión en la cuenca de Cuitzeo. Un análisis espacial a nivel regional. pp. 80 – 88. In: Garduño-Monroy, V (ed.). *Contribuciones a la Geología e impacto ambiental de la región de Morelia*. Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. ISBN. 970-703-292-8.

Mendoza, M. E., E. López y G. Bocco. 2004. Evaluación del efecto del cambio de cobertura vegetal y uso del suelo en el balance hídrico en grandes cuencas. El caso de la cuenca del Lago de Cuitzeo. Michoacán México. pp. 67 – 79. In: Garduño-Monroy, V. (ed.). *Contribuciones a la Geología e impacto ambiental de la región de Morelia*. Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. ISBN. 970-703-292-8.

Velázquez Durán, R., I. Israde Alcántara y M. S. Lozano García. 2004. Palinología de la región del municipio de Morelia y sus fluctuaciones en el Cuaternario. pp. 167-180. In: Garduño Monroy, V.H. (ed.). *Contribuciones a la geología e impacto ambiental de Morelia, 2004*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Instituto de Investigaciones Metalúrgicas.

Artículos en Memorias de Congresos:

Alvarado D., J., T. Zubieta., R. Ortega, A. Chacón y R. Espinoza. 1994. Hipertroficación en un lago tropical somero (Lago de Cuitzeo, Michoacán, México). *Deterioro Ambiental de la cuenca del Lago de Cuitzeo*. pp. 19-33. In: *Monografía del Foro de Análisis de la Problemática Ambiental del Estado de Michoacán*. Comisión de Ecología del H.

Congreso de Michoacán LXVI Legislatura y Facultad de Biología, U.M.SN.H. México.

Chávez C., A. 1994. Impacto Ambiental en la cuenca del Lago de Cuitzeo; El deterioro ambiental en la cuenca del Lago de Cuitzeo. pp. 3-5. In: Monografía del Foro de Análisis de la Problemática Ambiental del Estado de Michoacán. Comisión de Ecología del H. Congreso de Michoacán LXVI Legislatura y Facultad de Biología, U.M.SN.H. México.

Romero M., V., Y. Pompa L. I. y M. Valdivia C. 2001. Ambiente y uso del suelo en la cuenca del Lago de Cuitzeo. Taller de Consenso Sobre la Problemática del Lago de Cuitzeo. Facultad de Biología, UMSNH, CIPAMEX y FMCN. México.

Informes Técnicos

Bocco, G., y M. E. Mendoza. 1999. Evaluación de los cambios de cobertura vegetal y uso del suelo en el estado de Michoacán (1975-1995). Lineamientos para la ordenación ecológica de su territorio. Informe Técnico Final. Departamento de Ecología de los Recursos Naturales, Instituto de Ecología, UNAM, Morelia: 70 pp.

Bravo-Espinosa, M. (resp.). 2008. Degradación y restauración de suelos con enfoques participativos en la cuenca de Coitzio, Michoacán. Informe Técnico Final. Proyecto No. 2004-C01-304, CONACYT-SEMARNAT. 280 pp.

Mendoza, M., E. López y G. Bocco (resp.). 2001. Regionalización ecológica, conservación de recursos naturales y ordenamiento territorial en la cuenca del lago de Cuitzeo, Michoacán. Informe Final. Proyecto No. 98306024. Programa SIMORELOS-CONACyT: 273 pp.

Mercado, S. y A. González. Geothermal fields on the volcanic axis of Mexico. Instituto de Investigaciones Eléctricas, México. Comisión Federal de Electricidad, México. Informe Técnico CFE. Cuitzeo, Michoacán.

Tesis

Alfaro, R. 2002. Determinación de la calidad del agua en pozos localizados en la cuenca de Cuitzeo, Michoacán y alternativas de tratamiento para su mejoramiento. Tesis de Maestría. Centro Interamericano de Recursos del Agua, Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Edo. de México.

Carlón Allende, T. 2006. Regionalización hidrológica de la cuenca de Cuitzeo. Tesis de Maestría en Geociencias y Planificación del Territorio, Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, UMSNH.

Galindo, M. 2005. Water quality and its spatial variability in Lake Cuitzeo Mexico. Tesis de Maestría en Ciencias. Institute for Geo-information and Earth Observation.

Medina, L. E. 2006. Pérdidas de suelo, agua y nutrimentos en parcelas experimentales con sistemas agrícolas de año y vez, y alternativos en un Acrisol de Michoacán. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México.

Medina, V. H. 2007. Estudio geológico, geofísico e hidrogeoquímico para generar un modelo conceptual del acuífero la cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México. Tesis de Maestría en Geociencias y Planificación del Territorio, Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, UMSNH.

Reyes E., M. 2005. Mediciones hidrológicas en las cuencas de Queréndaro, Umécuaro y Tarímbaro. Tesis de Licenciatura, Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería, UMSNH.

Sagardia, R. 2005. Use of subpixel classifier for wetland mapping. A case study of the Cuitzeo Lake, Mexico. Tesis de Maestría en Ciencias. Institute for Geo-information and Earth Observation.

Sempertegui, J. 2006. Monitoring of wetland vegetation in Lake Cuitzeo, Mexico. Tesis de Maestría en Ciencias. Institute for Geo-information and Earth Observation.

Referencias Cartográficas

- INEGI (1971), Carta de edafología. Puruandiro F14 C82, escala 1:50,000.
 INEGI (1973), Carta de edafología. Acámbaro F14 C84, escala 1:50,000.
 INEGI (1973), Carta de edafología. Moroleón F14 C83, escala 1:50,000.
 INEGI (1979), Carta de edafología. Cuitzeo E14 A13, escala 1:50,000.
 INEGI (1979), Carta de edafología. Morelia E14 A23, escala 1:50,000.
 INEGI (1979), Carta de edafología. Pátzcuaro E14 A22, escala 1:50,000.
 INEGI (1979), Carta de edafología. Tzitzio E14 A24, escala 1:50,000.
 INEGI (1979), Carta de edafología. Villa Escalante E14 A32, escala 1:50,000.
 INEGI (1979), Carta de edafología. Zinapecuaro E14 A14, escala 1:50,000.
 INEGI. 1979. Carta de edafología. Pátzcuaro. F14 C82, escala 1:50,000
 INEGI. 1982. Carta de edafología. Coeneo de la Libertad. E14 A12, escala 1:50,000
 INEGI (1982), Carta de edafología. Villa Madero E14 A33, escala 1:50,000.
 INEGI (1983), Carta de edafología. Maravatio E14 A15, escala 1:50,000.
 INEGI (1983), Carta hidrología de aguas subterráneas. Morelia E14-1, escala 1:250,000.
 INEGI (1983), Carta hidrología de aguas subterráneas. Querétaro F14-1, escala 1:250,000.
 INEGI (1983), Carta hidrología de aguas superficiales. Morelia E14-1, escala 1:250,000.
 INEGI (1983), Carta hidrología de aguas superficiales. Querétaro F14-1, escala 1:250,000.
 INEGI (1989), Cobertura vegetal y uso del suelo. Morelia E14-1 escala 1:250,000.
 INEGI (1989), Cobertura vegetal y uso del suelo. Querétaro F14-1, escala 1:250,000.
 INEGI, (1973). IX Censo General de Población 1970, Volumen 11. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.

- INEGI, (2001). Anuario Estadístico de Michoacán de Ocampo. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- INEGI. (1970). IX Censo General de Población y Vivienda, México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- INEGI. (2000) XII Censo General de Población y Vivienda, México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- NEGI (1982), Carta de edafología. Coeneo de la Libertad E14 A12, escala :50,000.
- Pasquarè, G., L. Ferrari, V. H. Garduño, A. Bibaldi and L.Vezzoli. 1991. Geologic map of central sector of Mexican Volcanic Belt, State of Guanajuato and Michoacan, Mexico. Map and Chart Series.



Las disfunciones y desequilibrios de una cuenca ocurren porque los recursos son utilizados más allá de la capacidad de carga o de renovación y porque la generación de residuos y efluentes rebasan la capacidad de asimilación de los ecosistemas. En nuestro país las mayores aglomeraciones urbanas, que se localizan en trece de las 41 regiones hidrológicas, tienen un área de influencia del 60% del territorio nacional. En este sentido, la cuenca del Lago de Cuitzeo, que pertenece al sistema Lerma-Chapala, la degradación de los recursos naturales es más que evidente. Ante ello, un grupo de instituciones han reunido esfuerzos y estrategias en el Simposio Acciones y Resultados para el Desarrollo Sostenible de la Cuenca del Lago de Cuitzeo, realizado en Morelia en el año de 2007. Las conclusiones y propuestas de dicho evento académico se conjugan en el presente libro.