

# Nthe

NTHE, palabra ñānhò (otomí) que significa vínculo o enlace (se pronuncia "enté")  
Revista electrónica de difusión y divulgación científica, tecnológica y de innovación del estado de Querétaro

ISSN : En trámite Periodicidad: cuatrimestral - 2012 Núm. 4



**Recursos naturales,  
autosuficiencia alimentaria  
y su futuro en Querétaro**



SECRETARÍA  
DE EDUCACIÓN



## Directorio

### PRESIDENTE

Lic. José E. Calzada Rovirosa

### VICEPRESIDENTE

Dr. Fernando de la Isla Herrera

### DIRECTOR GENERAL

Ing. Ángel Ramírez Vázquez

### SECRETARIO

Lic. Mauricio Palomino Hernández

DERECHOS DE AUTOR Y DERECHOS CONEXOS, año 3, No. 4, Enero-Mayo, es una Publicación cuatrimestral editada por el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (CONCYTEQ), calle Luis Pasteur Sur No. 36, Col. Centro, C.P. 76000, Tel. (442) 214 3685, [www.concyteq.edu.mx](http://www.concyteq.edu.mx), [nthe@concyteq.edu.mx](mailto:nthe@concyteq.edu.mx). Editor responsable: Alicia Arriaga Ramírez. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2014-030713265000-203, ISSN en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Área de Difusión del CONCYTEQ, Ing. Angélica Montoya Martínez, calle Luis Pasteur Sur No. 36, Col. Centro, C.P. 76000, fecha de última modificación, mayo de 2012.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro.

**NTHE.** Publicación del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (CONCYTEQ).

Luis Pasteur Sur No. 36  
Col. Centro, C.P. 76000  
Querétaro, Qro.  
Tel/Fax (442) 214 3685, 212 6156

## Comité editorial

Ing. Emiliano Sánchez Martínez  
Jardín Botánico Regional de Cadereyta.

Biól. Armando Bayona Celis  
Centro Queretano de Recursos Naturales.

Ing. Mary Margarete Trinidad Délano Frier  
México Tierra de Amaranto A. C.

Dr. Germinal Jorge Cantó Alarcón  
Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro.

**Porqué destruimos nuestro entorno y para qué conservarlo** 1  
Biól. Armando Bayona Celis.

**Naturaleza eres y en naturaleza te convertirás** 4  
Ing. Emiliano Sánchez Martínez.  
Biól. María Magdalena Hernández Martínez.  
Biól. Beatriz Maruri Aguilar.

**El abandono de la agricultura de temporal en Querétaro.** 7  
**Una primera evaluación**  
Biól. Armando Bayona Celis.  
Javier Dondiego González.

**Turismo y esparcimiento.** 15  
**Hacia la terciarización económica en el ámbito rural de Querétaro**  
Alfonso Serna Jiménez.

**Amaranto: al rescate de un alimento de los dioses** 24  
Jorge Luis Chávez Servín.  
Teresa García Gasca.  
Karina de la Torre Carbot.  
Adán Mercado Luna.  
Mary M. Délano Frier.

**Aplicación de *Spalangia Endius* en paquete biotecnológico como mecanismo de control de plagas e incremento en la competitividad en la industria lechera del estado** 31  
Juan Manuel Peña Aguilar.  
Perla Jazmín Huerta Nieto.  
Rodrigo Valencia Pérez.  
Alberto Pastrana Palma.  
Hiliana Torres Torres.

**Hidrocarburos y su distribución en el medio ambiente** 38  
José Alberto García Melo.

DISEÑO DE PUBLICACIÓN  
D.G. Alicia Arriaga Ramírez  
Marivel Zea Ortíz

CORRECCIÓN DE ESTILO  
Ramón Martínez de Velasco

## Comentario *NTHE*

En esta nueva edición, dedicada al tema de recursos naturales y autosuficiencia alimentaria en Querétaro, hemos conjuntado los trabajos de varios investigadores cuyos textos nos muestran tópicos muy poco conocidos de nuestra entidad, y que, por tanto, constituyen un excelente material de lectura.

El ingeniero Emiliano Sánchez Martínez, director del Jardín Botánico Regional de Cadereyta 'Ing. Manuel González de Cosío', nos ofrece una semblanza histórica de este municipio, que fue declarado 'Pueblo Mágico' el 23 de agosto del año 2011, y particularmente sobre sus comunidades vegetales e inventario florístico de, al menos, 600 especies, entre las cuales las *Cactaceae* son un emblema de la región.

“Fue el 19 de agosto de 1905 cuando la primera exploración científica formal pisó los terrenos del Semidesierto queretano (...) Esta excursión, que se extendió hasta el 26 de agosto de ese mismo año, produjo la primera noticia escrita de la botánica queretana en los tiempos modernos, y posteriormente aportó al desarrollo de la primera monografía universal de la familia *Cactaceae*”, describe el autor, entre otras cuestiones que vale la pena leer, pues nos introducen a un tema en verdad poco conocido: la flora regional y la cultura del Semidesierto queretano-hidalguense.

Armando Bayona Celis, investigador del Centro Queretano de Recursos Naturales (CQRN), y Javier Dondiego González, co-autor de *El abandono de la agricultura de temporal en Querétaro. Una primera evaluación*, analizan, mediante un muestreo a nivel estatal, la proporción de parcelas agrícolas de temporal que actualmente se encuentran en desuso, cuando que apenas hace dos décadas todavía eran productivas. Para los autores, algunas de las causas de esta “crisis de la agricultura en México” tienen que ver con la gran polarización entre los sectores tradicional y comercial de la agricultura; con la baja participación del sector en el Producto Interno Bruto nacional y la irregularidad de su crecimiento, y; con la disgregación de las tierras ejidales y la consecuente migración desde el campo hacia las ciudades y los Estados Unidos, por citar sólo algunas.

Con estos antecedentes, el futuro que se vislumbra en esta interesante colaboración es el del abandono de la agricultura de temporal en Querétaro, en una proporción que oscila entre el 40 y 60 % de las parcelas dedicadas a esta actividad. “Ello representa un problema ambiental, económico y social de gran importancia que, por tanto, debiera ser considerado como estratégico, pues está relacionado con la emigración, la pérdida de cohesión social, el arraigo a la tierra, la productividad agrícola y la autosuficiencia alimentaria, a nivel regional”.

Otro material de lectura novedoso, ameno e interesante, es el de Alfonso Serna Jiménez, quien desde la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) nos comparte su estudio titulado *Turismo y esparcimiento. Hacia la terciarización económica en el ámbito rural de Querétaro*, un recorrido por algunas zonas turísticas de nuestra entidad ubicadas, sobre todo, en la Sierra Gorda, donde a partir de los años 80 comenzaron a llegar inversiones, públicas y privadas, que aun cuando se asocian a la expansión del fenómeno urbanizador (apertura de caminos, ampliación de la infraestructura carretera, desarrollo comercial, servicios urbanos, rompimiento del aislamiento, y el rescate del patrimonio cultural), “el impacto entre la población local ha sido mínimo”, pues “al campo circundante se le considera, simplemente, un lugar de recreo, y no como una actividad económica rentable para sus pobladores”.

También de la UAQ, cinco especialistas detallan una investigación que han llevado a cabo, en algunos ranchos ganaderos, el Laboratorio en Gestión Tecnológica e Innovación de la Facultad de Contaduría y Administración y la empresa regional Aquanimals, S. de R.L: *Aplicación de Spalangia Endius en paquete biotecnológico como mecanismo de control de plagas e incremento en la competitividad en la industria lechera del estado de Querétaro*. De acuerdo con los autores, esta aplicación plantea varios retos. Por ejemplo, que dicho paquete biotecnológico debe competir, en precio y efectividad, con los productos químicos que se encuentran en el mercado; aumentar la producción de leche hasta en un 20 % mediante la reducción de estrés del ganado vacuno y la disminución del uso de productos químicos, y; asegurar productos libres de contaminantes.

“Las plagas de diversos tipos de moscas son una de las principales causas de la disminución de la producción en la industria lechera, ya que generan estrés en el ganado”. Esta sola línea introductoria nos lleva al entendimiento de cómo se aplica *Spalangia Endius*, un insecto que es enemigo natural de la mosca.

Cuatro investigadores más de la propia Universidad, a través de la lectura de *Amaranto: al rescate de un alimento de los dioses*, nos proponen reflexionar acerca de lo que significa producir comida que no sólo desdeña las raíces de nuestra cultura, sino que no resuelve los actuales problemas de alimentación que enfrentamos. Con base en lo anterior, miran hacia atrás en nuestra historia para retomar el tema del cultivo y consumo de un alimento con interesantes propiedades agronómicas y nutricias, del que puede aprovecharse todo, y que, de hecho, se ha convertido en un tema recurrente para investigadores de diversas disciplinas de la ciencia y la tecnología.

Finalmente, desde el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C. (CIDETEQ), José Alberto García Melo aborda el tema *Hidrocarburos y su distribución en el medio ambiente*, cuya introducción es contundente: “De acuerdo a datos de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, en México se tienen registrados anualmente 550 emergencias ambientales asociadas con residuos peligrosos, siendo los productos derivados de la industria petroquímica (diesel, gasolina, petróleo crudo, entre otros) los compuestos peligrosos comúnmente involucrados”.

Este trabajo presenta un estudio sobre la electrorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos, y en particular de un suelo proveniente de Nuevo Teapa, Veracruz, que sufrió un derrame de hidrocarburos.

Esperamos que la lectura de esta nueva edición del boletín electrónico *NTHE* sea del interés de todos.

Ing. Ángel Ramírez Vázquez  
Director General del CONCYTEQ

# Porqué destruimos nuestro entorno y para qué conservarlo

**Centro Queretano de Recursos Naturales  
Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro.**

Biól. Armando Bayona Celis  
abayona@concyteq.edu.mx

“Donde no está el hombre, la naturaleza es estéril”. William Blake  
(*Proverbios del Infierno*).



**Figura 1.** Tunguska, Siberia.

El mundo ha pasado por muchos trances. No es fácil que imaginemos los cataclismos que nos han ido revelando los geólogos: continentes partiéndose en dos, decenas de volcanes en erupción, o meteoritos impactando en la Tierra. Suena demasiado fantástico, aunque esté sucediendo en este momento.

Pero, ¿de verdad en este momento? Por supuesto. Nuestro planeta (al igual que los otros cuerpos del Sistema Solar) está tan activo como siempre.

Por fortuna, no nos ha impactado algún asteroide de ésos que los especialistas llaman del “Juicio Final”. No obstante, hace apenas un siglo en Tunguska, Siberia, una roca o trozo de hielo, de unos 100 metros de diámetro tal vez (que bien cabría dentro de un estadio de fútbol), golpeó (o rozó) a la Tierra con una velocidad de varios kilómetros por segundo, causando —en una zona deshabitada, aunque boscosa— una

explosión mil veces mayor a la de la bomba que destruyó Hiroshima, y este golpe provocó la instantánea deforestación de más de 2,000 kilómetros cuadrados de bosques de coníferas (**Figura 1**).

Si el meteorito de Siberia (1908) hubiera tenido el diámetro del que cayó en Chicxulub, en lo que actualmente es la costa de la Península de Yucatán (de unos 15 kilómetros) hace 65 millones de años, la humanidad, tal vez, se habría extinguido, junto con la mayoría de las especies de animales, bosques y selvas, del modo que le ocurrió entonces a los dinosaurios y a sus ecosistemas, cuando cuatro de cada cinco especies vivientes desaparecieron (**Figura 2**).

Un cometa, o un asteroide, de estas dimensiones, puede caer cualquier día. Antes no nos dábamos cuenta. Hoy, literalmente, los vemos cruzar los cielos. A veces demasiado cerca de la Tierra. A una distancia



**Figura 2.** Chicxulub, en lo que actualmente es la costa de la Península de Yucatán.

minúscula —en términos cósmicos— de nuestro mundo. De hecho, en las últimas décadas se han encontrado decenas de cráteres meteóricos, por todas partes de la Tierra, gracias a tecnologías como son la gravimetría y las imágenes de satélite.

Los continentes también se están fracturando y moviendo en este momento.

Hace algo así como 40 millones de años, cuando se formó la falla de San Andrés, las rocas que hoy constituyen la punta sur de la Península de Baja California y las de la costa de Jalisco, estaban juntas. Hoy están separadas entre sí, casi 500 kilómetros, y continúan alejándose a razón de unos cuantos centímetros por año. El fenómeno opuesto, un choque de masas continentales, lo ejemplifica la India, que durante millones de años ha estado en plena colisión con el resto de Asia. En la zona del choque se han

alzado la elevada meseta del Tibet y los Himalayas, rocas plegándose a velocidades vertiginosas, quizá del orden del decímetro por año, muy superiores a la erosión que rebaja las altísimas cumbres.

Hoy, decenas de volcanes activos están haciendo erupción en Japón, Hawaii, Islandia, Sudamérica y México. Los depósitos actuales de carbón y petróleo nos hablan de enormes bosques o ecosistemas marinos que desaparecieron por completo, y no es demasiado raro que esto haya sucedido en eventos cataclísmicos. Los innumerables fósiles de vegetales y animales extintos nos indican abundantes cambios radicales en toda la trama ecológica del mundo. Ha habido tiempo más que suficiente para eso.

Lo que muestran tales casos, es que la naturaleza cambia.

Aunque nos parezca que las cosas permanecen estáticas durante mucho tiempo, se trata sólo de un problema de percepción y de escala temporal. Así como nos resulta a veces difícil definir si las nubes se están moviendo, y en cambio las vemos pasar raudas en una película en cámara acelerada, así pasarían los continentes, los mares, los volcanes y las rocas si los hubiéramos filmado durante millones de años y proyectáramos la cinta con suficiente rapidez.

Pero los cambios graduales tampoco son la regla.

De pronto, cuando la “Madre Tierra” se encoge de hombros o parpadea, ocurren eventos catastróficos como tsunamis y erupciones que destruyen decenas de miles de kilómetros cuadrados de selvas o arrecifes, como si cualquier cosa. Nos parece –pero, por supuesto, no es verdad– que la naturaleza está ansiosa de hacer a un lado a los seres actuales para experimentar con nuevas estirpes de seres vivos, compitiendo ferozmente para ganar un espacio bajo el sol, o por una presa que los nutra, o por una pareja reproductiva que prolongue la existencia de sus genes.

Porque los ecosistemas naturales no son lechos de rosas, ni están –como románticamente quisiéramos creer– en armonioso equilibrio. Los depredadores cazan y se multiplican hasta que escasean sus presas, y luego sufren hambre, deben devorar a sus propias crías y hasta morir en grandes números, mientras no haya presas en cantidad suficiente.

Las plantas que pueden vivir en las rocas invaden un terreno devastado por la lava y van formando un suelo que, al cabo de un siglo, no les será propicio, y vendrán otras, más adaptadas a la nueva condición del terreno, para desplazarlas. Miles de años de este proceso de

sucesión dan como resultado un majestuoso bosque con árboles altos y fauna abundante, pero los incendios, una nueva erupción volcánica, acabarán con él en meses... ¡o segundos! Recordemos que un asteroide mató súbitamente a los dinosaurios, y la horrenda extinción dejó libre el espacio en el que florecerían los mamíferos y donde surgió la humanidad... que hoy amenaza con destruir su entorno una vez más.

La naturaleza nos podrá parecer bella, o ciega y cruel, pero no es nada de esto. Ella no conserva por demasiado tiempo: avanza por caminos aleatorios, arrasa y crea nuevas estructuras sobre ruinas de otras eras. Por tanto, debe quedar claro que no hay moraleja alguna en todo esto. No humanicemos lo que sólo es el resultado de fuerzas sin dirección ni objetivo, en el sentido que usamos estas palabras.

Entonces, ¿por qué conservar? ¿Qué caso tiene intentar que se mantengan los ecosistemas y el ambiente libres de todo cambio? Si lo natural es cambiar, ¿no es la conservación algo ajeno a la naturaleza?

La conservación –sin ser necesariamente ajena a lo natural– es un asunto estrictamente humano, tanto como la destrucción del ambiente por motivos económicos o bélicos, o bien como el uso mesurado y atento de lo que hemos dado en llamar “nuestros recursos”. Es algo sobre lo que tenemos motivos para creer que le conviene a la humanidad a más largo plazo, que el agotar los depósitos de agua subterránea y deforestar la selva tropical. Así, la conservación es tan artificial como todo lo que hacemos los seres humanos; o tan natural, si olvidamos un poco la vanidad de creer que somos tan excepcionales como para no formar parte de la naturaleza.

Muchos de los que estamos a favor de la conservación consideramos nuestra conveniencia, pero además nos mueve la solidaridad hacia los seres humanos que estarán aquí más allá de este sexenio, esta década y este siglo.

La ciencia nos ha revelado extinciones masivas y civilizaciones que desaparecieron por no conocer su medio, y presionarlo hasta un estado crítico. Nosotros ya sabemos un poco más. Tenemos –como castores que represan el agua para crearse un ambiente propicio– que mantener una superficie boscosa suficiente para garantizar que el agua dulce continúe llegando a los acuíferos y fluyendo por los ríos; o que el bióxido de carbono atmosférico no aumente para calentar la mayor parte de la tierra fértil hasta convertirla en un

desierto; o evitar incendios en zonas con vegetación natural y permitir, ayudar activamente, al restablecimiento de las zonas dañadas, porque de lo contrario quién sabe cuántos de nosotros quedaremos en algunos años, o de qué manera podremos sobrevivir.

La conservación no es un asunto místico, sino eminentemente práctico, estratégico, para la supervivencia de los seres humanos (dejemos de lado, por un momento, a los osos polares o a los tucanes). Más en el momento actual, en el que –como habían pronosticado algunos pesimistas hace ya décadas– nuestra especie suma números inmensos, pero en el cual no hemos podido reducir la pobreza, la enfermedad y la esclavitud –como algunos optimistas creímos que iba a ocurrir–.

Irónicamente, tenemos y empleamos cotidianamente asombrosas herramientas para dar seguimiento preciso y puntual al número de hectáreas deforestadas, a la erosión del suelo, al crecimiento en la proporción de bióxido de carbono, o creamos numerosas leyes y reglamentos para regularlos, muy preocupados, y no obstante, el deterioro no disminuye en modo alguno.

Y es que las iniciativas para la conservación se enfrentan a una cultura basada en una dinámica dominante de progreso y de desarrollo con crecimiento (no importa cuántas selvas o pueblos autóctonos haya que “barrer” de la faz de la Tierra), que nuestra “cultura del progreso” no va a cambiar de la noche a la mañana.

Entre quienes definen el camino del progreso (o, como diría Mafalda, entre quienes tienen el sartén por el mango), la conservación es percibida como “una moda romántica” y “un obstáculo al desarrollo”.

Además, el discurso, la mística o la intransigencia de las diversas corrientes ambientalistas muchas veces no ayudan a cambiar esa percepción, sino que la refuerzan.

Aun cuando puedan ser loables y bellas, estas concepciones son ineficientes para lograr un cambio en los paradigmas dominantes de producción de bienes de consumo mediante destrucción y contaminación de nuestro entorno. Se ha logrado la aprobación de leyes, la creación de instituciones, de áreas naturales protegidas, y hasta la universalización de la educación ambiental. Pero todo esto no alcanza más que a frenar mínimamente el proceso creciente de agotamiento de las reservas de agua y de los recursos vivos, o la quema obscena de combustibles fósiles, o el envenenamiento sistemático de suelos, aire y agua con sustancias extremadamente tóxicas, tan persistentes que seguirán

aquí cuando crezcan nuestros tataranietos (en caso de que lleguen a nacer).

¿Dónde está la causa de esta situación? Por supuesto, no en los reclamos de los ambientalistas ni en la insensibilidad de los poderosos, sino en la misma base del sistema económico y político. Un sistema que casi nadie cuestiona pese a que sus promesas más esenciales (bienestar, seguridad, igualdad de oportunidades...) no se ve para cuándo se cumplirán, o revertirán siquiera su tendencia a empeorar.

Este sistema no destruye las selvas y las montañas sólo por destruir. No desplaza, enferma o explota a los indígenas, migrantes y niños, por sadismo. Lo hace porque su valor primordial es el crecimiento económico (deben crecer el Producto Interno Bruto, los capitales, las empresas, las ciudades, el número de automóviles, etcétera). Sólo así concibe el desarrollo y nos lleva a creer que el crecimiento nos salvará, al fin, y que lo que impide que todo esté bien es una crisis pasajera que pronto se resolverá, sin distinguir que lo que vivimos es la consecuencia lógica de ese proceso, y que continuará mientras no se cambien el rumbo y el paradigma.

Legislaciones ambientales como la japonesa, que antes contemplaba el concepto de “sustentabilidad” como la armonía entre desarrollo económico, sociedad y medio ambiente, se han reconsiderado y hoy admiten abiertamente que toda actividad humana, y particularmente el desarrollo con crecimiento, se oponen a la conservación y sanidad del medio ambiente, y que para paliar sus impactos negativos se requieren normas estrictas y específicas por parte de los gobiernos, mucha inversión de las empresas, y esfuerzos considerables y cotidianos de toda la población.

Esta reconsideración sólo fue posible en aquel país, porque miles de ciudadanos, víctimas de la contaminación, se organizaron y exigieron una y otra vez al gobierno que obligara a las empresas a compensar los daños a la salud y la vida humana, provocados por el desarrollo industrial.

Esta exigencia enérgica y repetida de la sociedad a los gobiernos y empresas –mediante manifestaciones y demandas legales– es hasta hoy la única manera que ha dado resultado para cambiar, en alguna medida, el rumbo que lleva el desarrollo, y el único paso esencial hacia el entendimiento de que debemos revisar y modificar, a fondo, el paradigma económico, si en verdad queremos acercarnos hacia una sustentabilidad que hoy, a nivel planetario, simplemente no existe.



Figura 1. Municipio de Cadereyta de Montes, Querétaro. "Pueblo Mágico".

## Naturaleza eres y en naturaleza te convertirás

**Jardín Botánico Regional de Cadereyta "Ing. Manuel González de Cosío".**  
Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro

Ing. Emiliano Sánchez Martínez  
esanchez@concyteq.edu.mx

Biol. María Magdalena Hernández Martínez  
mhm@concyteq.edu.mx

Biol. Beatriz Maruri Aguilar  
beatriz@concyteq.edu.mx

*El presente texto formó parte del expediente presentado por las autoridades del municipio de Cadereyta de Montes, Querétaro, mediante el cual la Secretaría de Turismo federal declaró "Pueblo Mágico" a esta localidad, el día 23 de agosto del año 2011.*

En el principio, el Semidesierto ya existía y Cadereyta soñaba. La zona geográfica que se extiende al oeste de la Sierra Madre Oriental, en el sotavento, genera condiciones propicias para el desarrollo de comunidades vegetales que se adaptan a la escasez de agua, matorrales diversos que se pueblan de especies peculiares.

Aun cuando el inventario florístico regional está en desarrollo, es posible estimar que este Semidesierto queretano-hidalguense –porción territorial disyunta del desierto chihuahuense– podría mantener alrededor

de 700 especies, incluidas en casi 400 géneros, correspondientes a 100 familias botánicas. Las familias mejor representadas incluyen las *Asteraceae*, *Fabaceae*, *Poaceae*, *Cactaceae* y *Euphorbiaceae* (Zamudio, 1984). La zona árida queretano-hidalguense ha sido catalogada como una de las áreas con mayor número de especies endémicas (exclusivas) de la familia *Cactaceae* en México (Sánchez *et al.*, 2006).

Cadereyta, parte fundamental del Semidesierto queretano, con una superficie de 1,131 km<sup>2</sup> (9.5 % de la superficie del estado de Querétaro), hospeda, entre sus cimas y simas a un contingente florístico de al menos 600 especies, entre las cuales las *Cactaceae* han sido emblema de la magia que esta región tiene para sustentar los procesos evolutivos que han diversificado las especies de este grupo (INEGI, 1986).

El paisaje biótico al que se accede al penetrar dentro del Semidesierto queretano permaneció incólumemente prístino por millones de años, conviviendo aún con las poblaciones humanas chichimecas, cuya cultura, más colimada con el cosmos que la nuestra, definió una relación sencilla con la naturaleza, basada en la perseverante vida nómada, sobre territorios sagrados que hoy sobreviven superpuestos a las abigarradas cosmovisiones de la posmodernidad.

La cronología occidental de la región se inaugura, podríamos fijar, en el año 1531, con el establecimiento del presidio de San Isidro de Hospadá, núcleo generador de Tolimanejo (Colón). Así, la magia intimista del hombre dentro de la naturaleza se fracturó para siempre. Hacia 1655 la Villa de Cadereyta, fundada en 1640, había ya alcanzado categoría de Alcaldía Mayor. Todo se transformó en búsqueda y lucha dentro de los ignotos territorios de la Sierra Gorda queretana: frontera rica en recursos minerales y almas que domeñar mediante la evangelización (Armas *et al.*, 2011).

Al paso del tiempo, la *gnosis* occidental ofreció nuevos paradigmas y en la segunda mitad del siglo XVIII, con la invención de la taxonomía botánica moderna (Carlos Linneo, *Species Plantarum*. 1753), e imbuido (el mundo) por la idea de las exploraciones que harían a la humanidad saber más para ser mejores, se dio marcha a otra búsqueda, de carácter intelectual, con el fin de sistematizar a las entidades biológicas del planeta.



El Semidesierto queretano, y propiamente el municipio de Cadereyta, son, desde entonces, parte de este concierto mundial; otro tipo de poder humano, igualmente mágico, por su capacidad de transformación: la ciencia.

Las Cactáceas de la región aparecen una vez más, protagonistas de esta escena. El médico irlandés Thomas Coulter, radicado en el poblado de Zimapán (Hidalgo), envió a Europa, a mediados de febrero del año 1828, un cargamento de cactus, con una variedad tal, que al ser estudiado por el famoso botánico de la época A. P. de Candolle, transformaron el entendimiento de esta familia botánica. Muchas de las especies entonces descritas por De Candolle fueron colectadas en las agrestes laderas del río Moctezuma, corriente que limita los municipios de Cadereyta y Zimapán. Un ejemplo icónico es la especie cuyo nombre científico es el *Strombocactus disciformis* (DC.) Britton & Rose, cactácea queretano-hidalguense que, por su valor científico y ornamental, ha dado la vuelta al mundo representando a la región (Nelson, 1997).

En 1839 Carl August Ehrenberg, un alemán previamente asociado con la English Mining Company de Real del Monte (Hidalgo), realizó un recorrido partiendo desde Zimapán y cruzando el río Moctezuma para explorar varios puntos de Cadereyta, incluido el mineral de San Onofre, en el macizo montañoso de El Doctor, donde descubrió *Mammillaria parkinsonii Ehrenb*, una de las plantas más gustadas por los coleccionistas del mundo debido a su densa espinación de inmaculado blanco.

Carl Ehrenberg regresó a Alemania en 1840 y para 1849 había descrito y distribuido 61 especies del género *Mammillaria* (el más diverso de México), cosa que ningún otro autor ha logrado hasta la fecha. Los diarios de viaje de este explorador están disponibles en su *Beitrag zur Geschichte einiger mexicanischer Cacteen*, base aún no aprovechada para recorridos turísticos en los profundos cañones del sistema fluvial Estórax-Moctezuma (Hunt, 1985).

El *Echinocactus grusonii Hildm*, sin duda la especie más significativa de la cactología mundial, reproducida ubicuamente, es un obsequio de Cadereyta para la horticultura ornamental del mundo. Esta especie fue descrita por el viverista berlinés H. Hildmann, en 1891, en honor de su compatriota Hermann Gruson (Rowley, 1997).

La especie es una microendémica de la garganta del

Infiernillo, en el punto donde los ríos Tula y San Juan se unen para dar lugar al Moctezuma. La planta está presente en la señalización urbana de la ciudad de Cadereyta de Montes, tanto como en los acantillados del Mar Mediterráneo. Justo, el Principado de Mónaco otorga un premio a los más destacados cactólogos del mundo, denominado “Cactus d'Or Award”, cuya efigie original recoge el valor estético y simbólico de esta suculenta queretana.

Fue el 19 de agosto de 1905 cuando la primera exploración científica formal pisó los terrenos del Semidesierto queretano. Aquella noche el doctor Fernando Altamirano, acompañando al botánico estadounidense doctor José Rose y a sus colaboradores, entraron a las 7:00 de la noche en la Hacienda del Ciervo, en medio de una fuerte tormenta veraniega. Esta excursión, que se extendió hasta el 26 de agosto de ese mismo año, produjo la primera noticia escrita de la botánica queretana en los tiempos modernos, y posteriormente aportó al desarrollo de la primera monografía universal de la familia *Cactaceae* (Altamirano, 1905; Rowley, 1997).

Durante el siglo XX Cadereyta inicia la consolidación de instituciones que, radicadas en la propia localidad, estudian, difunden y aprovechan integralmente la flora nativa.

Desde 1920 y hasta el día de hoy, opera la Quinta “Ferdinand Schmoll”, fundada por Carolina Wagner y su esposo, cuyo nombre es epónimo de la finca. Este sitio ha intervenido ampliamente en la exploración regional, el descubrimiento y la distribución mundial de las suculentas mexicanas. Importantes autores internacionales y nacionales, como Erich Werdermann, Robert T. Craig, Helia Bravo-Hollis y Félix Kraehenbuel, han descrito especies a partir de los materiales preservados por la familia Schmoll-Wagner. La interesante historia de la finca es otro de los aspectos culturales objeto de atractivo, estudio y aprendizaje para los turistas que se interesen en la magia de Cadereyta.

A partir del 25 de abril de 1991, la cultura de la flora regional se ha visto apuntalada por la presencia del Gobierno del Estado de Querétaro, a través del Jardín Botánico Regional de Cadereyta, auspiciado por el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (CONCYTEQ).

El Jardín es una amplia puerta a la flora regional y, a partir de ella, a la cultura Semidesierto queretano-hidalguense. Cuenta con colecciones interpretadas en

las que se exhiben alrededor 250 entidades taxonómicas de una muestra representativa de los matorrales típicos de la comarca. Otros 250 *taxa* (68 familias botánicas, 173 géneros) pueden admirarse en los senderos naturales como parte de la vegetación silvestre que existe *in situ*. Es decir, un 12 % de la flora del estado de Querétaro es inmediatamente asequible a



**Figura 3.** Fachada del Jardín Botánico Regional de Cadereyta "Ing. Manuel González de Cosío".

los visitantes. En las colecciones del Jardín Botánico el visitante puede encontrarse con lo tradicional y con lo nuevo de la cactoflora regional, que atañe al mundo.

Huelga mencionar que este sitio es parte del concierto mundial para la conservación de la flora y la estabilidad ecológica del planeta, avalado por organismos como la Asociación Mexicana de Jardines Botánicos y Botanic Gardens Conservation International. El Jardín cuenta, además, con un área de propagación de especies silvestres y –lo que es muy importante– con un programa de educación ambiental para todo visitante.

Cadereyta tiene la magia para un recorrido lúdico, que conlleve la renaturalización del espíritu de los visitantes, mediante el conocimiento. De este modo realizan una de las más grandes expectativas del poder mágico: "soñar desierto".

Inmerso en esta actitud de unidad responsable con la naturaleza, y a pesar de las vicisitudes del viaje, el turista, tal vez, recuerde que naturaleza somos y en naturaleza nos convertiremos.

¡Ésta es la magia ecuménica a la que dirigimos nuestros cometidos!



**Figura 3.** Interior del Jardín Botánico Regional de Cadereyta.

## Referencias

1. Altamirano, F. 1905. Excursión a la Sierra de Querétaro. An. Inst. Med. Nac. Mex. 7: 312-315.
2. Armas, L. A., O. Solís y G. Zárate. 2011. Historia y monumentos del estado de Querétaro. Colección: Querétaro, memoria y devenir. Fondo Editorial de Querétaro. Poder Ejecutivo del Estado de Querétaro. Querétaro, México. 318 p.
3. Hunt, D. 1985. Ehrenberg's "Beitrag zur Geschichte einiger mexicanischer Cacteen". Bradleya 3: 67-96.
4. INEGI. 1986. Síntesis geográfica, Nomenclátor y Anexo cartográfico del estado de Querétaro. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. México. 143 p.
5. Nelson, Ch. 1997. Dr. Thomas Coulter's cacti from Zimapán, Hidalgo, México. Bradleya 15: 48-64.
6. Rowley, G. 1997. A History of Succulent Plants. Strawberry Press. Mill Valley, California, USA. 409 p.
7. Sánchez, E., R. J. Chávez, J. G. Hernández-Oria y M. M. Hernández. 2006. Especies de *Cactaceae* prioritarias para la conservación en la zona árida queretano hidalguense. Jardín Botánico Regional de Cadereyta "Ing. Manuel González de Cosío". Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro. México. 98 p.
8. Zamudio, S. 1984. La vegetación de la cuenca del río Estórax y sus relaciones fitogeográficas. Tesis. Universidad Nacional Autónoma de México. 275 p.

# El abandono de la agricultura de temporal en Querétaro. Una primera evaluación

**Centro Queretano de Recursos Naturales  
Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro.**

Biol. Armando Bayona  
celisabayona@concyteq.edu.mx

Javier Dondiego González

## Resumen

Con la finalidad de conocer la proporción de parcelas agrícolas de temporal que han sido abandonadas para este uso, se realizó un muestreo en el estado de Querétaro mediante su identificación en ortofotografías de alta resolución del año 2006. Los resultados de este muestreo indican que cerca de la mitad de los terrenos que se dedicaban a la agricultura de temporal en la entidad, hace dos décadas, actualmente se encuentran en desuso.

## Antecedentes

En los últimos años, persistentemente se habla sobre una crisis de la agricultura en México. Ésta abarca muchos aspectos y regiones, particularmente la agricultura tradicional y de temporal, cuyos terrenos en varias regiones de México se han dejado de sembrar crecientemente. Las causas son varias y con interrelaciones complejas, pero sin duda tienen que ver la gran polarización entre los sectores tradicional y comercial de la agricultura (Gómez-Olivier, 1995), la baja participación del sector en el Producto Interno Bruto (PIB) nacional y la irregularidad de su crecimiento, la disgregación de las tierras ejidales y la migración desde el campo a las ciudades y hacia los Estados Unidos (García Zamora, 2002), aunque también el deterioro de los suelos, su pérdida de capacidad de retención de agua y la disminución en los rendimientos agrícolas.

De acuerdo con las fuentes de estadísticas, la agricultura en México se ha mantenido sin variaciones importantes en los últimos años, aun cuando se han dado periodos críticos (como entre los años 2000 y 2001) como resultado de un descenso muy notable en varios indicadores.

La superficie sembrada total entre los años 1994 y 2007 (INEGI y SIACON, consultados en 2012) tuvo un incremento anual, en promedio, de 0.09 %. Cultivos como el maíz para grano han disminuido su superficie (un promedio anual de -1.34 % entre 1994 y 2009), mientras que otros –como la alfalfa verde– la han incrementado (en más de 2.3 % al año, en el mismo periodo). La agricultura de temporal creció con una tasa de 0.56 % anual en todo el periodo, pero si se consideran sólo los años de 2003 a 2009, ha venido en descenso a razón de 0.36 % anual.

No obstante, es probable que en las estadísticas nacionales no sea visible la agricultura tradicional de subsistencia, que se ha vuelto irregular o abandonado en diversas áreas.

En todo caso, al abandonarse tierras agrícolas se está desaprovechando parte de la capacidad de producción de alimentos en el estado de Querétaro y de la posibilidad de mejorarla mediante acciones de restauración de suelos y desarrollo de tecnologías agrícolas apropiadas para estas tierras.

Dentro de las actividades permanentes del Centro Queretano de Recursos Naturales (CQRN) se realiza

la actualización del Mapa de Uso del Suelo y Vegetación a nivel estatal, que posee mucho mayor detalle que el producido por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), similar al de una carta a escala 1:50,000, mientras que el producto del INEGI equivale a 1:250,000.

Como parte de este trabajo se ha venido observando, tanto en el campo como en fotografías aéreas e imágenes de satélite, que existe una cantidad significativa de áreas marcadas como agrícolas en ambos mapas, particularmente aquellas de temporal, que están en desuso desde hace varios años e incluso décadas. Lo anterior parece ser parte de un proceso presente en diversas regiones de nuestro país, al que no se le ha dado la importancia que tiene y del que no se cuenta con una medida razonable de su magnitud.

En este contexto, el CQRN se integró en el año 2010 al equipo técnico coordinado por la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), a fin de elaborar el inventario estatal de gases de efecto invernadero (GEI) dentro del Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (PEACC), específicamente en lo referente a los GEI emitidos o removidos de la atmósfera por la vegetación y los cambios de uso del suelo.

Uno de los requerimientos de esta fase del inventario era el de contar con una medida de la cantidad de tierras de temporal ocupadas hace años por cultivos agrícolas y que están en desuso actualmente, pues se considera que las parcelas abandonadas presentan un proceso de recuperación del carbono en el suelo y la regeneración de vegetación perenne (De Jong, 2009).

Las observaciones en el campo, a lo largo del trabajo del CQRN, apuntan en el sentido de que existen áreas con parcelas abandonadas –durante años y hasta décadas– que no han vuelto a ocuparse para el cultivo, aunque de un año a otro pueden desmontarse y labrarse algunas de ellas para luego, por diversas causas, volverse a abandonar.

Los motivos parecen ser complejos, pero probablemente influyen, por ejemplo, el irregular y escaso temporal, el regreso de migrantes expulsados de los Estados Unidos que intentan volver a sembrar en sus parcelas, o el interés de los ejidatarios y propietarios por acceder a fondos en programas como Procampo.

## Materiales y método

Para realizar una estimación de las áreas agrícolas abandonadas en el estado de Querétaro, se decidió desarrollar un muestreo de las zonas clasificadas como de agricultura de temporal en la cartografía, mediante su identificación en fotografías aéreas digitales de alta resolución.

Dado que se definió al 2006 como el año de corte para el inventario de GEI provenientes de todas las fuentes, resultó afortunado el hecho de que la Secretaría de Finanzas del gobierno estatal hubiera encargado la toma de fotografías digitales de alta resolución de todo el territorio, para la actualización del catastro.

## Mosaico de ortofotos del estado

Se trata de varios mosaicos (por municipio, o clave INEGI 1:50,000) de ortofotografías a color verdadero, en formato Mr. Sid, con resolución espacial de menos de 40 cm sobre el terreno y una precisión equivalente a la de cartas de escalas entre 10 y 20,000, de acuerdo al área, en todo caso, sobradas para el trabajo de identificación de parcelas.

En la **Figura 1** se muestra una fracción de una de las mencionadas fotografías. La mayoría de éstas se obtuvieron en varias fechas del año 2006, pero parece ser que hasta 2007 se terminó el cubrimiento estatal. Así, no representan un momento definido, sino que cubren un periodo de más de un año.



**Figura 1.** Ortofotografía aérea digital de un área de aproximadamente 16 ha, al poniente de La D, en el municipio de Pedro Escobedo, tomada de una visualización en pantalla de escala 1:1000.

## Carta vectorial de vegetación y uso del suelo

Para definir el universo de muestreo, se consideraron todas aquellas áreas clasificadas como de agricultura de temporal en la Carta Vectorial de Vegetación y Uso del Suelo desarrollada por el CQRN mediante diversas estrategias, el cual tiene un nivel de detalle semejante al de una carta 1:50,000.

La metodología de elaboración y el contenido de este conjunto de datos se describen a continuación, y una reducción del mismo se representa como **Figura 2**.

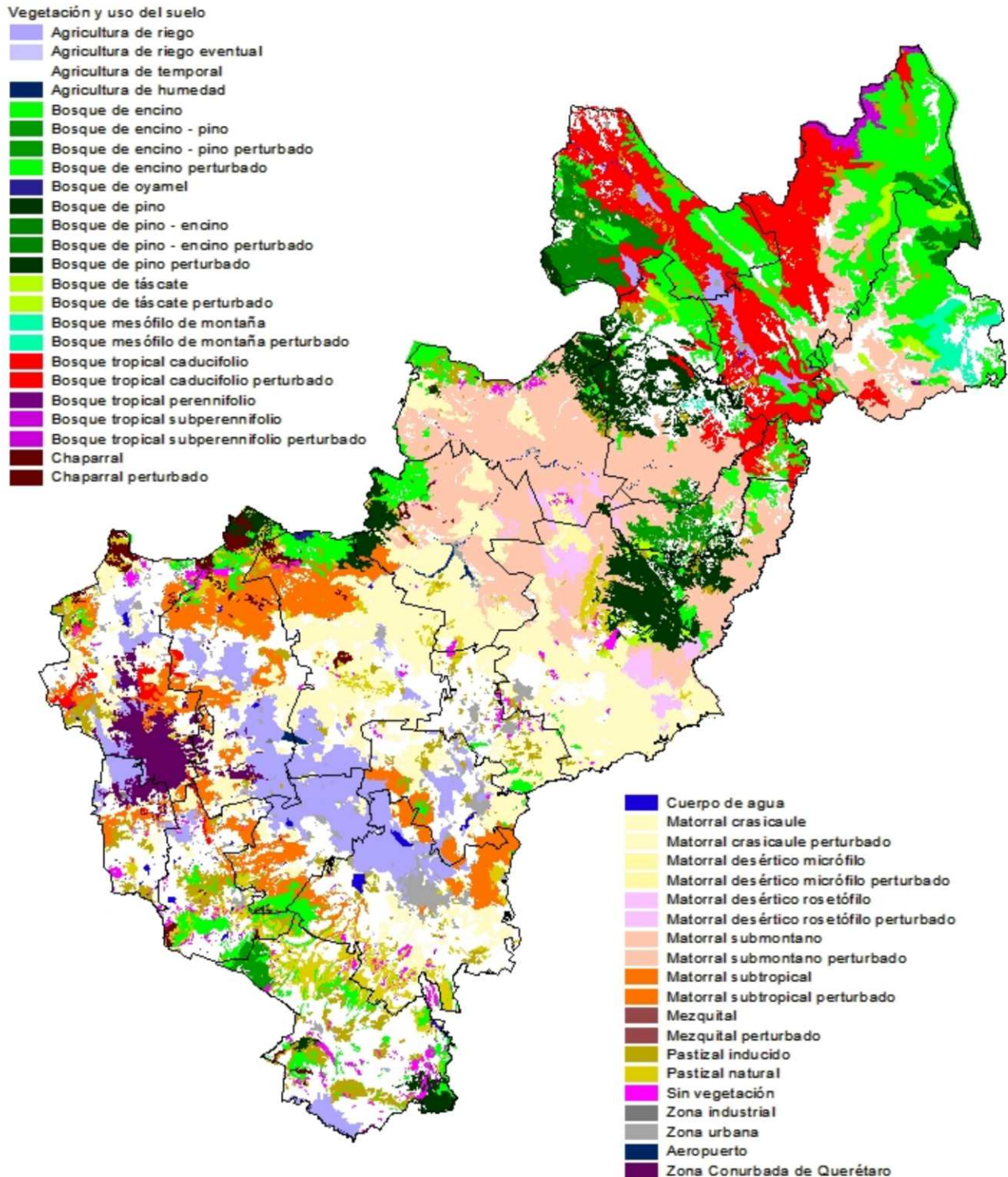


Figura 2. Carta Vectorial de Uso del Suelo y Vegetación.

Los datos vectoriales georreferenciados de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación del Estado de Querétaro contienen información del uso del suelo y la vegetación obtenida a partir de la digitalización de la cartografía CETENAL (Comisión de Estudios del Territorio Nacional, INEGI) de uso del suelo (1972-73) a la misma escala, así como de la cartografía digital del estudio realizado por el CQRN sobre la vegetación y el uso del suelo en la Sierra Gorda para las áreas del norte y noreste de la entidad no cubiertas por la primera en el año 2005, mediante el empleo de imágenes de satélite Landsat 4 y 5, su interpretación visual y clasificación automática, con el apoyo de materiales como ortofotos del INEGI y la información de cartas de vegetación existentes, como la de Zamudio y colaboradores, (Zamudio y otros, 1991), las del Inventario Nacional Forestal 2000 y las cartas de las Serie 2, 3 y 4 del INEGI, y verificación de campo (CQRN, CONCYTEQ, 2006).

La clasificación original de la vegetación de las hojas 1972-73 se correlacionó con el sistema que actualmente emplea el INEGI, y estos últimos tipos son los que quedaron como atributos de la carta digital.

Esta carta ha seguido actualizándose mediante interpretación visual de ortofotos del INEGI, de varias fechas, las ortofotos digitales 2006-07 de gobierno del estado ya mencionadas, imágenes de satélite de mediana y alta resolución (SPOT 5, Quickbird) de varias fechas, e incluso una cobertura de SPOT del primer trimestre del año 2010.

La carta se encuentra en proyección UTM, con Datum ITRF 92. La unidad mínima representable es de 1.5 ha, y la precisión equivale a la de la cartografía de recursos del INEGI a escala 1:50,000, con error cuadrático medio de alrededor de 25 m sobre el terreno.

A la última versión de esta carta se le ha añadido, además del tipo de vegetación, una serie de parámetros tomados del Inventario Forestal y de Suelos del Estado de Querétaro, que empleó como base para definir el muestreo a este mapa: altura media de las masas forestales en *m*, diámetro promedio en *cm*, cobertura sobre el terreno en %, la densidad en número de árboles por hectárea y el volumen promedio en *m<sup>3</sup>/ha*, tal como aparecen en la publicación del mismo nombre (SEDEA, CONAFOR, CONCYTEQ, 2009).

El conjunto de datos vectoriales tiene alrededor de 8,450 polígonos, y los conceptos de tipo de vegetación se presentan en la **Tabla 1**.

### Diseño del muestreo

La carta de vegetación y uso del suelo, como se dijo, marca como áreas agrícolas de temporal diversos terrenos parcelados, tanto en uso como aquellos en los que no se ha dado el cultivo por varios años.

Para tener una idea de la proporción de estas zonas en abandono y regeneración de la vegetación, se realizó un muestreo fotointerpretativo sobre las ortofotos digitales de 2006, sobre puntos de una retícula cuadrada de 1 Km entre ellos, sobre las zonas marcadas como de agricultura de temporal en la carta (2,485 puntos). Esta retícula tiene un origen y una orientación (7.42698° de la horizontal) aleatorios

Se puede observar un esquema de la misma en la **Figura 3**. La zona gris en la Figura corresponde a la

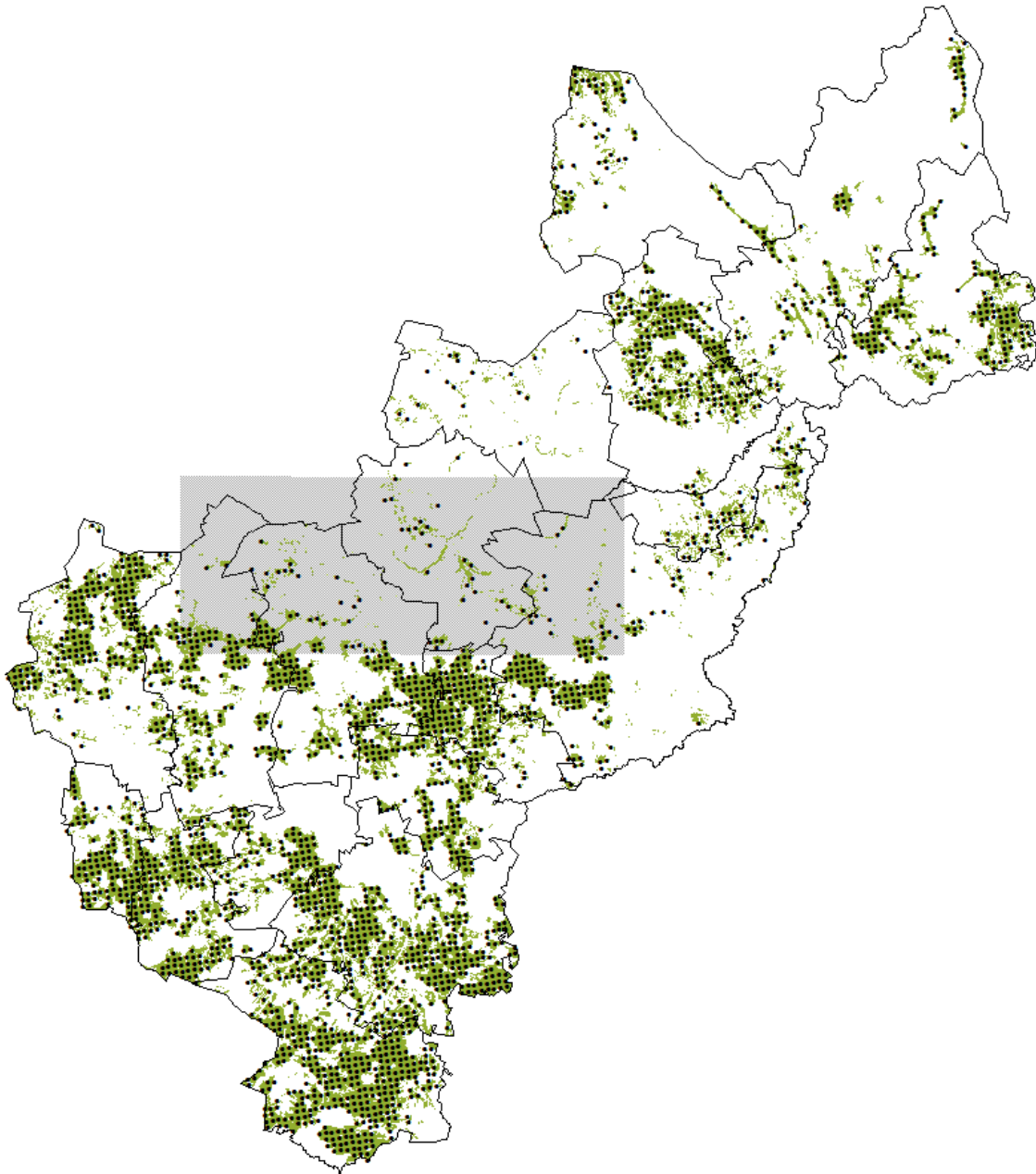
**Tabla 1.** Conceptos de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación del estado.

Concepto	No. Polígonos.	Área, ha
Aeropuerto	1	480
Agricultura de humedad	21	104,255
Agricultura de riego	373	71,648
Agricultura de riego eventual	6	189
<b>Agricultura de temporal</b>	<b>2,952</b>	<b>258,053</b>
Bosque de encino	449	89,525
Bosque de encino - pino	12	10,182
Bosque de encino - pino perturbado	51	1,620
Bosque de encino perturbado	87	42,757
Bosque de oyamel	1	469
Bosque de pino	128	48,967
Bosque de pino - encino	23	24,096
Bosque de pino - encino perturbado	22	545
Bosque de pino perturbado	127	5,778
Bosque de táscate	28	6,205
Bosque de táscate perturbado	8	1,497
Bosque mesófilo de montaña	7	4,909
Bosque mesófilo de montaña perturbado	6	1,881
Bosque tropical caducifolio	49	48,657
Bosque tropical caducifolio perturbado	48	35,555
Bosque tropical perennifolio	1	86
Bosque tropical subperennifolio	4	3,143
Bosque tropical subperennifolio perturbado	1	1,345
Chaparral	95	9,197
Chaparral perturbado	1	7
Cuerpo de agua	383	4,307
Matorral crasicaule	561	83,504
Matorral crasicaule perturbado	246	71,020
Matorral desértico micrófilo	2	3,016
Matorral desértico micrófilo perturbado	2	670
Matorral desértico rosetófilo	23	12,268
Matorral desértico rosetófilo perturbado	2	733
Matorral submontano	170	142,101
Matorral submontano perturbado	36	13,394
Matorral subtropical	190	63,579
Matorral subtropical perturbado	42	3,853
Mezquital	2	62
Mezquital perturbado	2	53
Pastizal inducido	1,020	47,282
Pastizal natural	303	32,224
Sin vegetación	374	13,002
Zona Conurbada de Querétaro	58	18,107
Zona industrial	7	198
Otras zonas urbanas	618	16,884

superficie de las hojas F14C56 y 57 escala 1:50,000 del INEGI, sobre las que no se pudo –dada la calidad fotográfica de los mosaicos– realizar el muestreo de 130 puntos, así como a 34 puntos más repartidos en toda la superficie estatal que se hallaban debajo de nubes o en alguna área defectuosa de las fotografías.

En estos puntos se observaron rasgos como la presencia de suelo desmontado, roturación, acomodo de rastrojo o presencia de plantas cultivadas vivas en áreas parceladas, todo lo cual se clasificó como “parcelas en uso”; o bien, pasto y arbustos de rápido

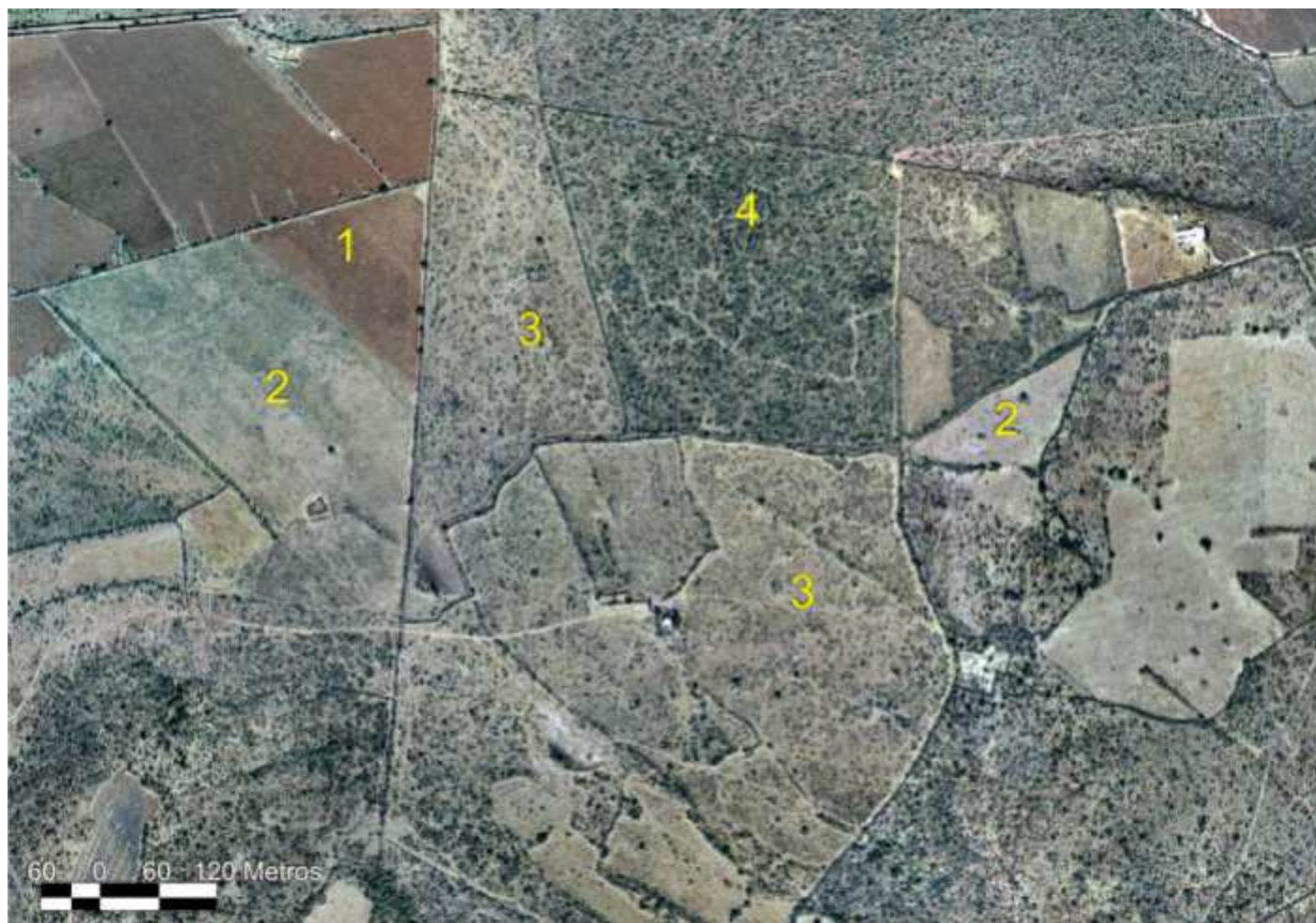
crecimiento, como huizaches y nopales, hasta la presencia de matorrales más o menos densos, lo que se clasificó como “parcelas abandonadas”. Por último, se identificaron áreas que no son parcelas agrícolas (caminos, ranchos y otras instalaciones) y áreas con vegetación que no parecen haber sido empleadas para la agricultura, que se clasificaron como “otros usos”. Ejemplos de esto, pueden observarse en la **Figura 4**.



**Figura 3.** Retícula de puntos de muestreo sobre las zonas agrícolas de temporal en la carta (áreas verdes). En gris, la superficie donde faltó resolución en las fotografías para definir el uso.

Se realizaron tres muestreos aleatorios sobre el conjunto de puntos (que es, a su vez, un muestreo del universo de 258,053 ha, de áreas de temporal en la cartografía estatal), de alrededor de 350, seleccionados aleatoriamente, que corresponderían a un tamaño de muestra adecuado para un nivel de confianza de 95 %,

un intervalo de confianza de 5.24 %, y un error estándar de menos de 2.7 % (NIST/SEMATECH, 2012), lo que es válido tanto para el caso de los puntos como del total de hectáreas mencionado.



**Figura 4.** Ortofotografía aérea digital de un área de aproximadamente 5,500 ha, entre los municipios de Colón y Tequisquiapan, donde se aprecian: 1.- parcelas de temporal en uso sembradas; 2.- sin sembrar por uno o pocos años; 3.- sin sembrar por más de cinco años; 4.- con vegetación de matorrales.

## Resultados del muestreo

En la **Tabla 2** se presentan los resultados de estos muestreos.

**Tabla 2.** Resultados de tres muestreos sobre la retícula de 1Km en áreas temporales.

Uso del suelo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	SUMA
Parcela en uso (P)	183	205	155	543
Abandonada (A)	154	211	174	539
Otros usos (O)	18	25	28	71
<b>Totales</b>	<b>355</b>	<b>441</b>	<b>357</b>	<b>1,153</b>
Proporción A / (P+A)	45.70 %	50.72 %	52.89 %	49.82 %

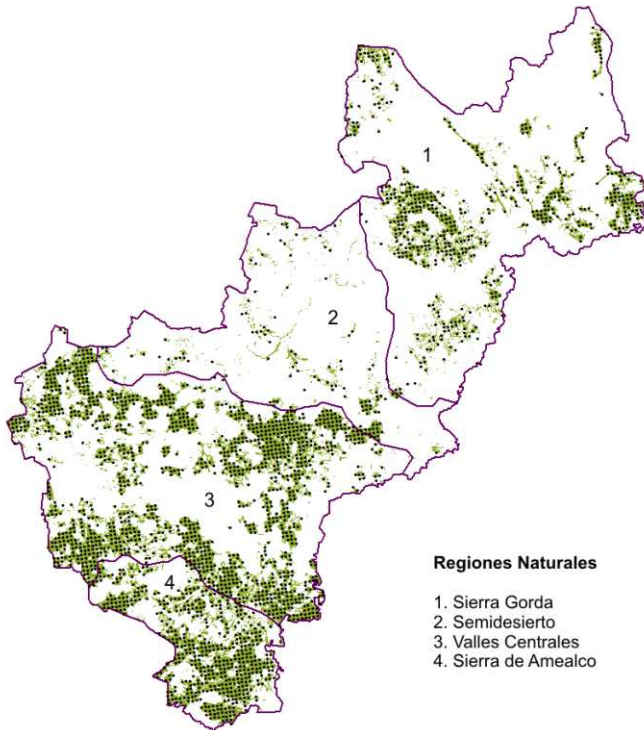
Al realizar una prueba de *chi* cuadrada para probar la hipótesis nula de que todas las muestras presentan proporciones idénticas ( $H_0: P_1 = P_2 = \dots = P_k$ ), se obtiene un valor de 3.66461 que indica poca o ninguna evidencia en contra de dicha hipótesis nula. Esto apunta en el sentido de que el tamaño de muestra es adecuado para representar la proporción de parcelas abandonadas, o sin uso.

Así, se observa que a nivel estatal –salvo el área gris de la **Figura 3**– la proporción de parcelas en desuso, o abandonadas, es de cerca de la mitad del total; esto es, unas 125,000 hectáreas.



## Resultados por región

A partir del conjunto de datos obtenidos en los muestreos anteriores, se llevó a cabo un ejercicio para tener una primera idea de cómo varían estas proporciones regionalmente. Para ello, se separaron por región los puntos muestreados de acuerdo con la regionalización natural elaborada en el CQRN, como se ve en la **Figura 5**.



**Figura 5.** Regiones naturales y puntos de muestreo.

Esta regionalización, de tipo general, se basa en el clima, la geología y las formas del paisaje, y no coincide con límites municipales. En la Figura se observa que, como ejemplo, la agricultura de temporal tiene patrones específicos en cada región. Por ejemplo, en el Semidesierto prácticamente se le encuentra restringida a las cercanías de los cauces de ríos y es mucho más escasa que en las demás.

La **Tabla 3** muestra la forma como se distribuyen espacialmente los puntos muestreados en las diversas regiones del estado.

En la **Tabla 3**, se observa que la cantidad de puntos varía mucho de una a otra región, en correspondencia con las superficies agrícolas de temporal en cada una. También varía considerablemente el número de observaciones que no fue posible realizar, por las dificultades técnicas ya descritas.

En el caso del Semidesierto, los puntos que no fue posible determinar constituyen la gran mayoría, con más del 63 % del total de observaciones posibles, que por demás son muy pocas.

Por tanto, habría que descartar los datos concernientes a esta región, hasta contar con una muestra mucho mayor.

En las demás regiones, el número de observaciones no efectuadas es razonablemente pequeño, y el total de observaciones bastante mayor.

Así pues, sin concederle a tales datos un rigor estadístico, parece haber dos comportamientos en las proporciones de ellos.

En la Sierra Gorda parece haber una gran proporción, mayor al 65 %, de parcelas en desuso.

**Tabla 3.** Uso del suelo por región.

Uso del suelo por región	Puntos	Proporción
<b>Sierra de Amealco</b>		
Abandonada	106	40.0 %
Otros usos	18	6.8 %
En uso	136	51.3 %
<b>No se pudo observar</b>	<b>5</b>	<b>1.9 %</b>
Subtotal	<b>265</b>	
<b>Semidesierto</b>		
Abandonada	9	15.8 %
Otros usos	4	7.0 %
En uso	8	14.0 %
<b>No se pudo observar</b>	<b>36</b>	<b>63.2 %</b>
Subtotal	<b>57</b>	
<b>Sierra Gorda</b>		
Abandonada	166	65.6 %
Otros usos	16	6.3 %
En uso	70	27.7 %
<b>No se pudo observar</b>	<b>1</b>	<b>0.4 %</b>
Subtotal	<b>253</b>	
<b>Valles Centrales</b>		
Abandonada	279	38.6 %
Otros usos	36	5.0 %
En uso	360	49.8 %
<b>No se pudo observar</b>	<b>48</b>	<b>6.6 %</b>
Subtotal	<b>723</b>	
<b>Total</b>	<b>1,298</b>	

En los Valles Centrales y la Sierra de Amealco (en el centro y sur de la entidad, respectivamente) encontramos la proporción aproximada de 40/50 % entre parcelas abandonadas y en cultivo.

## Conclusiones

Los resultados difundidos en el presente texto confirman que el abandono de la agricultura de temporal en Querétaro es un hecho, y que probablemente éste representa una proporción que puede oscilar, según a la región, entre el 40 y 60 % de las parcelas que se dedicaban a la actividad, hace dos décadas.

Ello representa un problema ambiental, económico y social de gran importancia, y que, por tanto, debiera ser considerado como estratégico, pues está relacionado con la emigración, la pérdida de cohesión social, el arraigo a la tierra, la productividad agrícola y la autosuficiencia alimentaria, a nivel regional.

Se requiere de más trabajo a fin de muestrear y caracterizar estas áreas a nivel estatal y en cada una de sus regiones, de modo que sea posible contar con un diagnóstico más preciso del proceso, sus tendencias y repercusiones.

## Referencias

CQRN, CONCYTEQ. Caracterización de los Ecosistemas, Cambios en el Uso del Suelo y Unidades Paisajísticas en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Querétaro. <http://www.concyteq.edu.mx/PDF/TOMO%20XII.pdf>, Querétaro, 2006.

De Jong, Ben y otros. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990 a 2006. Actualización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2006 en la Categoría de Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra. Preparado para el Instituto Nacional de Ecología, 2009.

García Zamora, Rodolfo. Crisis agrícola, Tratado de Libre Comercio y Migración internacional en México. II Congreso Mundial sobre Comercio y Desarrollo Rural. La Guardia, Rioja Alavesa, España. 24-25 de octubre, 2002. En [www.eumed.net/cursecon/ecolat/](http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/)

SEDEA, CONAFOR, CONCYTEQ. Inventario Forestal y de Suelos del Estado de Querétaro. Querétaro, 2009.

Gómez-Oliver, Luis, El papel de la agricultura en el desarrollo de México, FAO-PLAN-27, Santiago de Chile, 1995.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México en Cifras. [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx), 2012.

INEGI, Cartas de Uso del Suelo y Vegetación, series 2, 3 y 4, escala 1:250,000, hojas F14-7, 8, 10 y 11. Aguascalientes, Ags.

NIST/SEMATECH. e-Handbook of Statistical Methods, <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>, may 17, 2012.

SAGARPA, SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). Software que incluye datos del sector entre 1980 y 2010. Base de datos y software descargables desde <http://www.siap.gob.mx>

Zamudio R. S.; J. Rzedowski, E. Carranza G. y G Calderón del R. La Vegetación en el Estado de Querétaro, Panorama Preliminar. Instituto de Ecología, A. C; Centro Regional del Bajío/CONCYTEQ. 1992.

# Turismo y esparcimiento. Hacia la terciarización económica en el ámbito rural de Querétaro

**Facultad de Ciencias Políticas y Sociales  
Universidad Autónoma de Querétaro**

Alfonso Serna Jiménez  
serna@uaq.mx

## Resumen

El fomento del turismo rural en Querétaro ha estado asociado a la expansión de funciones del fenómeno urbanizador, tal como sucede en varias ciudades del mundo en donde el campo circundante ha sido considerado como si fuese su parque.

Coligado a lo anterior, es común observar que la promoción de esta actividad surja debido a la incapacidad estructural del agro de responder como una actividad económica rentable para sus pobladores. En esa medida, las zonas de turismo rural en Querétaro no se han ceñido a las zonas aledañas de las grandes ciudades, sino que se presentan de manera generalizada en su territorio, trayendo consigo nuevas actividades comerciales y de servicios locales, que indican una terciarización de la economía.

En las siguientes líneas se describen algunas zonas turísticas de la entidad, asentadas definitivamente en áreas urbanas, unas, y en zonas rurales, otras, con la finalidad de mostrar las condiciones que ofrece el turismo fuera de las grandes ciudades, como San Juan del Río y Querétaro.

## Introducción

El turismo, como una actividad social, tiene como antecedente la curiosidad de los diferentes grupos sociales por conocer otros territorios y grupos culturales. Si bien, igualmente, puede ser una consecuencia de guerras o conquistas en otros momentos de la historia de la humanidad, bien puede ser el disfrute que proporciona conocer otros contextos el elemento primario de la actividad a que nos referimos.

El siglo XX fue testigo del crecimiento turístico, principalmente debido a la construcción de la infraestructura carretera en numerosos países que, a su vez, dio lugar al turismo masivo. De manera paralela se dio el equipamiento que permitiría ofrecer una amplia gama de servicios asociados con esta actividad.

En el México de los gobiernos posrevolucionarios, y bajo un modelo económico de intervención estatal, se siguió ese camino desde aproximadamente los años 50, época en que iba configurándose una trama urbana a partir de lugares centrales. Esa trama implicó la localización y promoción de sitios de recreo y esparcimiento para los urbanitas, teniendo como primer referente el turismo de playa y sol, que atendía tanto a mexicanos como a extranjeros, principalmente estadounidenses.

Más adelante, con el cambio de modelo económico hacia el neoliberalismo, apareció también una nueva práctica turística basada en la diversidad de destinos y tipos, entre los que se incluyó la promoción de zonas que tuvieran como elemento común el paisaje rural y la naturaleza. Aun en los últimos años, esta cuestión ha sido objeto de atención por parte de los gobiernos federal y estatales como un modo de apoyar el desarrollo municipal y local, pues la vía de la producción primaria representa, cada vez menos, una buena opción para el sustento económico de la población del campo.

En las siguientes páginas se presenta una breve revisión del estado actual de los estudios sobre turismo rural, pues lo amerita el protagonismo destacable que, en los últimos lustros, ha tenido en el mundo y en nuestro país.

Más adelante se exponen algunos casos de turismo rural en el estado de Querétaro y algunas reflexiones

acerca de su presencia, haciendo algunas consideraciones con respecto a cuál es el destino del campo queretano y si se relaciona la promoción turística con el desarrollo rural.

### **Sobre el campo y el turismo rural**

El turismo es un fenómeno asociado al ocio y al disfrute de las personas, en contextos distintos al de su residencia. Ello implica desplazarse por el territorio y asentarse en un destino elegido donde, por lo general, se pernocta.

Hay varias definiciones acerca de esta actividad. No obstante, en el presente texto se le enfatizará como parte de los procesos de la sociedad. Al respecto, en Europa hay una producción interesante de literatura científica sobre el tema. En América Latina las pesquisas abundan más en Brasil, Argentina, Chile y México.

Nuestro país es uno de los principales destinos para el turismo internacional. Ofrece una gama amplia de tipos de turismo, de lo que hay que destacar que posee varios sitios de los nombrados por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) como Patrimonio de la Humanidad: 31 en concreto, hasta inicios del año 2012, que lo ubican como uno de los países con más reconocimientos de este tipo a nivel mundial (Italia, con 45, es el que más posee), y el principal en América. Tales reconocimientos, no obstante, suelen opacar otros contextos y realidades que no son parte de la promoción turística de algunos lugares, principalmente en países pobres o emergentes.

En los sitios de turismo, por otro lado, hay actividades económicas e intereses diversos, lo que obliga a voltear la mirada hacia lo que se está haciendo allí y hacia cómo quedan integrados los grupos sociales residentes dentro de los planes establecidos a partir de esta actividad, pues suele suceder que se piense y se haga más en cuanto a la imagen que se quiere proyectar a los turistas y en los servicios que pueda ofrecérseles, que en las necesidades de los pobladores oriundos. (Ya no digamos que se les integre o beneficie, sino que, al menos, no se les afecte en su calidad de vida, dado que, en ocasiones, pueden llegar a sentirse como extraños en su propia tierra.)

Esta situación cobra especial relevancia en México con la aparición del llamado “turismo rural”, el cual, dentro de la diversidad que hoy día se oferta, se

distingue por no ser masivo ni llevarse a cabo en centros urbanos, sino en condiciones diferentes de equipamiento e infraestructura y con características más bien rústicas. Así, también es promocionado como “de naturaleza”, con todas las derivaciones que de ahí surgen (ecológico, senderista, deportivo, paisajístico, de montaña, sostenible, etcétera).

Hay coincidencia en que la promoción del turismo rural surge como consecuencia de la escasez de políticas públicas para el desarrollo rural –principalmente en países subdesarrollados, aunque también es común en países europeos (Jerez, 2007: 58)– y, sobre todo, para los campesinos minifundistas, al poner en el último lugar de la política oficial a la producción primaria nacional, para dar paso a la importación de alimentos y orientar a la producción agropecuaria capitalista hacia la exportación.

Con ello se han dado, desde hace tres décadas, discusiones académicas en torno a la pluriactividad de los campesinos, al tener entre ellos preeminencia actividades económicas no ligadas a la producción primaria para el sostenimiento de la unidad doméstica. Inclusive, hay en varias zonas del agro mexicano fuertes tendencias de cambio de uso del suelo (entre ellas, la venta de tierras agrícolas para fines residenciales). A partir de situaciones como las mencionadas, se ha señalado que lo rural no se significa estrictamente por la actividad agrícola y ganadera, sino por una multiplicidad de actividades y actores que coinciden y comparten en los territorios rústicos.

En esa vertiente, las actividades del campo han pasado a ser una más en el abanico de posibilidades de ocupación y, en varios casos, sigue cultivándose para continuar recibiendo subsidios como el Procampo, o bien, por costumbre y apego a la tierra (aunque también se ha abandonado). Al respecto Luis M. Jerez, sobre un estudio que realizó en una isla en España donde la actividad agrícola dejó de ser rentable, señala que la agricultura ha tendido a dejar su función productivista y se ha convertido en una tarea para la conservación, protección y gestión del medio ambiente, e igualmente para recuperar el paisaje rural y agrario como una riqueza cultural para la atracción del turismo rural (2007: 58), cuestión que algunos reconocen como el turismo sostenible del ambiente y la cultura (Salazar, 2006: 106).

Una mirada social sobre el turismo es la que enfatiza los resultados de la interacción entre nativos y turistas;

es decir, la relación anfitrión-invitado, que se aboca a analizar las influencias recíprocas entre ambos sujetos, principalmente en el ámbito de la cultura. Tal influencia puede llevar, inclusive, a que los residentes se reinventen con el tiempo y tengan, a su vez, efectos en los visitantes (Salazar, 2006: 107), cuestión que destaca que los residentes no son, para nada, sujetos pasivos, sino todo lo contrario, pues “los pobladores locales pueden apropiarse del turismo y usarlo de manera simbólica para construir cultura, tradición e identidad (...) para atraer extranjeros”. Sin embargo, la otra cara del desarrollo del turismo es su propensión a cambiar la naturaleza de los lugares, lo que también puede suponer un reto para las identidades culturales (*Ibid.*: 109-110).

Otro elemento que se destaca en esta perspectiva, es que el turismo puede agravar las desigualdades en los ámbitos locales (*Ibid.*: 108), sobre todo en localidades rurales, dado que las articulaciones económicas no abarcan a toda una población de manera directa ni indirecta; esto es, que al no ser masivo el turismo que llega al medio rural, el beneficio suele ser menor y reducirse a servicios muy específicos que ofrecen pocas familias. O sea, es selectivo.

En otro sentido, el fortalecimiento de las actividades comerciales y de servicios en el medio rural (o terciarización) puede estar indicando –como explica Rodríguez– una apuesta por un medio “rural postproductivista”, o –como apunta Segrelles– el paso de un factor de producción hacia un bien de consumo (Rodríguez y Segrelles, citados en Jerez, 2007: 55 y 57).

No cabe duda que el medio rural no es un ámbito pasivo, y tal vez estemos en un periodo de transición hacia nuevas formas de expresión de lo urbano en el campo, aunque más que eso, estamos ante evidencias de un nuevo campo que, sin dejar de ser rústico, tiene nuevas configuraciones territoriales y sociales que lo expresan como un actor de nuevo tipo y no sólo como un recipiente para la expansión y las funciones de lo urbano.

### **El turismo y la terciarización del campo queretano**

El fomento del turismo rural en Querétaro ha estado asociado con la expansión de funciones del fenómeno urbanizador, tal como sucede en varias ciudades del mundo donde el campo circundante ha sido considerado como si fuese su parque. Coligado a ello, es común observar que la promoción de esta actividad

surja debido a la incapacidad estructural del agro de responder como una actividad económica rentable para sus pobladores. En esa medida, las zonas de turismo rural en Querétaro no se han ceñido a las áreas periféricas de las grandes ciudades, sino que se presentan de manera generalizada en su territorio, trayendo consigo nuevas actividades comerciales y de servicios locales que indican una terciarización de la economía.

En las siguientes líneas se describen algunas zonas turísticas de la entidad, asentadas definitivamente en áreas urbanas, unas, y en zonas rurales, otras, con la intención de mostrar las condiciones que ofrece el turismo fuera de las grandes ciudades, como San Juan del Río y Querétaro.

### **El turismo rural en la Sierra Gorda. La naturaleza para el disfrute de los urbanitas**

La Sierra Gorda es ampliamente conocida por sus condiciones económicas precarias y, por ende, por una práctica común de migración, que ha provocado inclusive el despoblamiento en algunas localidades. Se trata de una región predominantemente rural, sin grandes concentraciones de población que nos permitan hablar de centros urbanos con fuerte centralidad. En ese contexto, puede considerarse a la cabecera de Jalpan como un centro de importancia regional, sin llegar a ser un centro urbano con expansión territorial o con funciones importantes.

En los años 80 y 90 los municipios serranos continuaron sin mucha diferencia en cuanto a los niveles de bienestar de la población. En aquellas décadas permaneció la ausencia de inversiones que pudieran impactar en un desarrollo económico amplio para la zona y los grupos sociales. No obstante hubo algunas inversiones, públicas y privadas, que permitieron a la región marcarse nuevas perspectivas económicas a mediano plazo.

El esfuerzo más sólido del periodo, en cuanto a infraestructura, se dio durante el gobierno de Rafael Camacho Guzmán (1979-1985), distinguiéndose por una amplia apertura de caminos entre varias localidades serranas a las que comunicó con la red estatal, posibilitándoles relacionarse con otras comunidades.

En el periodo siguiente, el de Mariano Palacios Alcocer (1985-1991), además de continuarse con la ampliación de la infraestructura carretera, inició

operaciones una pista aérea en el municipio de Jalpan, con la firme intención de fortalecer el desarrollo comercial y turístico de la región<sup>1</sup>. Y sin duda, dicha obra reforzó la importancia de ese municipio entre los serranos y amplió las relaciones de éstos con otros ámbitos territoriales. De ese modo, lo local se conectó con el exterior, se abatieron las distancias, la región se sumó a la dinámica tecnológica y se integró a la red aeronáutica, que le permitió ampliar el espectro de relaciones económicas y romper con el aislamiento que hasta los años 70 había mantenido.

Entre las oportunidades que posibilitaron los caminos para el desarrollo económico y social de la Sierra Gorda queretana, una resultó de amplia trascendencia durante la administración de Rafael Camacho Guzmán: el rescate, restauración y promoción de las cinco misiones franciscanas que fundó fray Junípero Serra<sup>2</sup>. Estas edificaciones, de estilo “barroco mexicano”, se localizan propiamente en los municipios de Arroyo Seco, Jalpan y Landa, y constituyen uno de los principales atractivos de la zona serrana. De hecho, la UNESCO las declaró Patrimonio de la Humanidad en el año 2003, de ahí que sean del mayor interés para los gobiernos estatal y municipales, y sean ampliamente promocionadas por la Secretaría de Turismo federal.

Durante el mismo periodo se inició el rescate de las zonas arqueológicas de Ranas y Toluquilla, ubicadas en los municipios de San Joaquín y Cadereyta, respectivamente, acción ésta que también proyectó turísticamente a la zona serrana y a la entidad.

También desde los años 80, en una clara expansión de

los servicios urbanos por la Sierra Gorda, el gobierno estatal construyó hoteles en las cabeceras municipales de San Joaquín y Jalpan, así como en Conca (municipio de Arroyo Seco), a fin de equipar a la región de servicios turísticos. Desde 1988 los dos últimos continúan como propiedad del gobierno estatal, pero operados por la cadena hotelera Mission Park, cuestión que refleja la práctica de los últimos gobiernos de retirar al Estado de la competencia económica del libre mercado. Ha habido, además, inversiones privadas de carácter regional que han construido hoteles que compiten de modo muy parejo con la cadena hotelera, lo que redundó en la expresión de apertura que comenzó desde los años 80 en la región.

Aquellas obras fueron, en definitiva, la base de un proyecto urbano que impulsó el gobernador Camacho para la Sierra Gorda, mismo que con el tiempo se va complementando y configurando hasta reaparecer, hoy, como la alternativa que brindan las autoridades gubernamentales para el desarrollo de la región, donde además se ha incluido, de manera sobresaliente, la promoción del llamado “turismo verde”<sup>3</sup> en los tres últimos lustros.

Por su parte, Enrique Burgos García (1991-1997) buscó aprovechar “la vocación natural” de turismo en la Sierra, impulsando el Programa de Desarrollo Turístico de la Sierra Gorda<sup>4</sup>.

De igual modo, durante el sexenio de Ignacio Loyola Vera (1997-2003) la promoción turística de esta región fue un eje de su administración, e incluso se hizo alarde de la atracción que en ese ramo tenía, a

<sup>1</sup> Mariano Palacios Alcocer, *III Informe de Gobierno*, Querétaro, 1988, p. 31.

<sup>2</sup> Junípero Serra fue un fraile que se asentó, junto con otros religiosos, en Jalpan, en el año 1750, donde edificó el Convento y Misión en honor al apóstol Santiago, y supervisó la construcción de otras cuatro Misiones en la misma región.

<sup>3</sup> Respecto al “turismo verde” de esta región, se puede mencionar que el estrechamiento de relaciones sociales y económicas entre la Sierra Gorda y los procesos urbanos del centro y sur de la entidad, se ha dado también a través de la diversidad paisajística que la región norteña ofrece para la actividad turística. En ese tenor, se publicitan caídas de agua (como las cascadas de Chuvejé y el Durazno, de Pinal de Amoles y San Joaquín, respectivamente), pasos de agua debajo de grandes cerros (como el llamado Puente de Dios, en Jalpan), o las grutas Los Herrera, en San Joaquín, donde además se promociona el campismo en la zona boscosa conocida como Campo Alegre. Se cuenta también, en la serranía norteña, con el abismo subterráneo denominado El Sótano del Barro, concretamente en Arroyo Seco (que ocupa el primer lugar en México debido a la longitud de su tiro, y el tercero en el mundo). Asimismo, la administración municipal de Peñamiller (periodo 1997-2000) se propuso aprovechar el río Extoraz para poseer una zona de “rápidos” donde practicar el kayaking y el balsismo (lo cual no se ha concretado). Además, se promocionan las montañas que bordean a este río como idóneas para escalar. En Tolimán se realiza el senderismo y el ciclismo de montaña, donde el atractivo --aparte de las actividades deportivas-- es apreciar la flora cactácea, de la cual algunas especies están en peligro de extinción. En Landa, en el lugar conocido como El Madroño, se ofrecen los bosques y el clima fresco como una zona apta para el campismo, además de un área con fósiles marinos que datan de millones de años. En el municipio de Jalpan, concretamente en la Presa del mismo nombre, se efectúa desde hace varios años el Torneo de Pesca Deportiva y Recreativa de Lobina, a donde llegan competidores de varias partes del centro de nuestro país, y donde también se ofrece un área de campismo.

<sup>4</sup> Dicho programa incluía cuatro circuitos arqueológicos y misionales, las grutas naturales de San Joaquín y el turismo ecológico en Jalpan. (Enrique Burgos García, *I Informe de Gobierno*, Querétaro, 1992, p. 16.).

nivel nacional, nuestro estado<sup>5</sup>.

En esa vertiente, ya en la primera década del siglo XXI, el gobierno federal instauró el programa “Pueblos Mágicos” como una vía más de promoción turística para localidades con atractivos particulares. En lo respectivo a esta región, fue promovida como Pueblo Mágico la cabecera del municipio de Jalpan.

Pero éstas no son las únicas actividades que emergieron en el subsector servicios. Hay otras vertientes muy ligadas a la apertura y al movimiento económico de la región, tales como los viajes en avión hacia la cabecera de Jalpan y las rutas de autobuses que van hacia la Ciudad de México y hacia los Estados Unidos, principalmente con migrantes<sup>6</sup>.

Las acciones públicas, encabezadas por las obras de la red carretera, fueron el punto de arranque para la apertura de nichos turísticos en la región. En este punto cabe destacar que la Sierra Gorda fue decretada Reserva de la Biosfera por el gobierno mexicano, en 1997. Con este decreto y con las obras de rescate arquitectónico y arqueológico se ha posibilitado que en la Sierra Gorda se promocióne el ecoturismo, el turismo arqueológico y el turismo arquitectónico-histórico, como formas de la expansión urbana mediante la delimitación de zonas destinadas al descanso de los urbanitas y como una expresión del capitalismo en el territorio a través de los servicios que se despliegan para atender al turismo.

Sin duda, ésa ha sido la perspectiva de desarrollo económico que han proyectado los últimos gobernadores queretanos para el norte del estado. Sin embargo el impacto entre la población local ha sido mínimo, pues el proyecto de implantar un modelo urbano de atención al turismo en la Sierra Gorda se ha visto acotado por el predominio de la base rural de su sociedad y de su economía. Ese efecto limitado se

refleja en la poca articulación que ha tenido con los otros sectores económicos y en la constante práctica migratoria de la población. Así, el proceso de urbanización en la región se reduce a la manifestación de actividades urbanas en un contexto predominantemente rural, donde funcionalmente se depende poco de la ciudad.

Bajo esa orientación, puede apuntarse que lo que más se ha expresado es un uso del territorio, por parte de los urbanitas, para su disfrute, aun cuando también funge como una reserva de fuentes naturales para los procesos urbanos, como escribe Méndez con respecto a la experiencia latinoamericana:

El interés de lo rural, a pesar de que mantiene un matiz ambientalista, privilegia la conservación y la expansión de lo urbano. Las áreas rurales son consideradas fundamentalmente portadoras de recursos escasos como el agua, los bosques, la biodiversidad, la estabilidad de los componentes del suelo, etc., percibidos como necesarios para el logro de un equilibrio ecológico que permita la supervivencia de la ciudad (2005: 99).

En esta dinámica, el ámbito rural y sus pobladores confirman su adaptabilidad a las condiciones económicas y sociales que lo urbano ha desplegado en la región.

### **Las actividades económicas y turísticas del corredor agroindustrial de Querétaro**

Ezequiel Montes, Cadereyta, Tequisquiapan y Colón son municipios que han desempeñado un papel económico particular en la dinámica territorial del estado. Han constituido un área que en otro estudio postulé como el “corredor agroindustrial” de Querétaro, mismo que, con base en los procesos económicos y sociales, ha ido construyendo su

<sup>5</sup> Parte del interés de promocionar el turismo hizo que Ignacio Loyola comentara varias veces que el estado de Querétaro registraba los primeros lugares –a escala nacional– en ocupación hotelera, aunque se refería al alto porcentaje de ocupación de cuartos de hotel mas no al número de turistas, los que en términos cuantitativos no tiene punto de comparación con la cantidad de turistas que reciben los principales polos del país ni con el número de cuartos de hotel.

<sup>6</sup> Los viajes en avión han tenido propósitos turísticos y económicos, aunque se han enfrentado con dificultades, dado que la demanda no ha sido constante ni suficiente, de ahí que están prácticamente cancelados. Por otro lado, una empresa de autobuses de primera clase ya tiene algunos años realizando viajes diarios desde la Ciudad de México hasta la cabecera del municipio de Jalpan, dado que el flujo de viajeros se ha incrementado. También hay dos líneas de autobuses que en Arroyo Seco tienen salidas diarias a ciudades estadounidenses de los estados de Texas, Florida, Carolina del Norte, Georgia y Oklahoma. Una de las líneas de transporte proviene de Río Verde, San Luis Potosí, y hace escalas en Arroyo Seco, Jalpan y Landa (Nieto, 2002: 102). Ambas, por supuesto, existen debido a los altos índices migratorios que entre los serranos se dan hacia los Estados Unidos.

importancia como un nodo a partir de las condiciones de frontera agrícola y mediante las carreteras que comunican con el norte, el sur y poniente de la entidad.

En los municipios de este corredor existe un predominio amplio de paisaje rural donde continúan presentes la ganadería y la agricultura, con tierras de temporal en su mayor parte, en las que se combinan cultivos comerciales con los de granos básicos. Demográficamente hablando, el crecimiento indica que hay un avance hacia las concentraciones urbanas, de lo que hay que destacar que la cabecera municipal de Tequisquiapan es la única que presenta, desde hace tiempo, características de centro urbano.

Estos municipios son parte de la frontera agrícola del estado. De hecho, todos comparten parcialmente la región semidesértica, sobre todo Cadereyta, que prácticamente en su totalidad forma parte de esa región natural, y en menor medida Ezequiel Montes, Colón y Tequisquiapan, que a pesar de tener territorio semidesértico disponen de más hectáreas de tierras con riego que sus vecinos, lo que les permite sembrar más cultivos comerciales, como forrajes y hortalizas.

Aparte de las actividades primarias hay otras que han surgido de manera alterna y que indican que se sigue un camino hacia el crecimiento industrial. Es el caso de la explotación de minerales y el trabajo con elementos naturales para la elaboración de artesanías. A éstas –como ejemplo de la diversificación ocupacional– se les añaden las agroindustrias avícola y vitivinícola, y el trabajo en maquiladoras.

La conjunción de estas actividades en la región ha delineado la especialización del sector secundario, con características particulares. Por ejemplo, las que refieren a una industria sustentada en recursos del medio, por una parte (como son las extractivas del calcio y el mármol, o algunas artesanías como la cestería de vara y otras piezas elaboradas con fibra de ixtle, mármol, madera y piel, así como textiles de lana), y por la otra, a industrias asociadas al vestido, a industrias alimentarias para ganado y para consumo humano, o a bebidas, como la producción vitivinícola<sup>7</sup>.

Dentro del contexto económico de la región, son de

destacar las actividades secundarias y terciarias vinculadas con la actividad turística de la delegación Bernal, en el municipio de Ezequiel Montes. Este lugar es famoso por estar al pie de un enorme monolito: la Peña de Bernal, que atrae a numerosos turistas y escaladores debido a su imponente aspecto. Su atractivo, sin embargo, no radica sólo en eso. Bernal es una población que ha sido elegida en varias ocasiones para filmar películas, dada su arquitectura y el ambiente rural semidesértico donde está enclavada. También el lugar fue famoso por el tejido de cobijas de lana que se hacían en algunos talleres domésticos, al igual que en la vecina cabecera de Colón.

Como consecuencia de tales atractivos, desde el periodo de gobierno de Rafael Camacho Guzmán esta delegación comenzó a acondicionarse y a equiparse como parte de un proyecto de mayor magnitud, que también incluyó a diversos sitios de la Sierra Gorda, con el objetivo de promocionarlos como un corredor turístico en el estado.

Un efecto de estas acciones es que el turismo ha llegado y, con el paso del tiempo, se ha acrecentado, principalmente desde el gobierno de Ignacio Loyola Vera (1997-2003), pues además de la articulación con la promoción turística de la Sierra Gorda y de que Bernal ha sido nombrado Pueblo Mágico, existen recorridos regionales que incluyen visitas a las plantas vitivinícolas y a los establos fabricantes de queso en este corredor agroindustrial. Además, recientemente se han incluido en la agenda turística algunos lugares de culto y fiesta tradicionales de zonas rurales pertenecientes al vecino municipio de Tolimán, mismos que en el año 2009 fueron aceptados por la UNESCO en la lista representativa del Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad y reconocidos, ante esa instancia, como “Lugares de memoria y tradiciones vivas de los Otomí-Chichimecas de Tolimán: la Peña de Bernal, guardiana de un territorio sagrado”.

Esta faz turística de Bernal, por otro lado, también ha congregado con sus productos a artesanos de este corredor agroindustrial, lo que ha impulsado –además del comercio en general y el de artesanías– la aparición de servicios como hoteles, restaurantes y agencias de recorridos turísticos. Es preciso

<sup>7</sup> En los municipios de este corredor, dentro de la rama de alimentos y bebidas, se localizan las empresas de capital nacional Nutrisoc, La Perla y Albamex, dedicadas a la producción de alimentos para ganado. En la producción para el consumo humano se cuenta con la empacadora Mc Cormick, las empresas queseras Quesos Vai y La Hondonada, y las vitivinícolas La Redonda, Freixenet y Rancho Los Azteca.



mencionar, del mismo modo, que en esta región la cabecera municipal de Cadereyta también ha sido reconocida como Pueblo Mágico, por atractivos propios como son las colecciones de cactáceas, las artesanías de mármol y cuero, así como por su estructura arquitectónica, con lo que actualmente el corredor se significa más por el crecimiento de sus actividades secundarias y terciarias que por la actividad campesina, con excepción del importante crecimiento de la agroindustria avícola (que no es objeto de análisis en esta parte).

### **Los cambios en el uso del suelo para la habitación urbana y el esparcimiento en el sur del estado**

La expansión de las funciones urbanas a lo largo del territorio y la ocupación física en mayores dimensiones, son expresiones que la ciudad de Querétaro ha tenido claramente con los municipios que la rodean. Sin embargo, no ha sido un proceso que haya permeado por igual en todos los ámbitos. Es el caso de Amealco y Huimilpan, dos municipios que por la acción pública se han mantenido como territorios rurales pero con posibilidades de convertirse en nodos del modelo económico mediante la especialización de algunas funciones urbano territoriales (de hecho, parcialmente esta región se ha ido articulando con las necesidades expansivas de la ciudad capital).

En efecto, en la región sur, dentro de las articulaciones que ha tenido con la Zona Metropolitana de la ciudad de Querétaro, una de suma importancia para las funciones de ésta es la de los espacios para uso habitacional. Así, Amealco y Huimilpan han desempeñado un papel de amortiguamiento para la alta densidad demográfica de los municipios vecinos, aunque han tenido una diferencia de fondo en sus funciones: Huimilpan está fungiendo como un área de crecimiento de zonas habitacionales para la metrópolis, y Amealco está perfilándose como un área de esparcimiento a través de la promoción de casas de campo para renta y venta.

En ambos casos, la relación que sostienen con la dinámica del mayor centro urbano del estado delinea un proceso donde el predominio rural ha sido una ventaja para éste, en la medida que los municipios sureños han quedado como una reserva para fines diversos en la división de los usos del espacio que las

acciones públicas de las entidades de gobierno emprendieron desde los años 80 con ese fin, aun cuando, hay que señalarlo, años antes se pretendía lo contrario.

Ciertamente, en el año 1976, durante el periodo de gobierno de Antonio Calzada Urquiza, se manifestaron posiciones oficiales de protección a las áreas que rodeaban a la ciudad de Querétaro mediante una iniciativa de ley que tenía como propósito preservar y acrecentar el medio físico natural para –se decía– “el beneficio y sano desenvolvimiento de nuestras comunidades”<sup>8</sup>. A la par, se promovió la Ley de Asentamientos Humanos que tenía como fundamento regular el crecimiento equilibrado y justo de las ciudades ante las acciones de emplazamientos irregulares en la periferia de la capital estatal<sup>9</sup>.

En los siguientes dos años, derivado de esa Ley, y de la de Desarrollo Urbano, se elaboró el *Plan Regulador de la Ciudad de Querétaro* y se formó la Comisión para la Protección de Zonas de Reserva Territorial con intenciones de regular el crecimiento ordenado de la ciudad capital y de evitar el mercado ilícito de parcelas ejidales colindantes con el casco urbano del municipio de Querétaro<sup>10</sup>. Todo ello se planteó ante situaciones graves de demanda de tierra para vivienda y especulación que con varios terrenos se hacía en aquel entonces.

En 1984, ya durante la administración de Rafael Camacho Guzmán, y ante la obtención de tres créditos con el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (Banobras) para acciones de urbanización, además del crecimiento de la zona urbana de la ciudad de Querétaro, se estableció –con la participación de autoridades federales, estatales y municipales– el Comité Estatal de Reservas Territoriales para el Desarrollo Urbano e Industrial, a fin de planear nuevamente la expansión de lo que ya era la metrópolis queretana, con lo cual se intentaba normar el crecimiento desordenado que quiso evitarse desde el sexenio anterior<sup>11</sup>.

En 1986, sin embargo, ya durante el gobierno de Mariano Palacios Alcocer, se dieron las manifestaciones contrarias a la preservación de los predios rústicos alrededor de la metrópolis. Ese año se

8 Antonio Calzada Urquiza, *III Informe de Gobierno*, Querétaro, 1976, p. 18.

9 *Ibid.*, p. 29.

10 Antonio Calzada Urquiza, *IV Informe de Gobierno*, Querétaro, 1977, pp. 17 y 59 y *V Informe de Gobierno*, Querétaro, 1978, p. 5.

11 Rafael Camacho Guzmán, *V Informe de Gobierno*, Querétaro, 1984, p. 29.

anunció la construcción de la primera etapa del área recreativa del Parque Nacional del Cimatario, en terrenos expropiados a 11 grupos de ejidatarios, y en 1991 el Comité Estatal de Reservas Territoriales integró 16 expedientes a fin de remitirlos a la Secretaría de la Reforma Agraria para trámites expropiatorios de predios pertenecientes a 12,565 familias de distintos poblados, con fines de desarrollo urbano industrial<sup>12</sup>. Estas posiciones contrarias son interesantes, pues en definitiva las acciones de Palacios Alcocer desconocieron los propósitos proteccionistas de las administraciones previas, y dejaron ver decisiones de carácter neoliberal que se concretarían, formalmente, con la reforma al artículo 27 constitucional, en el año 1992.

En estas acciones subyacía la consideración de los terrenos del municipio de Corregidora, como una fase de la estrategia de expansión de las funciones de la ciudad de Querétaro, cuestión que de hecho inició desde los años 70. Luego, el crecimiento del perímetro urbano de la ciudad capital fue orientándose hacia el sur, hasta tocar con Huimilpan. La participación de este municipio en los planes metropolitanos de la ciudad de Querétaro desde el año 1992, permiten visualizarlo como la nueva zona de crecimiento habitacional y recreativa de la propia capital del estado.

Por su parte, en Amealco y Huimilpan se da, desde hace tiempo, la promoción de residencias de descanso, asentadas principalmente en zonas boscosas, dado lo atractivas y cercanas que resultan para los pobladores urbanos. En Amealco, particularmente, se han dado desde hace unos 20 años los primeros pasos para aprovechar el clima y el paisaje de bosque mediante la

promoción turística de sitios de atractivo natural, de la venta de terrenos y de casas campestres por inmobiliarias, y de la renta de cabañas<sup>13</sup>.

El surgimiento de este conjunto de fraccionamientos y de proyectos abrió, por otra parte, la actividad y la especulación inmobiliarias, dado que en la cabecera municipal casas y terrenos alcanzan precios como los de la ciudad de Querétaro. De igual modo, los terrenos rurales, con o sin riego, llegan a tener precios altos, lo que da cuenta del atractivo que ha ganado Amealco entre la gente de las ciudades con ingresos económicos medios y altos, principalmente de San Juan del Río y Querétaro. En este punto vale aclarar que el perfil que va tomando este municipio no es nada cercano a otros sitios famosos con estas características (por ejemplo, Valle de Bravo). Importa, sí, destacar la función que desempeña como área periurbana de los centros urbanos próximos, así como el potencial que presenta en ese sentido.

Otras acciones para la promoción del esparcimiento se dieron a finales de los años 90, cuando se construyó el centro recreativo Cimacuático, ubicado en el territorio huimilpense del Parque Nacional El Cimatario, que da servicio, sobre todo, a la población de la Zona Metropolitana de la ciudad de Querétaro.

Además del parque, la administración de Huimilpan tiene proyectado el fomento del turismo en algunas de sus zonas naturales. Su intención es la de llevar visitantes a practicar el senderismo, la pesca y, en general, el disfrute del paisaje, aunque el objetivo fundamental es el de ofrecer algunas fuentes de empleo para quienes viven en las cercanías. Los proyectos se tienen en el Cerro de La Cruz y en la Presa San Pedro, donde, de hecho, ya hay cuatro cabañas

<sup>12</sup> Mariano Palacios Alcocer, *Informe de Gobierno*, Querétaro, 1986, p. 39 y *V Informe de Gobierno*, Querétaro, 1990, pp. 25-26.

<sup>13</sup> Sin que sea un lugar famoso de descanso y esparcimiento, Amealco cuenta con sitios que aprovechan el entorno natural tanto para venta de terrenos y casas como para renta de cabañas, que operan en manos de particulares. Son los casos del fraccionamiento que comparte terrenos de Huimilpan y este municipio en la Sierra del Rincón. Ahí mismo, pero en territorio amealcense, está el fraccionamiento campestre Laguna de Servín, junto a la localidad del mismo nombre. Cerca de la cabecera, por la salida rumbo a Santiago Mexquititlán, están dos fraccionamientos llamados Las Cabañas y Cabañas San José de los Encinos, respectivamente, donde además hay algunas en renta. Por la misma carretera, a escasos cuatro kilómetros de la cabecera, en la localidad llamada Rincón de la Florida, se encuentra otro conjunto de cabañas en renta llamado Jajelilo, y más adelante, en San Pedro Tenango, se localiza un condominio de aproximadamente 15 cabañas, llamado Bosques del Renacimiento, donde algunas se rentan. Por otra carretera –la que va hacia San Ildefonso Tultepec–, se localizan las cabañas en renta denominadas Rancho La Cruz. Todas estas opciones operan en manos de particulares. Además de estos fraccionamientos y cabañas en renta, hay varias casas de campo particulares esparcidas en diferentes partes del territorio.

Los gobiernos municipales también han tenido acciones para atraer visitantes a este municipio. Uno de ellos es un proyecto ecoturístico que, para promover la actividad económica, se intentará impulsar en la localidad denominada San Pablo, localizada en una serranía boscosa al sur del municipio, donde, por sus características, también se explota un aserradero. Cerca de allí, en la misma serranía, se encuentra otra localidad llamada La Piedad, donde hay una pequeña cascada que es de gran atractivo. En razón de ello, se ha intentado construir algunas cabañas como parte de un proyecto comunitario, pero no ha habido las condiciones para concretarlo tras varios intentos.

para rentarse a turistas. Tales proyectos se ubican al sur del municipio, en zonas boscosas<sup>14</sup>.

En el caso de los proyectos que hay para estos dos municipios, es pertinente mencionar que el turismo rural ha sido una variante importante en los países desarrollados, desde hace mucho tiempo. En América Latina, en años recientes, se han hecho esfuerzos para impulsarlo y los análisis de varios organismos internacionales coinciden en considerarlo como un factor potencialmente importante para la diversificación de la economía rural y para el empleo rural no agrícola (Schaerer y Dirven, 2001: 7). Tal situación está presente dentro de los propósitos proyectados para esta región, pues se les concibe como una opción más para generar ingresos entre una porción pequeña de la población asentada en esos lugares, cosa que se inscribe en el contexto de los procesos de cambio rural actuales por ser una actividad —en este caso, en el rubro de los servicios— que amplía la gama de actividades no primarias en el campo.

Es importante resaltar que el cambio en el uso del suelo de esta región significa, por un lado, la ratificación de la integración física entre Huimilpan y la Zona Metropolitana de Querétaro, dadas las acciones inmobiliarias y la especialización en el recreo y el esparcimiento durante los últimos años; y por otro lado, la concreción del campo como una extensión de la ciudad y sus habitantes para el descanso, lo que perfila a la región como parte del espacio periurbano de la ciudad de Querétaro.

### **A modo de conclusión. Algunas preguntas acerca del turismo rural en Querétaro**

Con base en los elementos expuestos sobre el tema del turismo y la terciarización del ámbito rural, surgen algunos cuestionamientos que pueden orientar actividades futuras:

- El turismo rural que se está presentando en el estado de Querétaro, ¿tiene una base de sostenibilidad que respeta la naturaleza?
- El turismo que se está fomentando fuera de las grandes ciudades, ¿se está proyectando para representar una alternativa para los nativos del campo

queretano, con efectos económicos de alto espectro social que puedan generar menos desigualdades, o es de efectos excluyentes y está polarizando a los grupos locales?

- Quiénes son los más grandes beneficiarios del turismo rural, ¿agentes locales o agentes externos y de origen urbano?
- Ante la evidencia de que el modelo económico aplicado en México no concibe como prioritario al desarrollo agropecuario de base social, ¿hay voluntad política para rehabilitar productivamente al campo queretano, o es un caso perdido?
- En este tenor, cabe la pregunta: ¿pueden conciliarse la producción primaria con las actividades terciarias, como las impulsadas por el turismo?

### **Bibliografía**

1. Hiernaux, Daniel (2010), "La geografía del turismo en México: entre lo dicho y lo no dicho", en Daniel Hiernaux (director), *Construyendo la geografía humana*, Barcelona, Anthropos Editorial/ Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, pp. 171-186.
2. Jerez, Luis M. (2007), "La reestructuración de los espacios rurales de la Gomera: ¿desarrollo rural o profundización de la dialéctica campo-ciudad?", en *Investigaciones Geográficas*, núm. 43, sin mes, 2007, Universidad de Alicante, España, pp. 45-61.
3. Monterroso, Neptalí y Lilia Zizumbo (2009), "La reconfiguración neoliberal de los ámbitos rurales a partir del turismo: ¿Avance o retroceso?", en *Convergencia*, vol. 16, núm. 50, mayo-agosto de 2009, Universidad Autónoma del Estado de México, pp. 133-164.
4. Salazar, Noel B. (2006), "Antropología del turismo en países en desarrollo: análisis crítico de las culturas, poderes e identidades generados por el turismo", en *Tábula Rasa*, julio-diciembre, núm. 005, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Bogotá, pp. 99-128.
5. Schaerer, Jorge y Martine Dirven (2001), *El turismo rural en Chile. Experiencias de agroturismo en las regiones del Maule, La Araucanía y Los Lagos*, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, serie Desarrollo productivo 112.
6. Serna, Alfonso (2009), *Campo, ciudad y región en Querétaro, 1960-2000*, México, D.F., Plaza y Valdés Editores/ Universidad Autónoma de Querétaro.

### **Informes de gobierno**

Manuel González de Cosío (1961-1967)  
 Juventino Castro Sánchez (1967-1973)  
 Antonio Calzada Urquiza (1973-1979)  
 Rafael Camacho Guzmán (1979-1985)  
 Mariano Palacios Alcocer (1985-1991)  
 Enrique Burgos García (1991-1997)  
 Ignacio Loyola Vera (1997-2003)

<sup>14</sup> En el proyecto de la Presa San Pedro, se incluye el aprovechamiento del Cerro Capula, el cual recibe cada año a los Boy Scouts en su congreso, al que asisten grupos de varias partes de nuestro país. Profesor Maurilio Servín Hernández, entrevista citada, e Ignacio Loyola Vera, *VI Informe de Gobierno, Querétaro*, 2003, p. 32.

# Amaranto: al rescate de un alimento de los dioses

Facultad de Ciencias Naturales,  
Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Ingeniería,  
Universidad Autónoma de Querétaro

Jorge Luis Chávez Servín  
jchavez@ub.edu

Teresa García Gasca  
tggasca@gmail.com

Karina de la Torre Carbot  
karinadelatorrecarbot@yahoo.com.mx

Adán Mercado Luna  
merluna15@yahoo.com.mx

Mary M. Délano Frier  
marymdelano@yahoo.com.mx

## Resumen

El crecimiento poblacional y actual estilo de vida, demandan atención prioritaria debido al incremento de problemas relacionados con la alimentación. Adicionalmente, la exposición a diferentes factores endógenos y exógenos genera estrés oxidativo asociado a numerosas enfermedades y envejecimiento. Se estima que para el año 2050<sup>1</sup> habrá una población de 9 mil millones de personas, lo que implicaría un incremento del 70 % de la producción alimentaria y un incremento en las enfermedades crónicas degenerativas. Esto demanda mayores rendimientos en los cultivos así como producir alimentos con propiedades nutraceuticas. Mientras tanto, investigadores de diversas disciplinas de la ciencia y la tecnología se debaten para buscar producir nuevos alimentos, más resistentes, con mejores propiedades nutrimentales y nutraceuticas, así como nuevas materias primas para producir toda una gama de nuevos productos capaces de dar respuesta a los problemas actuales de alimentación. Llamamos a los entendidos en la materia y al público en general, a hacer una pausa y reflexionar. Mirar hacia el pasado pensando en el futuro, y rescatar, así, un “alimento de los dioses” olvidado en el tiempo: el amaranto, pasado, presente y futuro de nuestra alimentación.

## Introducción

Desde tiempos remotos el ser humano ha establecido una relación íntima con las plantas y ha tenido la necesidad de realizar una muy cuidadosa selección de éstas para su cultivo y consumo, desarrollando en torno a ello tradiciones y costumbres que ya son parte de nuestra historia.

Técnicas de cultivo y diversas preparaciones culinarias han sido transmitidas de padres a hijos, generación tras generación, incorporando mejoras y adaptaciones de acuerdo con el entorno, y toda esta información ha llegado, o no, hasta nuestros días.

El ser humano requiere saber cómo se cultivan las plantas que consume, cuáles plagas las afectan y cuáles son las condiciones propicias, con la finalidad de asegurar su abasto, evitar su daño y mejorar su calidad<sup>2,3</sup>. Asimismo ha generado, alrededor de ellas, una cosmovisión que va más allá del aspecto biológico, para incorporarla no sólo a alimentos y platillos con diversas preparaciones culinarias, sino a prácticas religiosas y a diversas creencias y tradiciones<sup>4</sup>. Sin embargo, el estudio de las plantas que el ser humano utiliza para su alimentación puede tener diversos enfoques, siendo uno de ellos el papel que juegan en su alimentación, tomando en consideración su composición nutrimental y de compuestos bioactivos.<sup>5-7</sup>

Cuando se evalúa la alimentación de una familia, comunidad, población, región o país, se observa que el consumo de cualquier alimento esta ligado a experiencias previas de ese alimento o platillo, que vienen dadas por la cultura alimentaria<sup>8</sup>. Desde luego, otros factores afectan el consumo de alimentos en una población, como podrían ser la economía, la disponibilidad, la infraestructura, el clima, las estaciones del año, entre otros.

Resulta evidente que el consumidor realiza una selección de alimentos de entre todos aquellos disponibles y a su alcance, dentro de toda una gama de posibilidades. México tiene una gran cultura alimentaria, extensa y nutrida en preparaciones culinarias, con diferentes coloridos y sabores. No obstante, la imperiosa necesidad de disponer de alimentos en cantidad y calidad, a fin de satisfacer tanto la alimentación en la actualidad como los problemas derivados de ella, ha llevado a científicos y tecnólogos de diversas disciplinas a desarrollar

“alimentos mágicos” o nuevos alimentos, creándose en ocasiones una diversificación innecesaria de nuevos productos alimentarios que pueden llevar al consumidor a confundirse o a incumplir con las recomendaciones para una correcta alimentación.

Los autores de este artículo proponemos reflexionar sobre la idea de producir alimentos nuevos, que no contemplen la cultura alimentaria, y que, por tanto, no serían capaces de satisfacer los actuales problemas de alimentación que enfrentamos. Asimismo proponemos mirar hacia atrás en nuestra historia, y analizar el cultivo y consumo de un alimento con interesantes propiedades agronómicas y nutricias del que puede aprovecharse todo, tanto para consumo humano como animal, y que ha formado parte de nuestra cultura alimentaria: el amaranto, un alimento de los dioses olvidado en el tiempo.

### Amaranto: su pasado y su presente

El amaranto es una planta dicotiledónea, perteneciente a la familia *Amaranthaceae*, especie anual de crecimiento rápido, herbácea o arbustiva de diversos colores (verde, morado, café o púrpura, con distintas coloraciones intermedias), que se reproduce mediante la autopolinización, principalmente por la acción del viento. Esta familia tiene más de 60 géneros y cerca de 800 especies. Su raíz es pivotante, con abundante ramificación y múltiples raicillas delgadas.

Sus tallos son tiernos y algo fibrosos en estado de madurez, de forma cilíndrica y angulosa, con gruesas estrías longitudinales que le dan una apariencia acanalada. Alcanzan una longitud de 40 centímetros a 3 metros, posee hojas simples lanceoladas, pecioladas, sin estípulas de forma oval elíptica, opuestas o alternas con nervaduras prominentes en el envés, lisas o poco pubescentes, cuyo tamaño disminuye de la base al ápice (**Figura 1**).

Las hojas tiernas, hasta la fase de ramificación, pueden consumirse como hortalizas de hoja. La inflorescencia corresponde a panojas amarantiformes o glomerulares muy vistosas (**Figura 2**), terminales o axilares, que pueden variar de ser erectas hasta decumbentes, con colores que van del amarillo, anaranjado, café, rojo y rosado, hasta el púrpura. Su tamaño va de 50 a 90 centímetros y presentan diversas formas.

El fruto es una cápsula pequeña, que botánicamente corresponde a un pixidio unilocular. En ésta se encuentra la semilla; pequeña, lisa, brillante, de 1 a 1.7



**Figura 1.** Forma típica de una hoja de *Amaranthus hypochondriacus* después de la inflorescencia.

milímetros de diámetro, ligeramente aplanada, de forma lenticular. Los colores varían del negro al blanco, aunque existen de colores amarillentos, cafés, dorados, rojos, rosados y púrpuras<sup>9</sup>.

Los tipos de amaranto que se cultivan para grano tienen, normalmente, semillas de color claro, mientras que los que se cultivan como verduras dan origen a



**Figura 2.** Inflorescencia del *Amaranthus hypochondriacus* en un cultivo mixto.

semillas oscuras, o negras. El número de semillas varía de 1,000 a 3,000 por gramo, y tienen un peso de 76.9 kilogramos por hectolitro<sup>10</sup>. La especie *Amaranthus hypochondriacus* es la más robusta y de mayor rendimiento entre los tipos de amaranto de grano<sup>11</sup>.

El amaranto se empleaba para consumo de manera integral por las culturas precolombinas. Tanto los

granos como las partes vegetativas formaban parte importante de la dieta, del mismo modo que lo hacían el maíz y el frijol (**Figura 3**)<sup>10</sup>. A la llegada de los españoles se observó una disminución dramática en su producción. Quizá motivos religiosos llevaron a los conquistadores a prohibir su cultivo, o simplemente esta planta pudo ser marginada por los nuevos cultivos del Viejo Mundo debido a las presiones de los colonizadores para cultivar plantas que les eran más familiares (como el trigo), o aquellas que les parecían más ventajosas (como el maíz<sup>11</sup>). Marginada o prohibida en aquel momento histórico, la producción de amaranto ha sido modesta y para algunos consumidores la planta ha sido olvidada, de tal suerte que muchas personas desconocen su existencia.

Actualmente los cultivos pertenecientes a la familia *Amaranthaceae* están prácticamente sin explotar y poseen características agronómicas y alimentarias muy prometedoras para mejorar la calidad de vida de las zonas áridas y semiáridas en México. Son plantas muy versátiles que se adaptan a diversas condiciones ambientales. En términos globales, el amaranto es un cultivo relativamente fácil de establecer, que prospera en regiones temporales donde los cultivos básicos tienen poco éxito. Se adapta a varios tipos de suelos, altitudes, temperaturas y fotoperiodos, así como a diversos requerimientos de pH y precipitación<sup>11</sup>.

En México, las entidades productoras más importantes ocupan parte de la cuenca de México, Hidalgo, Estado de México, Tlaxcala, Morelos, Puebla, Oaxaca y Michoacán, con rendimientos promedio de entre 1,100 y 1,400 Kg/ha. La producción en la zona rural del Distrito Federal se realiza principalmente en la delegación Xochimilco. En cuanto a la producción nacional de amaranto, 51 % se obtiene de Puebla, 22 % de Morelos, y el resto en Tlaxcala, Distrito Federal, Estado de México y Guanajuato<sup>12</sup>. En su mayoría, todos estos cultivos se realizan en campo abierto, con la variante del tipo de siembra: directa o por trasplante.



**Figura 3.** Amaranto, frijol y maíz: base de la alimentación prehispánica. *Códice Florentino*, Libro X, f. 132r. INAH.

Ésta comienza alrededor del mes de junio y la cosecha alrededor de diciembre, mientras que para la siembra directa, en octubre.<sup>11</sup>.

A la vista del potencial de esta planta, y como una estrategia para ayudar a combatir la desnutrición y la pobreza, en julio del año 2005 se constituye una organización no lucrativa en Querétaro, denominada México Tierra de Amaranto, A. C., integrada por investigadores, profesionistas y voluntarios que buscan promover, formar y capacitar técnicamente a personas de comunidades marginadas del estado de Querétaro para que puedan cultivar y aprovechar las hojas y granos de amaranto, en principio, a nivel familiar, a fin de incidir en su nivel nutricional, mejorar sus condiciones de vida y fomentar la cultura de desarrollo y sustentabilidad.

Los principales fines de dicha organización, son:

- 1- Abatir la desnutrición y la pobreza en las comunidades marginadas del estado de Querétaro.
- 2- Lograr la modernización del cultivo del amaranto para facilitar su uso industrial.
- 3- Fomentar la conciencia de que el cultivo de amaranto y su autoconsumo son estrategias viables de desarrollo sustentable para nuestro país.
- 4- Generar acciones que fomenten una cultura de equidad, justicia y unidad.

A pesar del redescubrimiento del amaranto, de las acciones realizadas por esta organización y de todas las ventajas que este cultivo implica para el consumo humano y animal, en Querétaro el cultivo de amaranto es muy bajo, siendo una de las principales limitantes la falta de estímulos que propicien su siembra y el desconocimiento general de los agricultores en relación con esta especie. Debido a los factores ambientales –como el clima árido y la baja y/o inconstante precipitación pluvial, que genera una alta dependencia de lluvias– se ha propiciado la pérdida total de muchos de nuestros cultivos tradicionales, por lo que la introducción del cultivo de amaranto cultivado en campo abierto y en invernaderos es un proyecto prometedor, que significaría una ruptura con las prácticas monocultivo del estado de Querétaro, diversificación de la producción agrícola, y una estrategia prometedora para combatir de la desnutrición en las zonas rurales marginadas.

## ¿Invernaderos?

La situación nacional de producción en el sector primario representa uno de los mayores retos de nuestro tiempo, debido al creciente abandono del campo por diversas circunstancias, como son la falta de políticas adecuadas, migración del productor del campo a la ciudad, falta de mano de obra, falta de infraestructura básica, problemas con el abasto de agua, el cambio climático, entre otras.

El avance en el conocimiento tecnológico y en los sistemas automatizados se refleja en casi cualquier cosa de nuestro actual estilo de vida, pero muy poco en el sector primario. Así, en la medida que se encuentren soluciones para los sistemas de cultivo –desde acciones implicadas en la labranza, siembra, riego y control de plagas, cosecha y postcosecha, almacenamiento y procesamiento de alimentos básicos– se podrá alentar más a las actividades agrícolas. Actualmente la aplicación de la ciencia y la tecnología para el desarrollo de la agricultura, es necesaria como una herramienta que permita combatir el desabasto en el sector alimentario nacional y estatal, frente a problemas como pobreza e inseguridad alimentaria que, generalmente, derivan en una inadecuada alimentación y desnutrición en la población más vulnerable.

Un resultado de la aplicación de la ciencia y la tecnología a la agricultura es la creación de invernaderos, desde los más básicos hasta los más sofisticados, con sistemas de control climático inteligente que permite optimizar las condiciones a fin de que los cultivos incrementen su productividad por superficie. Algunos cuentan con sistemas computarizados que pueden monitorear diversas variables importantes para el crecimiento de una planta –como la radiación, la humedad, el nivel de dióxido de carbono–, con sofisticados controles de riego, sensores de pH y de conductividad eléctrica que permiten maximizar la producción con la utilización de menos recursos naturales<sup>2,13,14</sup>.

La producción de alimentos está íntimamente relacionada con el nivel de infraestructura con que se cuente, a efecto de obtener el mayor rendimiento posible con el menor costo<sup>15</sup>. La ingeniería agroindustrial puede intervenir en todos los niveles de acción para encontrar diversas soluciones que permitan, paulatinamente, revertir el proceso de abandono y baja productividad del sector primario. En ese sentido, los invernaderos son estructuras que

pueden intensificar la producción agrícola al establecer condiciones apropiadas a fin de acelerar el desarrollo de los cultivos y permitir una mayor cantidad de biomasa por unidad de superficie cultivada, en comparación con la que puede obtenerse en cultivos en campo abierto, sobre todo si poseen un sistema de control climático, temperatura, iluminación y humedad relativa de acuerdo con las condiciones que requiera cada especie a cultivar.

Asimismo, los invernaderos construidos y equipados considerando las condiciones ambientales del lugar donde se ubican, de acuerdo con las necesidades de los cultivos y con un adecuado manejo, permiten el desarrollo de dichos cultivos en cualquier época del año, dependiendo de la especie y de las condiciones climáticas prevalecientes en el exterior. Debido a lo anterior, los invernaderos permiten la obtención de cultivos fuera de la temporada de producción en campo abierto y en regiones donde el clima no es el más apropiado para su establecimiento, obteniéndose seguridad en el abasto continuo de productos de acuerdo con el ciclo de producción que se emplee.

En términos generales, los rendimientos de los cultivos bajo invernadero directamente en el suelo aumentan de dos a tres veces, en comparación con los cultivos en campo abierto, y puede aumentar más dependiendo el tipo de cultivo y las condiciones del invernadero<sup>16</sup>. Además, como estructuras destinadas a proteger los cultivos, los invernaderos permiten el desarrollo de éstos con pocos riesgos para la producción, a diferencia de los cultivos en campo abierto donde están expuestos a las variaciones ambientales y dependen de la aleatoriedad de los factores naturales. El uso de invernaderos permite, pues, un uso más eficiente del agua y de insumos, un mayor control de plagas, malezas y enfermedades<sup>17</sup>.

## ¿Por qué amaranto?

La imperiosa necesidad de disponer de alimentos, en particular en los lugares de menor desarrollo, hace necesario una mayor producción agrícola de cultivos capaces de suministrar a la población una adecuada cantidad de productos a fin de diversificar su dieta y asegurar, así, una adecuada ingestión de nutrimentos.

La Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos realizó un estudio intensivo con la finalidad de diversificar la base alimentaria en el ámbito global e individual, y emprendió la tarea de precisar los cultivos óptimos para su desarrollo y disseminación en

una estrategia de investigación que consideró a los cultivos nativos que pudieran desempeñar un papel sobresaliente. El resultado titulado *Plantas tropicales subexplotadas con valor económico prometedor*, seleccionó al amaranto entre los cultivos más prometedores del mundo<sup>18</sup>. El amaranto se considera como una de las mejores fuentes de proteína de origen vegetal que puede obtenerse en condiciones de temporal, ya que en sequías la planta puede sobrevivir por largo tiempo y presentar mejores rendimientos que otros cultivos en similares circunstancias<sup>19</sup>. Además, es uno de los cultivos más rentables del mercado, con precios que superan varias veces el valor de cereales como el maíz, el trigo, la avena y el arroz.

Por ello, representa una oportunidad para las zonas áridas en Querétaro. Una oportunidad para romper con las prácticas del monocultivo tradicional y favorecer la diversificación de la producción agrícola.

La semilla del amaranto posee características nutrimentales muy interesantes. Una de las más importantes es su contenido y calidad de proteínas, ya que su aporte de aminoácidos dispensables es superior al de los cereales<sup>20</sup>.

El contenido de proteínas crudas de diversas variedades de amarantos va del 13 al 18 %<sup>11,21-24</sup>.

Las proteínas de los amarantos tienen un balance de aminoácidos muy aceptable, y poseen concentraciones elevadas de lisina (0.73-0.84 %), un aminoácido indispensable que es deficiente en los cereales. La semilla de amaranto carece de gluten y contiene altas concentraciones de compuestos fenólicos<sup>25,26</sup>. Estos últimos han sido objeto de múltiples investigaciones científicas debido a que se ha demostrado que tienen una actividad metabólica importante en el organismo, relacionada con la prevención de diversas enfermedades<sup>27</sup>.

Los compuestos fenólicos son compuestos orgánicos, en cuya estructura molecular está contenido al menos un grupo fenol, que es un anillo aromático unido a al menos un grupo funcional hidroxilo. Son metabolitos secundarios exclusivos del reino vegetal, que tienen en las plantas diferentes funciones relacionadas, principalmente, a su pigmentación y protección contra diversos agentes patógenos y organismos depredadores. Tienen una gran diversidad en su estructura química; entre otros, ácidos fenólicos y derivados, compuestos fenólicos no carboxílicos, y flavonoides. Se han identificado más de 8,000

compuestos diferentes<sup>27</sup>. Los ácidos fenólicos, flavonoides, estilbenos y lignanos, son los polifenoles más abundantes en las plantas. De ellos, los ácidos flavonoides y fenólicos constituyen el 60 y 30 % del total de polifenoles ingeridos en la dieta, respectivamente<sup>28</sup>.

El interés por estudiar estos compuestos ha incrementado la atención de los científicos, ya que se ha demostrado que estos compuestos tienen actividades importantes en el organismo, actividades tan importantes como las que tienen algunas vitaminas, es decir, que estos compuestos participan en el metabolismo y estas funciones recaen sobre la prevención de enfermedades como el cáncer y enfermedades cardiovasculares principalmente<sup>28</sup>.

De este modo, el consumo de compuestos fenólicos y vitaminas antioxidantes está relacionado con efectos benéficos en la salud. Su bioactividad se relaciona estrechamente con su estructura química y pueden actuar a diferentes niveles moleculares. Se ha demostrado que tienen un papel importante en la modulación de ciertas enzimas y en procesos de señalización celular<sup>27,29</sup>.

Entre las actividades biológicas que presentan estos compuestos, se destacan: propiedades antiinflamatorias, impidiendo la liberación de sustancias implicadas en el proceso de la inflamación; disminución de la agregación plaquetaria, un mecanismo implicado en la cicatrización que tiene un papel fundamental para el desarrollo de aterosclerosis (afección cardiovascular en que las arterias se ven obstruidas e impiden el paso correcto de la sangre<sup>27</sup>); propiedades antioxidantes, ya que secuestra, evita la formación o bien interviene en la depuración de radicales libres, que son moléculas inestables que se van formando en el medio ambiente, en los alimentos, o en el mismo organismo, que oxidan diferentes estructuras celulares.

Así, los compuestos fenólicos inhiben la oxidación de las LDL, que son moléculas que transportan colesterol en el organismo. Una vez que la LDL es oxidada, ya no puede transportar correctamente el colesterol a células que lo necesitan y en cambio estas LDL oxidadas se pueden ir acumulando en las arterias formando parte del ateroma durante el desarrollo de la aterosclerosis<sup>27,29-31</sup>.

Se ha reconocido una función en relación a la prevención del cáncer, ya que los compuestos fenólicos previenen la oxidación y cuidan la integridad



del ADN, que es el material genético que rige prácticamente toda función celular: su reproducción, su vida, su envejecimiento y su muerte. De este modo, los compuestos fenólicos pueden interferir en distintas etapas que conducen al desarrollo de tumores malignos, inhibiendo la expresión de los genes mutágenos y modulando la expresión de ciertas enzimas implicadas en el proceso del cáncer (reproducción incontrolada de las células)<sup>27</sup>.

Dichos componentes se encuentran de manera natural en el amaranto, lo que lo hace más interesante para incorporarlo a la dieta habitual, como en nuestro pasado prehispánico.

## Conclusiones

La situación nacional de la producción en el sector primario representa uno de los mayores retos de nuestro tiempo. Por ello es imprescindible alentar alternativas dentro de las actividades agrícolas, tendientes a aumentar la productividad del sector primario en el estado de Querétaro, en términos de rendimiento, sin dejar de vigilar aspectos importantes como lo es el aporte nutrimental del producto cosechado.

Será necesario fomentar una mayor producción agrícola, impulsar la producción de una adecuada cantidad de productos para diversificar la dieta del ser humano, y asegurar una ingestión de nutrimentos recomendable para la población. Asimismo, la implementación de invernaderos en cultivos con gran potencial agrícola—como lo es el amaranto—permitiría una mayor producción y rendimiento, y responder a esta problemática.

El cultivo de amaranto deberá estudiarse como una estrategia que coadyuve a combatir el hambre y la desnutrición de los sectores menos favorecidos en el estado de Querétaro, debido a su alta adaptabilidad como cultivo y a su composición nutrimental. En ese sentido, la organización México Tierra de Amaranto A. C., persigue los siguientes objetivos:

- 1- Rescatar, enaltecer y difundir la cultura del amaranto en México.
- 2- Crear una red social por la cual se logre el cultivo y consumo del amaranto de traspatio, la construcción de cisternas para la captura de agua de lluvia, y la organización de proyectos productivos en comunidades rurales.
- 3- Consolidar cadena productiva del amaranto en

Querétaro.

4- Vincular a las instituciones científicas del país con el trabajo en campo.

5- Crear una sinergia con diferentes sectores, para unir esfuerzos y acciones.

Finalmente, el proceso de reintroducción deberá ser paulatino, de tal modo que se convierta, con el paso del tiempo, en un alimento de consumo habitual. También deberá contemplarse como una opción más de cultivo que incremente la diversificación de la dieta, más que solamente la sustitución de una planta por otra.

El hecho es que sus cualidades nutrimentales y su versatilidad para la agricultura, no han pasado inadvertidas para la ciencia moderna<sup>25</sup>. Es indudable que el cultivo de amaranto tiene mucho potencial, por lo que resulta necesaria su reintroducción y que alcance el nivel e importancia que tenía hasta antes de la llegada de los españoles. Para lograr lo anterior, se requiere de varios factores y de manera simultánea:

## Apoyos y políticas agrícolas adecuadas

- Generación de tecnología para su cultivo y procesamiento como alimento básico.
- Actividades de educación a la población, que incluyan desde aspectos históricos en el cultivo de esta planta, métodos y formas de preparación culinaria, hasta información relativa de sus propiedades nutrimentales y nutracéuticas.
- Capacitación al agricultor, a todos los niveles de producción, como lo serían cultivos de traspatio para autoconsumo, cultivos en campo abierto y cultivos en invernadero.
- Garantía de venta del producto, ya que es este uno de los factores principales que determina qué es lo que va a producirse.
- Fomentar el cultivo de esta planta—que es parte de nuestra historia— a nivel de política alimentaria de Estado, realizando acciones de promoción en producción, distribución y consumo.
- Potenciar su cultivo en campo abierto y en invernadero, siendo éste un modo de incrementar el rendimiento y garantizar la cosecha, en la búsqueda de que el amaranto ocupe el lugar privilegiado que tenía hasta antes de la Conquista.

Finalmente, un ejemplo de esfuerzo conjunto en el cultivo de esta planta—que ha impactado en el terreno social, agrícola, industrial y económico— lo ha materializado la organización México Tierra de

Amaranto, que a la fecha ha contabilizado 2,452 participantes y 1,064 familias con cultivo de amaranto en traspatio, ha capacitado en el cultivo y procesamiento de la planta para su consumo a 839 personas, y ha sumado cultivos en casi 15 hectáreas mediante distintas estrategias y mecanismos de acción a efecto de que, con el paso del tiempo, el amaranto regrese de su sombra y poco a poco recupere el lugar que ocupaba en nuestra cultura alimentaria prehispánica. Es decir, como un alimento de los dioses.

## Referencias

- (1) FAO. 2050: Un tercio más de bocas que alimentar. La producción alimentaria tendrá que incrementarse en 70 %. La FAO convoca un foro de expertos de alto nivel. 23-9-2009. RefType: Report
- (2) Kotzabasis K, Navakoudis E, Vakalounakis DJ. Photobiological control of crop production and plant diseases. *Z Naturforsch C*. 2008;63:113-123.
- (3) Kismanyoky A, Lehoczy E, Kismanyoky T. Effect of fertilization on the weediness of maize in a long-term field experiment. *Commun Agric Appl Biol Sci*. 2006;71:787-792.
- (4) Nordeide MB, Hatloy A, Folling M, Lied E, Oshaug A. Nutrient composition and nutritional importance of green leaves and wild food resources in an agricultural district, Koutiala, in southern Mali. *Int J Food Sci Nutr*. 1996;47:455-468.
- (5) Rozin P, Fischler C, Imada S, Sarubin A, Wrzesniewski A. Attitudes to food and the role of food in life in the U.S.A., Japan, Flemish Belgium and France: possible implications for the diet-health debate. *Appetite*. 1999;33:163-180.
- (6) Pieroni A, Houlihan L, Ansari N, Hussain B, Aslam S. Medicinal perceptions of vegetables traditionally consumed by South-Asian migrants living in Bradford, Northern England. *J Ethnopharmacol*. 2007;113:100-110.
- (7) Ferguson PP. Culinary nationalism. *Gastronomica (Berkeley Calif)*. 2010;10:102-109.
- (8) Tate CD, Hellmich RL, Lewis LC. Evaluation of *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae) neonate preferences for corn and weeds in corn. *J Econ Entomol*. 2006;99:1987-1993.
- (9) Xu F, Sun M. Comparative analysis of phylogenetic relationships of grain amaranths and their wild relatives (*Amaranthus*; *Amaranthaceae*) using internal transcribed spacer, amplified fragment length polymorphism, and double-primer fluorescent intersimple sequence repeat markers. *Mol Phylogenet Evol*. 2001;21:372-387.
- (10) Sánchez-Marroquin A, Maya S, Domingo MV. Milling procedures and air classification of amaranth flours. *Arch Latinoam Nutr*. 1985;35:620-630.
- (11) Morales J, Vásquez N, Bressani R. *El Amaranto, características físicas, químicas, toxicológicas y funcionales y aporte nutritivo*. 1a edición ed. México, DF: Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán; 2009.
- (12) Santacruz De León EE. Situación actual de la producción de amaranto en el Distrito Federal, México. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*. 2010;136.
- (13) Kondo N, Monta M, Fujiura T. Fruit harvesting robots in Japan. *Adv Space Res*. 1996;18:181-184.
- (14) Norton T, Sun DW, Grant J, Fallon R, Dodd V. Applications of computational fluid dynamics (CFD) in the modelling and design of ventilation systems in the agricultural industry: a review. *Bioresour Technol*. 2007;98:2386-2414.
- (15) Silverstone SE. Food production and nutrition for the crew during the first 2-year closure of Biosphere 2. *Life Support Biosph Sci*. 1997;4:167-178.
- (16) Pacheco A. Ventajas y Desventajas del uso de invernaderos. <http://www.acea.com.mx/alex-j-pacheco/introduccion-1-1-4-ventajas-y-desventajas-del-uso-de-invernaderos>. 2010.
- (17) Rodríguez-Muñoz E, Herrera-Ruiz G, Pedraza-Aboytes G, Loarca-Pina G. Antioxidant capacity and antimutagenic activity of natural oleoresin from greenhouse grown tomatoes (*Lycopersicon esculentum*). *Plant Foods Hum Nutr*. 2009;64:46-51.
- (18) Kauffman C, Weber L. Grain amaranth. In: Janick JSJ, ed. Portland, Oregon, EUA: Timber Press; 1990:127-39.
- (19) Barrales-Domínguez J. *Amaranto. Recomendaciones para su producción*. México DF: Universidad Autónoma de Chapingo, Plaza Valdez y Fundación Produce Tlaxcala; 2010.
- (20) Fidantsi A, Doxastakis G. Emulsifying and foaming properties of amaranth seed protein isolates. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 2001;21:119-124.
- (21) Becker R, Wheeler EL, Lorenz K et al. A Compositional Study of Amaranth Grain. *Journal of Food Science*. 1981;46:1175-1180.
- (22) Calzetta Resio A, Aguerre R, Suarez C. Drying characteristics of amaranth grain. *Journal of Food Engineering*. 2004;65.
- (23) Teutonico R, Knorr D. Amaranth: composition, properties, and applications of a rediscovered food crop. *Food Technology*. 1985;39.
- (24) Lorenz K, Gross M. Saccharides of Amaranth. *Nutrition Reports International*. 1984;29:721-726.
- (25) Mustafa AF, Seguin P, Gelinias B. Chemical composition, dietary fibre, tannins and minerals of grain amaranth genotypes. *Int J Food Sci Nutr*. 2011.
- (26) Chon SU, Heo BG, Park YS, Kim DK, Gorinstein S. Total phenolics level, antioxidant activities and cytotoxicity of young sprouts of some traditional Korean salad plants. *Plant Foods Hum Nutr*. 2009;64:25-31.
- (27) Martínez-Valverde I, Periago MJ, Ros G. Nutritional importance of phenolic compounds in the diet. *Arch Latinoam Nutr*. 2000;50:5-18.
- (28) Gil A. *Tatado de Nutrición*. 2º ed. Madrid, España: 2010.
- (29) Halliwell B, Rafter J, Jenner A. Health promotion by flavonoids, tocopherols, tocotrienols, and other phenols: direct or indirect effects? Antioxidant or not? *Am J Clin Nutr*. 2005;81:268S-276S.
- (30) Covas MI, Fito M, Lamuela-Raventos RM, Sebastia N, De la Torre-Boronat C, Marrugat J. Virgin olive oil phenolic compounds: Binding to human low density lipoprotein (LDL) and effect on LDL oxidation. *International Journal of Clinical Pharmacology Research*. 2000;20:49-54.
- (31) Covas MI, de la Torre K, Farre-Albaladejo M et al. Postprandial LDL phenolic content and LDL oxidation are modulated by olive oil phenolic compounds in humans. *Free Radical Biology and Medicine*. 2006;40:608-616.

# Aplicación de *Spalangia Endius* en paquete biotecnológico como mecanismo de control de plagas e incremento en la competitividad en la industria lechera del estado

Facultad de Contaduría y Administración  
Universidad Autónoma de Querétaro

Juan Manuel Peña Aguilar  
juan\_manuelp@hotmail.com

Perla Jazmín Huerta Nieto  
perla.jhn@gmail.com

Rodrigo Valencia Pérez  
royvalper@hotmail.com

Alberto Pastrana Palma  
alberto@apastrana.com

Hiliana Torres Torres  
hiliana@gmail.com

## Resumen

Las plagas de diversos tipos de moscas son una de las principales causas de la disminución de la producción en la industria lechera, ya que generan estrés en el ganado y, por ende, provocan disminuciones cercanas a 1 litro por día en la producción láctea. El uso de insecticidas para combatir estas plagas puede, incluso, contaminar parcialmente la producción debido a su

alta peligrosidad, provocando baja calidad en el producto final.

Estas plagas también son responsables de la transmisión de enfermedades a los animales (como la mastitis), e inclusive a las personas que conviven día a día en los ranchos ganaderos y espacios aledaños.

Esta problemática plantea la necesidad de buscar métodos alternativos al uso de productos químicos, que permitan reducir los efectos negativos provocados por las plagas de moscas en los ranchos ganaderos y, a su vez, los daños colaterales.

El presente artículo muestra los avances de la investigación desarrollada hasta el momento. Se trata de una propuesta que busca incrementar la producción de la industria lechera mediante la aplicación de un paquete biotecnológico basado, principalmente, en un insecto enemigo natural de la mosca, *Spalangia Endius*, al que se emplea como método de control de mosca.

Éste ha mostrado resultados, como disminuir el estrés, reducir la propagación de enfermedades y, sobre todo, incrementar la producción de leche, al mismo tiempo que se disminuye la cantidad de medicamentos requeridos para combatir las enfermedades y la cantidad de pesticidas utilizados para combatir a la mosca.

## Introducción

Una de las mayores preocupaciones de los ranchos ganaderos, es el manejo de las plagas de moscas. La principal manera de combatir a estos insectos es el uso desmedido de productos químicos, altamente contaminantes, que se convierten en un peligro para el ganado y los seres humanos, ya que pueden contaminar parcial o totalmente la producción de los ranchos ganaderos, e incluso el medio ambiente. Además, el uso constante de estos productos provoca que las plagas desarrollen inmunidad al pesticida, lo que conlleva buscar nuevos productos, más potentes, que ayuden a disminuir la cantidad de moscas que, a su vez, se vuelven más contaminantes.

El uso de animales que se alimentan de insectos como un medio para controlar plagas, se inició hace unos 50 años en México. A partir del año 1990 su empleo se ha incrementado constantemente debido a que instituciones públicas y privadas han realizado investigaciones y han aportado conocimientos que

permiten producirlos y emplearlos para combatir, sobre todo, a las plagas de distintos tipos de moscas.

Una de las instituciones de investigación que se ha interesado en el estudio de este tipo de animales, es la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), que a través del Laboratorio en Gestión Tecnológica e Innovación, en conjunto con la empresa regional Aquanimals, S. de R.L, han llevado a cabo diversos estudios en varios ranchos ganaderos del estado de Querétaro, empleando un método de control biológico de plagas de mosca, principalmente doméstica, mediante un paquete tecnológico basado en organismos vivos que se alimentan de insectos (moscas).

Un reto presente, es que este paquete debe competir en precio y efectividad con los productos químicos que se encuentran en el mercado. En la actualidad, el mercado global de productos benéficos para el control de plagas es muy pequeño en comparación con el mercado de pesticidas. Por ejemplo, en el año 1995, las ventas en pesticidas fueron, en promedio, de 29 billones de dólares, mientras que sólo 380 millones de dólares fue el promedio de ventas de insectos benéficos. Esto es, el mercado de insectos benéficos representó sólo un 1.3 % del mercado global. Países como Canadá y los Estados Unidos llevan la delantera con un 50 % del uso de estos insectos benéficos, mientras que en México, Centro y Sudamérica sólo se emplea un 8-10 % del mercado de América.

En ese sentido, los objetivos de la presente investigación son, principalmente, disminuir costos y aumentar la producción de leche hasta en un 20 %, a través de la reducción de estrés del ganado y de la disminución del uso de productos químicos, que habrá de brindarle una mayor vida de anaquel al producto. Y esto es de vital importancia, puesto que el producto puede competir en mercados internacionales.

La aplicación de este paquete permite obtener resultados notorios en la actualidad, tales como la disminución del uso de insecticidas para reducir el número de moscas en la industria agroalimentaria. Se evita, inclusive, la propagación de moscas migratorias hacia zonas cercanas a las industrias afectadas, pues se trata de focos de infección para la población y de un riesgo latente de propagación de enfermedades. La disminución de moscas implica una reducción directa en los gastos generados por el ganado, y ésta se refleja directamente en la producción. (Por ejemplo, un menor consumo de medicamentos, que va de un 50

hasta un 60 %, generado por enfermedades transmitidas).

## **Desarrollo**

El paquete biotecnológico es el resultado de un análisis y un diseño previos, tendientes a satisfacer las necesidades detectadas a fin de controlar las plagas de mosca en los diferentes ranchos ganaderos donde se realizaron las investigaciones.

La metodología empleada para la aplicación de este paquete, se describe a continuación.

### **Evaluación previa del rancho ganadero**

Es importante llevar un control inicial sobre el número de cabezas de ganado que existen en el rancho. Ello permitirá hacer un seguimiento controlado durante el tiempo en que el paquete esté funcionando, y obtener resultados visibles en cualquier momento.

### **Detección de tipo de mosca**

Es importante detectar cuál especie de mosca habita actualmente en zonas específicas del rancho ganadero. Ello permitirá adecuar el paquete biotecnológico a fin de combatir a tales especies, para lo cual se recolectan por medio de trampas de goma ubicadas estratégicamente en lugares que son foco de acumulación de moscas: salas de ordeña, corrales y sitios vecinos a éstos.

### **Conteo de moscas y registro de producción lechera**

Esta etapa es vital, pues se obtiene un registro preciso del número aproximado de la población de moscas, al inicio de la aplicación. Dicho registro también debe efectuarse con regularidad, con la finalidad de observar si el paquete genera los resultados deseados; esto es, disminuir las poblaciones de mosca. Las trampas de goma colocadas para la detección de tipo de mosca son útiles también para obtener el número aproximado de la población total.

Es importante, asimismo, que se realice un registro de la producción de leche generada por las vacas pertenecientes al rancho, así como la cantidad de cabezas de ganado, pues los resultados también son visibles al incrementarse la producción. Este registro permite obtener el promedio de producción de leche (litros de leche por vaca).

Los registros tanto de número de moscas y producción de leche, deben llevarse a cabo diariamente.

**Aplicación del paquete biotecnológico**

El paquete se basa, principalmente, en el uso de la *Spalangia Endius*, una pequeña avispa que mide de 2 a 3mm de longitud, aproximadamente. Se trata de un insecto enemigo natural de las moscas, inofensivo para los seres humanos, animales u otros insectos.

Esta pequeña avispa, cuando la hembra es adulta, coloca sus huevos en las pupas (fase de desarrollo de los insectos, posterior al estado de larvas y anterior al de adulto) de las moscas. La avispa larva mata a la mosca en desarrollo, alimentándose de ella. Tres semanas después, poco más o menos, la avispa adulta surge de la pupa para continuar con su ciclo natural.



Figura 1. *Spalangia Endius*.

El proceso para la producción de estos organismos se muestra en la **Figura 2**. Consiste desde la alimentación, reproducción e incubación, hasta el empaclado y el control de calidad.

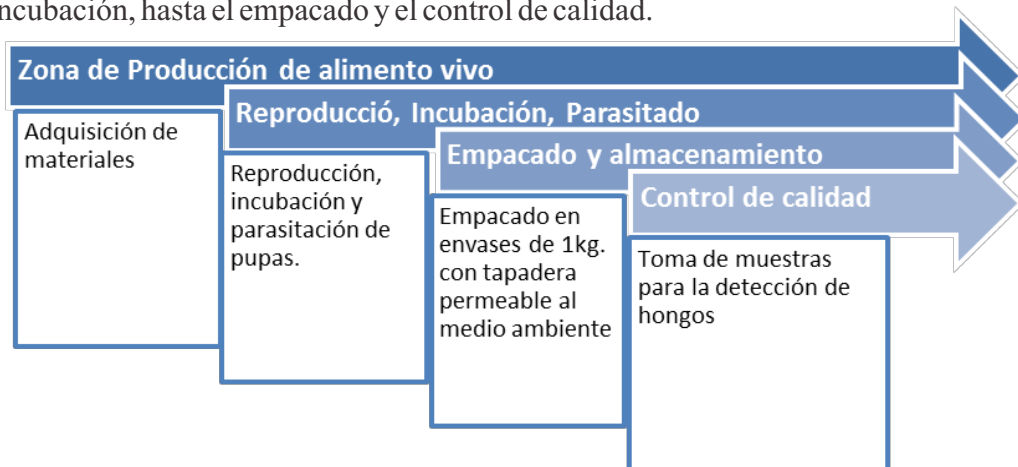


Figura 2. Proceso de producción de *Spalangia Endius*.

Es importante denotar que estos insectos no llegan a convertirse en plaga, ya que es un parásito exclusivo para moscas de crianza sucia. Así, al haber poca población de moscas, la población de *Spalangia* se reduce automáticamente de manera natural.

A estos insectos les es integrado el uso de trampas de cantera, elaboradas especialmente para la reducción de moscas. Su propósito principal consiste en evitar que las moscas migren hacia otras áreas cercanas al punto de control, y por tanto deben ser colocadas en puntos estratégicos. Las trampas atrapan a la mosca antes de que alcance su destino final; es decir, el punto crítico que está siendo controlado. El diseño de estas trampas se trabajó en conjunto con la empresa Aquanimals y con el apoyo de la empresa Megacontrol, especialista en el control de plagas.



Figura 3. Trampa de cantera desarrollada

El paquete biotecnológico se diseña de acuerdo con la población aproximada de moscas y con el registro de los lugares en donde hubo más incidencia de éstas.

### Control detallado de registros

Es preciso llevar un control de todos los registros al inicio, durante, y al finalizar la implementación del paquete, a fin de saber si la aplicación del paquete biotecnológico está produciendo resultados favorables. Los registros deben ser, especialmente, sobre la producción de leche y el número aproximado de la población total de moscas. Este registro debe llevarse a cabo al inicio de la aplicación y después, cada 15 días, durante el tiempo en que se encuentre en funcionamiento el paquete.

## Resultados

Para comprobar los resultados de la aplicación del paquete biotecnológico se hicieron varias pruebas con el apoyo de los socios de la Unión Ganadera de Querétaro, obteniéndose los siguientes datos:

Lugares dentro de la instalación, con mayor incidencia de mosca	Nivel de población antes del sistema	Tiempo de prueba	Tipos de mosca identificados
Área de oficinas, sala de ordeña y corrales.	Medio. Alto.	Inicio: 18 oct 2010. Término: 29 nov 2010. Seis semanas (42 días).	Mosca doméstica. Mosca del establo. Mosca de gallinero. Pequeña mosca del estiércol.
Población INICIAL total aproximada.			96,678
Población FINAL total aproximada.			6,216
Disminución del 97.01 % de moscas.			

Tabla 1. Resultados obtenidos de los trabajos en conjunto entre alumnos de la UAQ y Aquanimals.

### Rancho Almugo

Se localiza en el municipio de Corregidora, Querétaro. Su principal problemática es la baja producción de leche a causa del estrés que generan las moscas en el ganado. Cuenta con 20 vacas en producción y 11 becerros.

Lugares dentro de la instalación, con mayor incidencia de mosca	Nivel de población antes del sistema	Tiempo de prueba	Tipos de mosca identificados
Sala de ordeña y corrales,	Medio. Alto.	Inicio: 11 abr 2011. Término: 18 jul 2011. 14 semanas (98 días).	-Mosca doméstica. -Mosca del establo. -Mosca de gallinero. -Pequeña mosca del estiércol.

Tabla 2. Datos generales del Rancho Almugo.

A continuación se muestran los datos obtenidos antes de iniciar la implementación del paquete biotecnológico, y los resultados que se obtuvieron 14 semanas después, al finalizar la prueba.

Antes de la prueba, 10 abril 2011.

Área de control	Número de perchas	Número promedio de moscas por percha	Población aproximada
Corrales	5	79	16,590
Becerras	2	219	18,396
Sala de ordeña	2	311	26,124
<b>Total</b>			<b>61,110</b>

Al final de la prueba, 18 julio 2011.

Área de control	Numero de perchas	Número promedio de moscas por percha	Población aproximada
Corrales	5	31	6,510
Becerras	2	64	5,376
Sala de ordeña	2	39	3,276
<b>Total</b>			<b>15,162</b>

Tabla 3. Resultados de la prueba en el Rancho Almugo.

Como puede observarse, la disminución de moscas en el rancho Almugo es claramente notoria, al haberse obtenido una reducción del 75.19 % de la población inicial. Por ejemplo, el número promedio de moscas por percha, en la sala de ordeña, se redujo de 311 a sólo 39, dato éste que nos muestra que la aplicación del paquete biotecnológico arroja resultados favorables.

La **Tabla 4** muestra los registros detallados de cada una de las áreas de control, y las fechas de mediciones.

Cronograma poblacional de mosca.

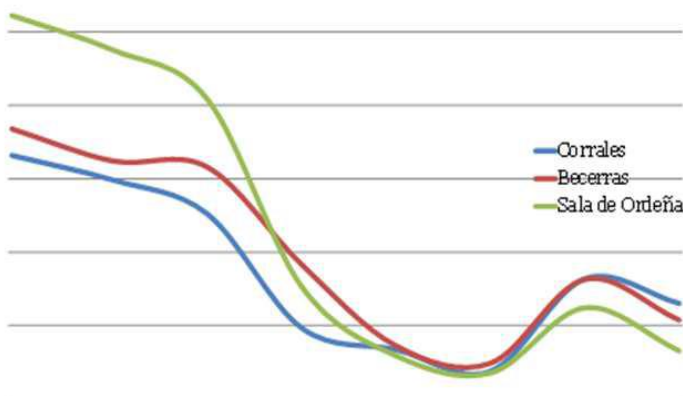
(Número aproximado de moscas por área bajo control)

Fecha (mediciones cada 15 días)	Corrales	Becerras	Sala de ordeña	Población mosca	Población <i>Spalangia Endius</i>	% Disminución
10-abr-11	16,590	18,396	26,124	61,110	1,289	
25-abr-11	14,910	16,212	23,772	54,894	40,000	10,17
09-may-11	12,600	15,792	20,412	48,804	40,000	20,14
23-may-11	4,830	9,156	7,644	21,630	80,000	64,60
06-jun-11	3,360	3,612	2,940	9,912	80,000	83,78
20-jun-11	1,890	2,436	1,764	6,090	120,000	90,03
04-jul-11	8,190	8,148	6,216	22,554	120,000	63,09

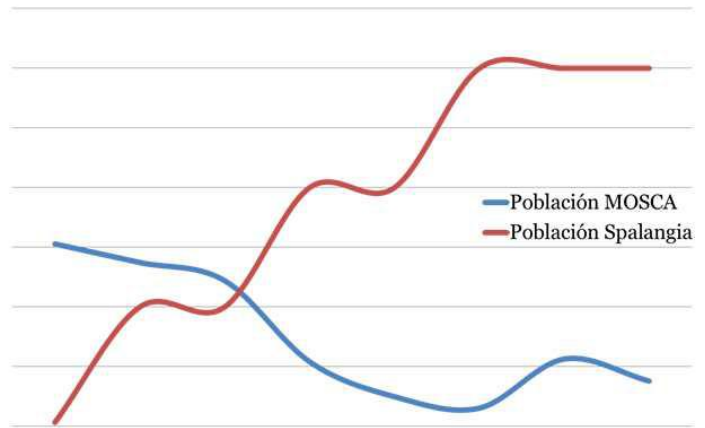
**Tabla 4.** Registros detallados de disminución de mosca en el Rancho Almugo.

Las mediciones se realizaron cada 15 días y se apoyaron con el empleo de trampas de goma, colocadas diariamente en puntos estratégicos.

Como puede observarse, al inicio de la prueba la disminución es muy poca debido a que aún existe mayor población de mosca, en comparación con la población del insecto depredador de moscas. No obstante, con el paso del tiempo la reducción de moscas se incrementó hasta el 90.03 % en el área controlada.



**Gráfica 1.** Población de mosca en el Rancho Almugo.



**Gráfica 2.** Población de mosca contra población de *Spalangia* en el Rancho Almugo.

Los resultados no sólo fueron notorios en la reducción de población de mosca, sino también en el aumento de producción de leche.

Fecha	Población mosca	% Disminución	Aumento de leche (litros / vaca por día)
10-abr-11	61,110		<b>0</b>
25-abr-11	54,894	10,17	<b>0,21</b>
09-may-11	48,804	20,14	<b>0,58</b>
23-may-11	21,630	64,60	<b>1,18</b>
06-jun-11	9,912	83,78	<b>1,38</b>
20-jun-11	6,090	90,03	<b>1,53</b>
04-jul-11	22,554	63,09	<b>1,11</b>
18-jul-11	15,162	75,19	<b>1,28</b>

**Tabla 5.** Registros de aumento de producción de leche en el Rancho Almugo.

### Rancho Santa Mónica

Resultados similares se obtuvieron en otros ranchos donde se realizaron pruebas. Tal es el caso del Rancho Santa Mónica, ubicado en el municipio de Corregidora. Su principal problemática –al igual que el Rancho Almugo– es la baja producción de leche causada por el estrés en el ganado. Posee un total de 70 vacas en producción y 30 becerras.

Antes de la prueba, 27 abril 2011.

Área de control	Número de perchas	Número promedio de moscas por percha	Población aproximada
Corrales	4	128	26,880
Becerras	3	332	27,888
Sala de ordeña	3	459	38,556
<b>Total</b>			<b>93,324</b>

Al final de la prueba, 28 julio 2011.

Área de control	Número de perchas	Número promedio de moscas por percha	Población aproximada
Corrales	4	39	8,190
Becerras	3	68	5,712
Sala de ordeña	3	61	5,124
<b>Total</b>			<b>19,026</b>

**Tabla 6.** Resultados de la prueba en el Rancho Santa Mónica.

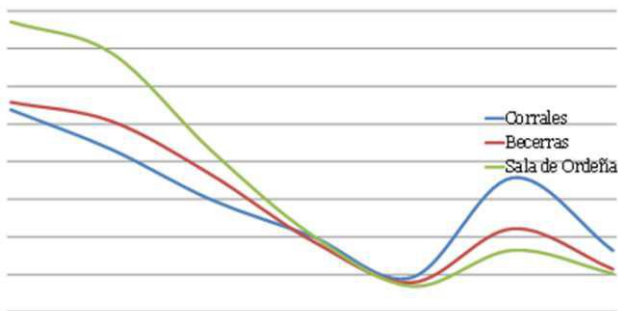
En la tabla anterior se observa una reducción de la población de mosca, de casi el 80 %. La disminución es más notoria en la sala de ordeña, registrándose de un promedio de 459 moscas por percha, a sólo 61.

Cronograma poblacional de mosca.  
(Número aproximado de moscas por área bajo control)

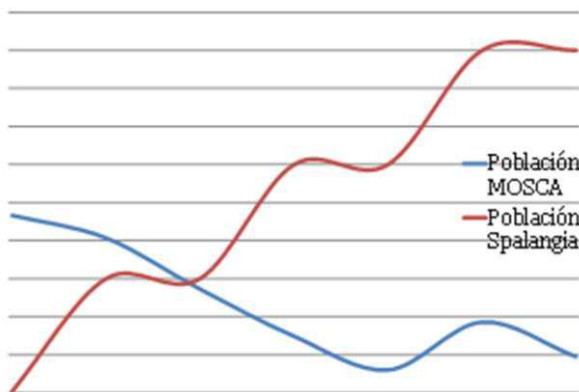
Fecha (mediciones cada 15 días)	Corrales	Becerras	Sala de ordeña	Población mosca	Población Spalangia	% Disminución
27-abr-11	26,880	27,888	38,556	93,324	763	-
11-may-11	21,630	25,368	34,440	81,438	60,000	12,73
25-may-11	14,910	18,228	21,420	54,558	60,000	41,54
08-jun-11	10,080	9,492	10,248	29,820	120,000	68,04
22-jun-11	4,620	3,948	3,444	12,012	120,000	87,13
06-jul-11	17,850	11,088	8,232	37,170	180,000	60,17
20-jul-11	8,190	5,712	5,124	19,026	180,000	79,61

Tabla 7. Porcentaje de la disminución de la población de mosca en el Rancho Santa Mónica.

Como se observa, al inicio de la prueba la disminución es muy poca debido a que aún existe mayor población de mosca, en comparación con la población del insecto depredador de moscas. No obstante, con el paso del tiempo la reducción de moscas incrementó hasta el 87.13 % en el área controlada.



Gráfica 3. Población de mosca en el Rancho Santa Mónica.



Gráfica 4. Población de mosca contra población de Spalangia Endius en el Rancho Santa Mónica.

Fecha	Población mosca	% Disminución	Aumento de leche (litros / vaca por día)
27-abr-11	93,324		0
11-may-11	81,438	12,74	0,16
25-may-11	54,558	41,54	0,39
08-jun-11	29,820	68,04	0,78
22-jun-11	12,012	87,13	0,97
06-jul-11	37,170	60,17	0,74
20-jul-11	19,026	79,61	0,83

En todas las pruebas y monitoreo efectuados, se emplearon trampas de goma que permitieron contabilizar el número aproximado de moscas en el punto de control. Se colocaron diario y estratégicamente en cada una de las áreas controladas. Una prueba más se llevó a cabo en el Rancho Los Nogales, que posee 700 cabezas de ganado.

Al inicio de la prueba se encontraron 69,678 moscas diarias, aproximadamente. Se implementó el paquete biotecnológico durante seis semanas, y al finalizar el número de moscas disminuyó a 6,216 moscas diarias, logrando un control de 91.07 % de reducción.



Figura 4. Vacas libres de estrés, sin movimiento de cola y sin amontonarse.

### Conclusiones

La aplicación de estos insectos benéficos, en conjunto con las trampas de cantera, han permitido una disminución notoria en la cantidad de insecticidas utilizados para combatir la plaga de moscas, además de evitar la propagación de moscas migratorias hacia zonas cercanas a los puntos de control, pues representan un foco de infección y de propagación de enfermedades. Como ya se mencionó, la reducción del uso de químicos también se refleja en los costos que genera el tratamiento de enfermedades en el ganado.

Con el uso de este paquete biotecnológico se mejora el nivel y calidad de vida de las zonas cercanas, al disminuirse el riesgo de propagación de enfermedades y evitarse, en gran medida, las molestias que ocasionan



las plagas de moscas.

También incrementa la producción ganadera total, en productos como son leche, carne y huevo, cuestión que permite a la industria ganadera ser más competitiva al otorgar productos libres de contaminantes asociados al uso de productos químicos. Esto, sin duda, influye en que exista más confianza en el consumidor, al adquirir un producto libre de químicos.

Hasta la fecha, el paquete biotecnológico ha mostrado resultados convincentes de su efectividad en la disminución del número de moscas; no obstante, requiere aplicarse en más lugares para aumentar el número de pruebas y obtener una base de resultados más sólida que permitan demostrar su verdadera eficacia.

Actualmente se cuenta con fondos de la Fundación Educación Superior Empresa, a fin de que el Laboratorio de Gestión Tecnológica e Innovación de la FCA (Facultad de Contaduría y Administración) en la UAQ, continúe trabajando en conjunto con la empresa Aquanimals para obtener los resultados esperados, de tal modo que este paquete pueda ser replicado en varios estados de nuestro país ya que el paquete biotecnológico, podría representar una manera de impulsar el empleo de controles de base biológica en México, donde ha sido rezagado, en comparación con otros países como Canadá y los Estados Unidos.

## Referencias

1. Badii, M., Abreu, J. (2006). Control biológico una forma sustentable de control de plagas. *International Journal of Good Conscienc.*
2. Tamez, P.G., Galan Wong, L., Medrano, H., García, G.C. (2001). *Bioinsecticidas: su empleo, producción y comercialización en México.* Ciencia UANL.
3. Baum, J. A., Jonson, T.B., Carlton B.C. (1999). *Bacillus thuringiensis: Natural and recombinant bioinsecticide products. In: Biopesticides: Use and Delivery.* Ed. F. R. Hall and J. J. Menn. Humana Press. Totowa, NJ.
4. Federici, B. A. (1999). *Naturally occurring baculoviruses for insect pest control in Biopesticides, Use and Delivery.* Ed. F. R. Hall, and J. J. Menn. Humana Press, Totowa NJ. USA.
5. King, E. (1996). *Control biológico de insectos y ácaros plaga.* Avances recientes en la biotecnología en bacillusthuringiensis.
6. Zamora, E. (1996). Técnica de producción masiva de *Spalangia endius* (Walker). II Curso de Actualización en Control Biológico. Centro Nacional de Referencia de Control Biológico. México.
7. Knipling, E.F. 1979. The basic principles of insect population suppression and management. Agric. Handbook No. 512; USDA, Washington, D.C.
8. De Bach, P. (1974). *Biological Control by natural enemies.* Cambridge Univ. Press, Londres.
9. Bigler, F. (1989). Quality assessment and control on entomofagous insects used for biological control. *J. Appl. Entomol.* 108: 390-40.
10. Hall, M. I. (1979). El uso de microorganismos en el control biológico. "Control biológico de las Plagas de insectos y Malas Hierbas." Ed. CECSA. México.
11. Vera, J. y Domínguez, B. (1985). Biología, hábitos y control de moscas de los establos lecheros. Memorias de la 1era. Conferencia Internacional sobre Ganado Lechero. México.

# Hidrocarburos y su distribución en el medio ambiente

Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S. C.

José Alberto García Melo

## Resumen

Este trabajo presenta un estudio sobre la electroremediación de suelos contaminados con hidrocarburos, de un suelo proveniente de Nuevo Teapa, Veracruz, el cual sufrió un derrame accidental de hidrocarburos.

## Antecedentes

Para realizar este modelo primero se determinó la constante de distribución del contaminante sobre la montmorillonita ( $K_d$ ), la cual se obtiene mediante la construcción de isotermas de adsorción. Para ello, se mantuvo en contacto el contaminante disuelto con la partícula de estudio –para este caso, la montmorillonita– durante un tiempo específico, hasta alcanzar un equilibrio entre ambas fases. Después de este tiempo, se compara la concentración inicial contra la final, y la cantidad de contaminante que adsorbió la partícula.

## Cuerpo del trabajo

De acuerdo con datos de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), en México se tienen registrados anualmente 550 emergencias ambientales asociadas con residuos peligrosos, siendo los productos derivados de la industria petroquímica (diesel, gasolina, petróleo crudo, entre otros) de los compuestos peligrosos comúnmente involucrados (INE, 2002).

Un grupo de compuestos pertenecientes a los hidrocarburos son los llamados hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP). Estos son moléculas que en su estructura contienen dos o más anillos bencénicos fusionados, pudiendo presentar sustituciones alquílicas, hidroxílicas, de halógenos y

de grupos nitro ( $\text{NO}_2$ ), en cualquiera de las posiciones del anillo. En su mayoría son compuestos tóxicos, carcinógenos, mutagénicos, y pueden producir tumores en algunos organismos y causar problemas de reproducción, desarrollo y en el sistema inmune. Además presentan gran persistencia en los medios naturales, al ser poco solubles en sistemas acuosos. Otro problema es que son moléculas de difícil degradación por las poblaciones microbianas endógenas; por ello, se les denomina moléculas recalcitrantes y son consideradas contaminantes

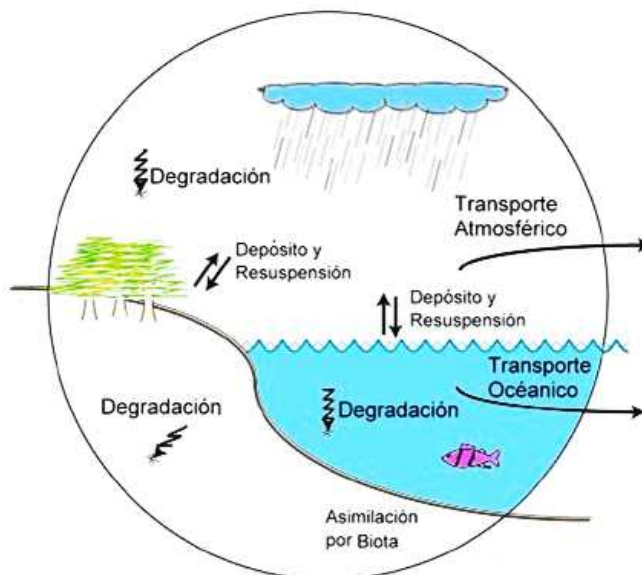


Figura 1. Modelo general de distribución o destino ambiental (Adaptado de Macleod y col., 2010).

prioritarios (Pérez y col., 2003).

Otra forma de generación de este tipo de compuestos es por la exposición de moléculas orgánicas a elevadas temperaturas (pirólisis), así como también por exposiciones a menor temperatura ( $100\text{-}150^\circ\text{C}$ ) y a elevadas presiones durante millones de años en sedimentos, durante la formación del petróleo (origen petrogénico; Viñas, 2005).

En general, el transporte intercompartimental de los HAP ocurre de la siguiente manera: los HAP liberados al ambiente son lavados por la lluvia y depositados vía húmeda y lixiviación a través del suelo o depositado en cuerpos de agua donde puede ser oxidado fotoquímicamente, degradado biológicamente, adsorbido por partículas y absorbido por organismos (EPA, 1983; Carlsen y col., 1997). En la **Figura 1** se representa el flujo de cualquier sustancia en el ambiente.

Durante un derrame accidental de hidrocarburos, el suelo se convierte en una zona donde coexisten diferentes fluidos: agua, hidrocarburo líquido, hidrocarburo en fase gaseosa y aire. La distribución de estos fluidos dentro de los espacios intersticiales depende de factores tanto de los fluidos como del suelo.

La distribución y el comportamiento de los compuestos orgánicos en suelo están gobernados por diferentes factores que incluyen las características del suelo (pH, contenido de materia orgánica y arcilla, potencial de oxidación-reducción, contenido en nutrientes, actividad microbiológica, entre otros), las propiedades específicas de cada compuesto (presión de vapor, solubilidad, estabilidad química, biodegradabilidad, características de sorción, entre otros) y factores ambientales como la temperatura y la precipitación. Así, estos compuestos pueden sufrir procesos de lavado, biodegradación, volatilización, fotodescomposición e hidrólisis, inmovilización por adsorción y formación de enlaces con partículas de arcilla, óxidos, oxihidroxidos y transferencia a organismos (Ortiz y col., 2007).

Debido a que las sustancias químicas representan un riesgo para la salud humana y el medio ambiente, es importante predecir su comportamiento y su concentración en cada una de las esferas ecológicas del mismo. Un instrumento usado para predecir el destino de un contaminante en el medio ambiente es el llamado “modelo de distribución o destino multimédios”. Este tipo de modelos estudia un área representada por un número de compartimientos, los cuales representan una parte específica en el medio ambiente (atmósfera, agua, suelo, biota y sedimentos), (Hollander y col., 2004).

La construcción de modelos de particiones se ha desarrollado para predecir el comportamiento de sustancias a través de los diferentes compartimientos ambientales, siendo el suelo uno de los más complejos debido a que presenta mayor número de interfaces presentes. Uno de los principales modelos desarrollados y de mayor interés es sobre el agua. Childs y col. (1987) desarrollaron un modelo sobre el balance hídrico en el suelo para la toma de decisiones sobre planes de reforestación basados en la cantidad de agua presente en el suelo en cada una de sus fases.

Uno de los modelos más empleados para realizar el

**Tabla 1.** Capacidades de distribución o fugacidad (Z) de diferentes compartimientos ambientales.

Compartimiento	Definición de Z (mol/m <sup>3</sup> ·Pa)	
Aire	$\frac{1}{RT}$	R = 8.314 Pa·m <sup>3</sup> /mol·°K T = °K
Agua	$\frac{1}{H} \text{ o } \frac{S}{P_v}$	H = constante de Ley de Henry, Pa · m <sup>3</sup> /mol S = solubilidad acuosa, mol/m <sup>3</sup> P <sub>v</sub> = presión de vapor, Pa.
Sorbente sólido	$\frac{K_d \rho}{H}$	K <sub>d</sub> = coeficiente de distribución sólido/agua, L/Kg ρ = densidad del sólido, kg/L
Biota	$\frac{K_d \rho_b}{H}$	K <sub>d</sub> = coeficiente de distribución biota/agua o factor de bioconcentración (BCF), L/kg ρ <sub>b</sub> = densidad de la biota, kg/L (generalmente se asume como 1)
Soluto puro	$\frac{1}{P_v \times v}$	v = volumen molar del soluto, m <sup>3</sup> /mol

balance de masa en un sistema multimedia, es el modelo de particiones basado en el concepto de fugacidad que fue introducido por G. N. Lewis en 1901, como un criterio de equilibrio, y es proporcional a la concentración (Webster y col., 2005).

La fugacidad (f, Pa) es interpretada como el escape o tendencia a volatilizarse de una sustancia. Tiene unidades de presión y puede ser vista como la presión parcial que ejerce una sustancia química cuando trata de migrar de una fase a otra (Mackay y col., 2001).

El modelo de particiones consiste en una serie de fórmulas matemáticas que representan cada una de las partes de un ecosistema (por ejemplo, la atmósfera, cuerpos de agua, suelo y biota). En la **Tabla 1** se muestran dichos sistemas representados matemáticamente:

Otra de las ventajas del uso de este modelo es que podemos definir el alcance del área de estudio, desde considerar el ambiente como un recipiente cerrado hasta considerar todos los mecanismos de interacción que existen en el ambiente. Los modelos de fugacidad se definen por niveles (Mackay y col., 1996):

#### Nivel 1

Se considera un sistema cerrado, con una cantidad fija de contaminante liberada, y que existe un equilibrio entre los compartimientos del medio.

#### Nivel 2

El contaminante es simple, se contemplan reacciones químicas, pérdidas y procesos de transporte y

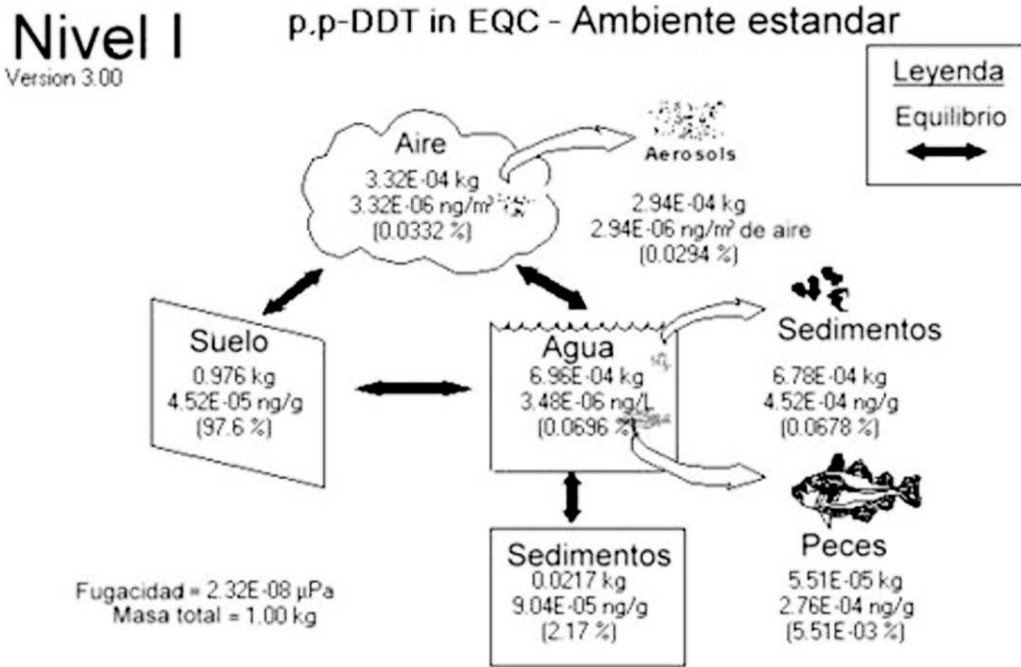


Figura 2. Modelo de distribución de DDT en el medio ambiente Nivel 1.

equilibrio en el medio ambiente.

**Nivel 3**

En este nivel se tiene que definir la forma en que se libera el contaminante y el modo de entrada al medio. Se contemplan reacciones, pérdidas y procesos de transporte. No se considera el equilibrio entre los compartimientos, pero sí un proceso de estabilidad.

**Nivel 4**

En este modelo se consideran las condiciones más aproximadas a las reales, considerando cambios con el tiempo.

Un ejemplo del resultado de la aplicación de un modelo de fugacidad Nivel 1, considerando la liberación de un kg de DDT sobre un ambiente estándar, se presenta en la **Figura 2**.

Este trabajo presenta un estudio sobre la electroremediación de suelos contaminados con hidrocarburos, de un suelo proveniente de Nuevo Teapa, Veracruz, el cual sufrió un derrame accidental de hidrocarburos.

Este suelo se analizó y se encontró que las partículas que más contaminante adsorbían eran las arcillas, por lo que se realizó la construcción de un modelo de particiones o distribución de un HAP que se encontraba en mayor concentración en el suelo (fenantreno), y la arcilla principal y representativa del suelo que era la montmorillonita.

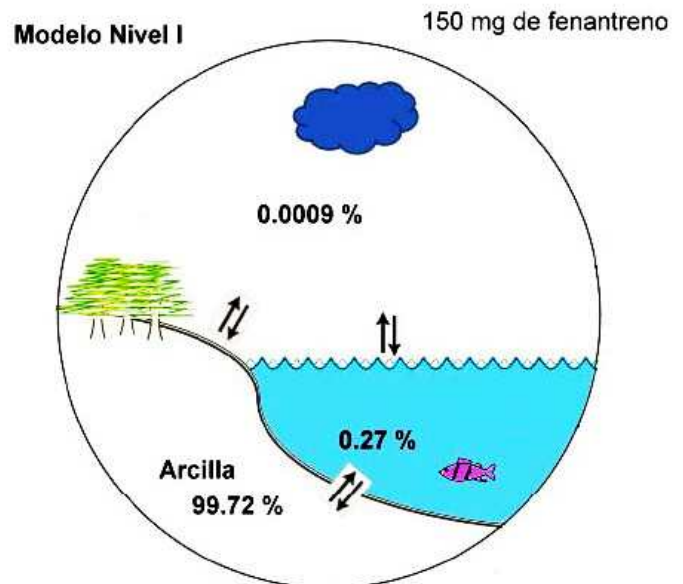


Figura 2. Modelo distribución Nivel 1 para el sistema aire-montmorillonita-fenantreno.

Para realizar este modelo primero se determinó la constante de distribución del contaminante sobre la montmorillonita ( $K_d$ ), la cual se obtiene mediante la construcción de isotermas de adsorción. Para ello, se mantuvo en contacto el contaminante disuelto con la partícula de estudio –para este caso, la montmorillonita– durante un tiempo específico, hasta alcanzar un equilibrio entre ambas fases. Después de este tiempo, se compara la concentración inicial contra la final, y la cantidad de contaminante que adsorbió la partícula.

La  $K_d$  obtenida se introdujo en las fórmulas del modelo para obtener la capacidad de distribución ( $Z$ ) de cada compartimiento. Se consideró un sistema cerrado, o modelo Nivel 1, con un volumen total de 500 mL, utilizando 100 g de montmorillonita. Para ello se asumió que se contamina con 100 mL de un HAP (fenantreno) con una concentración de 150 mg/L.

El resultado de aplicar estas condiciones a un modelo de distribución Nivel 1, basado en el concepto de fugacidad y considerando una arcilla libre de materia orgánica, demuestra que más del 99 % del contaminante se queda retenido en el suelo, mientras que el medio acuoso retiene sólo el 0.27 %; finalmente, el contaminante se distribuiría en la atmósfera con sólo el 0.0009 % (**Figura 3**).

### Bibliografía

1. Carlsen L., Lassen P., Pritzl G., Poulsen M. G., Willumsen P. A. y Karlson U. (1997) Fate of polycyclic aromatic hydrocarbons in the environment. *National Environmental Research Institute. Neri technical report N° 190*. Dinamarca.
2. Childs S. W., Costello C. y Flint A. L. (1987). A soil water balance model for partitioning water use among crop trees, evaporation and competing vegetation. *Forest Hydrology and watershed management. Proceedings of the Vancouver Symposium*. N° 167.
3. EPA (1983) Fates and biological effects of polycyclic aromatic hydrocarbons in aquatic system. Environmental Protection Agency. EUA.
4. Instituto Nacional de Ecología. (2002). Tecnologías de remediación para suelos contaminados. México.
5. Hollander A., Hessels L., De Voogt P. y Van De Meent D. (2004) Implementation of depth-dependent soil concentrations in multimedia mass balance models. *SAR and QSAR in Environmental Research*. Vol. 15 (5–6), 457–468.
5. Macleod M., Scheringer M., Mckone T. E. y Hungerbuhler K. (2010) The estate of multimedia mass-balance modeling in environmental science and decision-making. *Environ. Sci. Technol.* 44, 8360-8364.
6. Mackay D., Di Guardo A., Paterson S., y Cowan C. E. (1996). Evaluating the environmental fate of variety of types of chemicals using the EQC model. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 15, N° 9, 1627 – 1637.
7. Mackay D., Webster E., Cousins I., Cahill T., Foster K. y Gouin T. (2001) An introduction to multimedia models. Canadian Environmental Modelling Network. Trent University. Canada.
8. Pérez S. R. M., Abad P. G., Abalos R. A., Marañón R. A. y Bermúdez S. R. C. (2003) Biodegradación de naftaleno por *pseudomonas aeruginosa* AT18. *Tecnología Química*. Vol. XXIII, No. 3, 21 -27.
8. Viñas C. M., (2005) Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos: caracterización microbiológica, química y ecotoxicológica. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona, España.
9. Webster E., Mackay D., Wania F., Arnot J., Gobas F., Gouin T., Hubbarde J. y Bonell M. (2005). Development and application of models of chemical fate in Canada. Canadian Environmental Modelling Network. Trent University. Canada.

