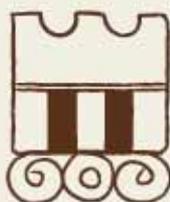


Sociedades Rurales

Producción y Medio Ambiente



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO

Revista semestral del Departamento de Producción Agrícola y Animal
de la UAM-X ISSN 1665-1189

19

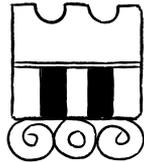
Julio 2010

Sociedades Rurales

Producción y Medio Ambiente

Sociedades Rurales

Producción y Medio Ambiente



Casa abierta al tiempo
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Rector General

Dr. Enrique Fernández Fassnacht

Secretaria General

Mtra. Iris Santacruz Fabila

UNIDAD XOCHIMILCO

Rector

Dr. Salvador Vega y León

Secretaria

Dra. Beatriz Aracely García Fernández

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

Director

Dr. Fernando de León González

Jefe del Depto. de Producción Agrícola y Animal

Dr. Fidel Adolfo Payan Zeyala

Director de la revista

Dr. Adolfo Álvarez Macías

Comité editorial

Encarnación Aguilar Criado, Universidad de Sevilla

Omar Araujo Febres, Universidad de Zulia, Venezuela

Christine Aubry, INRA, Francia

Luis Amado Ayala Pérez, UAM-X

Dan Badulescu, British Columbia University, Canadá

José Alfredo Cesín Vargas, UAER, UNAM

J. Charles Donato Rendón, Universidad Nacional de Colombia

Antonio Flores Macías, UAM-X

Rey Gutiérrez Tolentino, UAM-X

Germán Mendoza Martínez, UAM-X

Raúl Moreno M., Consultor Internacional Costa Rica

Mario Noa Pérez, Universidad de Guadalajara

María Teresa Núñez Cardona, UAM-X

Guadalupe Prado Flores, UAM-X

Jesús Rodríguez Diego, CENSA, Cuba

Jorge Ignacio Servín Martínez, UAM-X

Diseño y formación

D.C.G. Mary Carmen Martínez Santana

Corrección de estilo

D.C.G. Amada Pérez

Traducción de resúmenes al francés

Marie Claude Brunel

Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente Año 10, No. 19, periodo 2010, es una publicación semestral editada por la Universidad Autónoma Metropolitana, Prol. Canal de Miramontes 3855, Col. Exhacienda San Juan de Dios, Del. Tlalpan C.P. 14387, México D.F., través de su Unidad Xochimilco, División de Ciencias Biológicas y de la Salud y sus Departamentos de Producción Agrícola y Animal y El Hombre y su Ambiente. Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Delegación Coyoacán, C.P. 04960, Tel: 54837231 y 54837220, <http://srpma.xoc.uam.mx>, aalvarez@correo.xoc.uam.mx. Editor responsable: Adolfo Álvarez.

Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2001-061114021300-102, ISSN: 1665-1189. Licitud de Título., y Licitud de Contenido ambos otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación, este número se terminó de formar el 30 de octubre de 2010.

Los artículos firmados son responsabilidad exclusiva de los autores.

La reproducción total o parcial de los trabajos publicados requiere la autorización previa de los autores.

© 2000, Universidad Autónoma Metropolitana, D.R.

Índice

Política de la revista	7
Editorial	9
Presentación	13
ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN	
El papel de las raíces y la microbiota en la estabilidad y fertilidad de suelos volcánico-arenosos del Valle de México <i>Iván Pável Moreno Espíndola, Margarita Ros, Fernando De León González, María Jesús Ferrara Guerrero, Facundo Rivera Becerril, Diego González Halphen, Carlos García</i>	17
Efecto de agua tratada sobre la biomasa del perifiton de dos sitios del área lacustre de Xochimilco utilizando un microcosmos artificial <i>Martín López Hernández, Ma. Guadalupe Ramos Espinosa, Ma. Guadalupe Figueroa Torres, Antonio Flores Macías y Owen T. Lind</i>	39

Mezclas de fibra de coco, composta y mantillo de bosque en la producción de Phlox drummondii en el sistema chinampero	
<i>Verónica Nava Rodríguez, Fernando de León González, Sergio Palacios Mayorga, David Montiel Salero y Eduardo Celada Tornel</i>	63
Estudio sobre el requerimiento interno de nitrógeno en lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	
<i>Rafael A. Miranda Franco, Antonio Flores Macías, Arturo Galvis Spínola, Marcela T. Hernández Mendoza, Guadalupe Ramos Espinoza</i>	83
Pitayas y Pitahayas (<i>Stenocereus spp. e Hylocereus spp.</i>), recursos agrícolas en el Valle de Tehuacán Puebla	
<i>Patricia Bárcenas Abogado y Venus Jiménez Castañeda</i>	101
RESEÑAS	
Ts'umbal Xitalha'. La experiencia de una cooperativa de café. El camino de la sistematización	
<i>Benjamín Ortiz Espejel</i>	121
Política Territorial en México. Hacia un modelo de desarrollo basado en el territorio	
<i>Elizabeth Montaña Becerril</i>	133
GUÍA DE AUTORES	139

Política de la revista

La revista *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente* inició actividades en el año 2000, con el objetivo de comunicar y promover los avances significativos del desarrollo de las ciencias y campos de conocimiento asociados al estudio multidisciplinario de la producción y los cambios tecnológicos y ambientales en los territorios rurales, en el marco de las transformaciones sociales y económicas de las sociedades contemporáneas. El ámbito de interés de la publicación incluye los procesos que modifican los modelos de producción agropecuaria, silvícola, acuícola, así como otras actividades conexas, bajo los métodos de análisis y la aplicación del conocimiento ambiental, social y demográfico en regiones rurales y otras zonas que mantienen vínculos con lo rural. La revista incluye de manera integral los cuerpos de conocimientos y metodologías de las ciencias sociales y las biológicas, que analizan y explican los problemas científicos, tecnológicos y culturales de las sociedades y territorios rurales, la agricultura, las actividades rurales, los recursos naturales y el desarrollo regional. Asimismo, pretende contribuir en la búsqueda de soluciones para los diversos problemas y cambios globales, nacionales, regionales y locales.

Sociedades rurales, producción y medio ambiente se orienta hacia la evaluación de la investigación de frontera; el nivel actual de la discusión entre disciplinas relacionadas con el área emergente de estudio; y el debate del desarrollo sustentable en sociedades rurales. Desde esa perspec-

tiva se intenta que las distintas contribuciones a la revista asocien el rigor científico con una visión humanista, que brinde proyección y sentido a los resultados presentados. Además, la política de la revista es publicar trabajos que aporten información inédita y original, para ello se cuenta con cuatro secciones: Artículos de investigación, Notas de investigación, Ensayos y revisiones bibliográficas y Reseñas de libros y comentarios.

En ese marco, esta revista pretende ser un campo abierto, crítico y constructivo que contribuya a encontrar explicaciones científicas e interpretaciones que coadyuven al desarrollo nacional y de otras áreas del mundo, teniendo como principios la equidad, el desarrollo y la sostenibilidad. Por ello, se mantiene como un medio abierto a contribuciones del medio científico, tecnológico y del desarrollo, que permitan avanzar en esta intencionalidad.

Para mayor información sobre la publicación, favor de dirigirse a:

Adolfo Álvarez Macías, director de la revista

Edificio 34, tercer piso, jefatura del Departamento de Producción Agrícola y Animal, Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, 04960, México, D.F., Tels. 5483-7230 y 31.

La guía para autores también puede consultarse en:

<http://srpma.xoc.uam.mx>

Editorial

La publicación de la revista *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, por parte del Departamento de Producción Agrícola y Animal de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, ha avanzado en su proceso de regularización, y en el año en curso se pretende que se actualice plenamente. Para ello, desde la dirección de la revista se ha fomentado la coordinación con grupos de investigación, formales e informales, lo que ha sido fundamental para priorizar la edición de números temáticos. Para la realización del presente número se ha contado con la colaboración del cuerpo académico: Calidad de agua, suelo y sustratos, de la propia UAM-X.

Por lo anterior, ha sido posible el abordaje de una temática diferente a las anteriores, pero se mantiene dentro de los ejes analíticos de nuestra publicación. En efecto, en esta ocasión se prioriza un enfoque desde las ciencias biológicas y, parcialmente, desde la producción agrícola. En todos los casos se abordan temas que tienen que ver con el aprovechamiento racional y sustentable de los recursos naturales e incorporar tecnologías amigables con el medio ambiente. De esta forma, este número vuelve a reiterar que la revista es un espacio abierto a las más diversas contribuciones y, más especialmente, representa una invitación a otros grupos académicos para que presenten sus productos de trabajo de forma conjunta.

Si la orientación anterior sigue impulsándose, la revista puede ser un instrumento útil para contribuir a la consolidación de grupos y redes académicas. Para ello, y tratando de cubrir los estándares de calidad de los índices de revistas, se requiere que haya contribuciones de nuestros colegas universitarios y, sobre todo, de investigadores de otras instituciones. Incorporar colaboraciones internacionales es un ingrediente adicional que se tiene que alentar, en lo cual existen avances significativos, pero se requiere de esfuerzos suplementarios. En esta línea puede haber una retroalimentación positiva que se exprese en progresos, tanto de los grupos de investigación como de la propia revista.

Otro hecho que reviste especial interés de comunicar a todos nuestros lectores es que la revista ha abandonado el formato escrito, dado los altos costos de impresión y las dificultades de difusión que se encontraron. Así, a partir del número anterior se cuenta sólo con el formato electrónico, y nuestra principal vía de difusión es a través de la página web: <http://srpma.xoc.uam.mx/>. Este medio, además, está en proceso de automatización para facilitar la interacción con los autores y lectores.

Por otra parte se destaca que la revista ha emprendido su inscripción en distintos padrones de calidad de las publicaciones, por lo cual desde junio de este año *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, forma parte de el Sistema de Información Latindex (www.latindex.org), que tiene entre sus principales objetivos apoyar a las publicaciones editadas en la región de Iberoamérica y el Caribe, a través de la difusión. En esa tarea este sistema se ha erigido como una fuente de consulta importante para la comunidad académica de la región, lo que permite que las publicaciones consideradas cuenten con una mayor presencia regional.

Finalmente, se pone de manifiesto que el proceso de mejora general en que se encuentra inmerso la revista se mantendrá, e iremos informando oportunamente a todos los que alguna manera contribuyen y están interesados en su publicación. Para lograr estos avances se ha

contado con el apoyo de las autoridades de la UAM-X, destacando la del Dr. Fernando de León González, quien como Jefe de Departamento, y ahora como Director de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud, ha impulsado decididamente la revista. Además, se ha contado con la participación de múltiples personajes, quienes, en la propia revista, podrán identificar sus aportes y a los cuales también expresamos nuestro reconocimiento.

Adolfo Álvarez Macías
Director

Presentación

El Valle de México es cuna de una de las civilizaciones más importantes en Mesoamérica. Los trabajos de arqueología han demostrado que la actividad agrícola en esta zona tiene al menos una antigüedad de 7,000 años. A partir de los asentamientos humanos posteriores a la Conquista, ha ocurrido un aumento constante de la población humana. Esta concentración demográfica, aunada a las actividades industriales y el poco interés por proteger en forma integral la calidad de los recursos naturales, han sido factores determinantes del deterioro del medio ambiente. El sistema lacustre natural ha desaparecido prácticamente, quedando relictos lacustrinos en las delegaciones de Xochimilco y Tláhuac, y municipios del oriente del Estado de México como Chalco. En la Ciudad de México dichos relictos son mantenidos de manera artificial mediante la descarga de aguas de reuso. Tales sistemas artificiales han contribuido a la conservación de una parte de la vida silvestre, como es el caso de las aves, lo cual es muy alentador para los programas de conservación que ya están en marcha y otros que deberán implementarse en el futuro.

Este número de SRPMA contiene cinco trabajos de investigación relacionados con el medio ambiente y la producción agrícola en el Valle de México. Cada trabajo estudia fenómenos diferentes a escalas espaciales también diferentes.

El primer artículo: *El papel de las raíces y la microbiota en la estabilidad y fertilidad de suelos volcánico-arenosos del Valle de México* se enfoca al

estudio del suelo mediante la evaluación de propiedades físicas y bioquímicas que ocurren en la rizosfera, las cuales son fundamentales para la conservación *in situ* del suelo, así como para el desarrollo de plantas cultivadas y arvenses. Destaca el papel del pasto *Cynodon dactylon*, originario de la India, el cual se encuentra prácticamente en todas las áreas perturbadas del Valle de México. Su contribución a la conservación del suelo se entiende mejor cuando se observa el mecanismo físico mediante el cual las raíces finas y los pelos absorbentes enredan las partículas gruesas y finas de las arenas que dominan los suelos de origen volcánico del sur del Valle. Se presentan en este trabajo determinaciones de carbono microbiano, actividad de la enzima deshidrogenasa, y estructura de las comunidades bacterianas y fúngicas, fundamentales para la degradación de los residuos orgánicos vegetales.

El segundo trabajo: *Efecto de agua tratada sobre la biomasa del perifiton de dos sitios del área lacustre de Xochimilco utilizando un microcosmos artificial* está orientado a determinar la respuesta del fitoplancton a las aplicaciones de agua de reuso, proveniente de las plantas de tratamiento que alimentan el sistema de canales de la zona lacustre de Xochimilco. Se describe una metodología sencilla e ingeniosa para observar la forma en que el agua de reuso afecta el crecimiento del fitoplancton, a través de los indicadores de concentración de clorofila y de la biomasa microbiana. Los resultados confirman la presencia de nutrimentos minerales (nitrógeno y fósforo) en el agua de reuso, lo cual contribuye al aumento tanto de clorofila como de biomasa microbiana.

En el tercer artículo de investigación contenido en este número de SRPMA: *Mezclas de fibra de coco, composta y mantillo de bosque en la producción de Phlox drummondii en el sistema chinampero*, el objetivo consistió en determinar si la llamada "tierra de monte" puede ser sustituida por otros sustratos como la fibra de coco y la composta de residuos agrícolas, en la producción de plantas de ornato en la zona de viverismo de Xochimilco, a fin de evitar la explotación de bancos de materia orgánica y suelo provenientes de bosques de pino-encino del centro de México. Los

resultados obtenidos en este trabajo son muy alentadores, pues varias mezclas de sustratos que tienen como base la fibra de coco y la composta, pueden servir para la producción de plantas de vivero, reduciendo significativamente el uso de la “tierra de monte”.

La cuarta contribución: *Estudio sobre el requerimiento interno de nitrógeno en lechuga (Lactuca sativa)*, se refiere a los requerimientos nutricionales del cultivo de lechuga llevado a cabo en sistemas intensivos en invernadero. El trabajo desarrolla una metodología para determinar, en forma empírica y con el auxilio de modelos lineales, las cantidades precisas de material fertilizante (nitrógeno) requeridas para producir la lechuga bajo niveles conocidos de intensificación de la producción. La importancia de este tipo de trabajos radica en la utilización racional de los insumos fertilizantes, y con ello se contribuye a disminuir su impacto ambiental.

El quinto trabajo: *Pitayas y Pitahayas, (Stenocereus spp. e Hylocereus spp.)*, recursos agrícolas en el Valle de Tehuacán Puebla reporta resultados sobre la pitahaya, planta cactácea de la que se aprovecha su fruto para consumo humano en México, y que por sus características de sabor y de apariencia física es muy atractivo para mercados de frutos exóticos. El conocimiento del comportamiento productivo y fisiológico de estas especies es incipiente, por lo que las autoras, con su trabajo, contribuyen al conocimiento de las plantas, así como del aprovechamiento que hacen comunidades campesinas de zonas semiáridas del centro del país, en donde crece una de las más amplias biodiversidades de plantas de desierto.

En conjunto, los cinco trabajos emplean metodologías actualizadas y se ubican en dos líneas de investigación: conservación de la agrobiodiversidad e innovación tecnológica. Los trabajos tienen el mérito de responder a un esfuerzo de trabajo en colaboración de los integrantes del Cuerpo Académico de Calidad del Agua, Suelo y Sustratos, en asociación estratégica con otros investigadores de instituciones nacionales de enseñanza e investigación.

Se incluyen en el número de SRPMA dos reseñas de libros, una sobre experiencias de sistematización en zona cafetalera y otro relativo al

territorio y sus usos sociales. Benjamín Ortiz reseña *Ts'umbal Xitalha' la experiencia de una cooperativa de café. El camino de la sistematización* de Enrique Pieck y Graciela Mesina, en la región Tzeltal de Chiapas (municipio de Chilón), en la cual se presenta un empate de intereses de la comunidad de productores de café y una organización no-gubernamental (Cediac, Centro de Derechos Indígenas, A.C.), lo cual ha permitido un desarrollo comunitario endógeno. Además de los aspectos alentadores en materia de organización y desarrollo campesino, la reseña hace referencia al problema de la apropiación y autonomía de los campesinos para gestionar su vida comunitaria presente y futura, lo cual no está exento de tensiones y contradicciones. Por ejemplo, al alcanzar un cierto nivel de estabilización del proyecto organizativo, la Cooperativa sigue esperando que el organismo que facilitó la organización continúe haciendo aportes importantes en materia de la comercialización de los productos orgánicos locales, poniendo en peligro la madurez del proyecto cuyo objetivo final es que las comunidades de productores se liberen de dependencias externas.

La segunda reseña pertenece a Elizabeth Montaña Becerril sobre un libro coordinado por Javier Delgadillo Macías, intitulado: *Política Territorial en México. Hacia un modelo de desarrollo basado en el territorio*, 2008, Sedesol, IIEC-UNAM, Plaza y Valdés, el cual se refiere a problemas relacionados con el desarrollo, la ocupación y uso del territorio. Se revisan las fuerzas que conducen los procesos de urbanización y de generación de metrópolis en contextos de profundización de las desigualdades regionales. Se aborda la relación entre lo urbano y lo rural, y la importancia que en la época actual tiene la conservación de los recursos naturales como una variable plenamente integrada al nuevo papel del sector rural, tanto en países desarrollados como en desarrollo.

Esperamos que estas contribuciones convoquen a los lectores interesados y a nuevos autores para contribuir con *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*.

Fernando de León González y Verónica Nava Rodríguez

El papel de las raíces y la microbiota en la estabilidad y fertilidad de suelos volcánico-arenosos del Valle de México

Iván Pável Moreno Espíndola¹ Margarita Ros, Fernando De León González, María Jesús Ferrara Guerrero, Facundo Rivera Becerril, Diego González Halphen, Carlos García

Resumen. *Los componentes biológicos del suelo son fundamentales en los agroecosistemas debido a que desempeñan un papel crucial en la transformación de la materia orgánica y en los ciclos de los nutrimentos. Los procesos biológicos en suelos volcánico-arenosos del Valle de México son poco conocidos. Este trabajo presenta resultados sobre el papel de las raíces de cuatro especies vegetales, y de la microbiota en relación con la estabilidad estructural y calidad biológica del suelo. Se observó que: a) las raíces finas de maíz y pasto Bermuda tienen mayor capacidad para atrapar partículas de arena y limo, que las de girasol y amaranto; b) la comunidad del amaranto mostró el mayor contenido de C_{mic} (casi 50% mayor que el del maíz) y la mayor actividad deshidrogenasa (casi 40% mayor que la del maíz); c) el potencial para producir enzimas extracelulares microbianas evidenció comunidades heterótrofas, con capacidad para producirlas a presión parcial de O_2 de 4 a 21%; d) las comunidades fúngica y bacteriana general presentan una estructura semejante en todas las rizosferas.*

Palabras clave: *suelos volcánicos, comunidad bacteriana, comunidad fúngica, raíces, agregación.*

¹ Doctorado en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma Metropolitana, e-mail: ivan7878@gmail.com.

Abstract. *The biological components of soil are fundamental in agroecosystems because they play a crucial role in the decomposition of organic matter and the nutrient cycles. Biological processes in volcanic sandy soil of the Mexico Valley are poorly understood. This paper presents results on the role of the roots of four plant species and of the microbial community in relation to structural stability and biological soil quality. It was noted that: a) the fine roots of maize and Bermuda grass are more capable than those of sunflower and amaranth to trap particles of sand and silt; b) the community of amaranth showed the highest content of Cmic (almost 50% higher than the maize) and the highest dehydrogenase activity (almost 40% more than maize), c) the potential to produce extracellular enzymes showed microbial heterotrophic communities with capacity to produce O₂ partial pressure from 4 to 21%, d) fungal and bacterial communities generally have a similar structure in all the rhizosphere.*

Keywords: *volcanic soil bacterial community, fungal community, roots; aggregation.*

Résumé. *Les composantes biologiques du sol sont essentielles dans les agro systèmes, vu qu'elles jouent un rôle clé dans la transformation de la matière organique et le cycle des nutriments. Les processus biologiques en terrains volcanico-sableux de la Vallée du Mexique sont peu connus. Ce travail présente les résultats du rôle que jouent les racines de quatre espèces végétales, et du microbiote par rapport à la stabilité structurelle et la qualité biologique du sol. Il est observé que: a) les fines racines du maïs et de la pâture Bermuda possèdent une meilleure capacité pour attraper les particules de sable et de limon que celles du tournesol et de l'amarante b) la communauté de l'amarante montre un plus grand contenu de Cmic (presque 50% de plus que le maïs) et une plus grande activité de déshydrogénase (presque 40% de plus que le maïs) ; c) le potentiel pour produire des enzymes extracellulaires microbiennes met en évidence des communautés hétérotrophes, avec une capacité de production à pression partielle de O₂ de 4 à 21% ; d) les communautés fongique et bactérienne générale présentent une structure semblable dans toutes les rhizosphères.*

Mots-clés: *Sols volcaniques, communauté bactérienne, communauté fungique, racines, agrégation.*

INTRODUCCIÓN

El conocimiento del estado, estructura y función de las comunidades microbianas en el sistema suelo constituye un campo de investigación amplio y necesario para el manejo y conservación del mismo (Dubey *et al.*, 2006). Las comunidades microbianas asociadas a la rizosfera –región del suelo que se encuentra en contacto directo con las raíces de las plantas, y en la que ocurre una elevada actividad microbiana en comparación con la del suelo no rizosférico (Landi *et al.*, 2006)– juegan un papel central en el reciclado de los nutrientes a través de la degradación y mineralización de la materia orgánica (MO), procesos que contribuyen con el aporte de moléculas orgánicas y minerales simples asimilables por las plantas y otros organismos (van Elsas y Trevors, 1997; Nannipieri *et al.*, 2003; Deyn *et al.*, 2004). Su participación en los ciclos de nutrientes como el carbono (C), el nitrógeno (N) y el fósforo (P) refleja la gran diversidad de las comunidades microbianas, así como la complejidad de los niveles tróficos en los que se involucran (Torsvik y Øvreås, 2002). De acuerdo con Bending *et al.* (2004) y García *et al.* (1997), el contenido de carbono microbiano (C_{mic}) y las actividades enzimáticas microbianas como la deshidrogenasa, amilasa, celulasa, quitinasa, proteasa y fosfatasa pueden considerarse como indicadores bioquímicos de la calidad del suelo, pues, están estrechamente relacionadas con la transformación de la MO mediada por las comunidades microbianas, las cuales son sensibles a cambios en el ambiente edáfico. Adicionalmente, ciertos grupos de microorganismos confieren resistencia a las plantas contra agentes fitopatógenos y factores ambientales limitantes (Doran *et al.*, 1996).

Dentro de la comunidad microbiana fúngica los hongos micorrízico-arbusculares (HMA) establecen relaciones simbióticas mutualistas con las plantas (Linderman, 1992). El papel de la comunidad bacteriana en el suelo ha sido estudiado a partir de aquellos géneros que son capaces de proveer a la planta de nitrógeno asimilable, como sucede con las especies representantes de *Rhizobium* y *Frankia* (Prescott *et al.*, 1999). Otras bacterias, como los miembros del género *Pseudomonas* que habitan en la rizosfera, se han estudiado debido a su capacidad de inducir en las plantas una respuesta de defensa contra microorganismos fitopatógenos (Atlas y Bartha, 2006). La diversidad microbiana en el suelo, considerando su variabilidad genética y funcional, está asociada tanto a la calidad del suelo y las plantas como a la sustentabilidad del ecosistema en que se encuentran (Garbeva *et al.*, 2004). Estudiar las relaciones de todos los componentes de un sistema agrícola permite aportar elementos para el diseño de estrategias en la producción de alimentos y el manejo del suelo con un enfoque sustentable (Bethlenfalvay y Barea, 1994; Othman *et al.*, 2004; Ros *et al.*, 2006; Kesavan y Swaminathan, 2008; Hobbs *et al.*, 2008).

El presente estudio se inició en 2006, donde fue abordada la contribución de las raíces de plantas cultivadas en el proceso de agregación de suelos estructuralmente inestables. Se trabajó con *Amaranthus hypochondriacus* L. (amaranto), *Helianthus annuus* L. (girasol) y *Zea mays* L. (maíz), además de *Cynodon dactylon* (L.) Pers. (pasto Bermuda) que crece espontáneamente en la zona en estudio. Los suelos arenosos del Valle de México se componen fundamentalmente de arenas de pómez, y son susceptibles a procesos erosivos que conducen a pérdidas de 10 a 200 t de suelo por ha (SMA, 2007). Lo anterior puede afectar a largo plazo la producción de cultivos establecidos en la región como el maíz, avena, trigo, nopal verdura y amaranto.

Igualmente, los estudios previos han puesto en evidencia el papel de la comunidad microbiana y las raíces de las plantas en la formación de macroagregados estables que favorecen la estabilidad de estos suelos (De

León-González *et al.*, 2007; Moreno-Espíndola *et al.*, 2007). Los objetivos del presente trabajo fueron evaluar el papel de cuatro especies vegetales de interés en la región sobre la agregación del suelo, así como caracterizar indicadores de la calidad biológica del suelo (actividad deshidrogenasa, contenido de carbono microbiano y estructuras de la comunidad fúngica y bacteriana).

El conocimiento generado deberá traducirse en estrategias como el empleo de aislados microbianos que, por su fisiología, sean útiles en la fertilización de los agroecosistemas locales al fomentar la fijación de nitrógeno o la solubilización del fósforo (Van *et al.*, 2006). También podrá guiar la selección de especies vegetales que interactúen favorablemente con las comunidades microbianas en beneficio de la estructura y fertilidad del suelo (Wu *et al.*, 2005), o, en la identificación de prácticas agrícolas de labranza y manejo de residuos de cosecha que propicien el desarrollo de poblaciones microbianas involucradas en el incremento de la fertilidad del suelo (Govaerts *et al.*, 2007).

MATERIALES Y MÉTODOS

Suelo bajo estudio

El suelo arenoso bajo estudio se localiza en Tulyehualco (Xochimilco, México D.F., 19°15'N, 99°13'W, 2 280 m de altitud), representativo de suelos volcánicos de reciente formación en el Eje Neovolcánico (De Cserna *et al.*, 1988). Es un Entisol (Typic Ustifluent; Soil Survey Staff, 2003) formado por deposiciones de ceniza volcánica; su textura es franco arenosa con 7, 14 y 79% de arcilla, limo y arena, respectivamente; su profundidad es superior a 1.5 m, con un sustrato de roca basáltica; los minerales más abundantes son pómez y feldespatos. La presencia de pómez modifica el régimen de retención de humedad debido a la naturaleza esponjosa del mineral. La precipitación pluvial anual promedio alcanza 567 mm y se

concentra en el verano; la temperatura media mensual es de 17.9 °C (De León-González *et al.*, 2006).

Especies vegetales y parcela de trabajo

Se estableció un lote de parcelas de trabajo en 2006 y 2007; cada parcela fue de 9 m² y con distribución en bloques al azar, con tres repeticiones por especie vegetal. Las especies consideradas fueron amaranto, girasol, maíz y pasto Bermuda. El amaranto es una especie domesticada en la región donde se realizó la investigación, está adaptada a condiciones de bajo contenido de humedad en el suelo y posee un alto valor nutrimental (Spehar *et al.*, 2003; Pospišil *et al.*, 2006). El girasol es una especie introducida en el Valle de México de interés en floricultura. El pasto Bermuda es una gramínea invasiva resistente a la sequía y a las heladas; está presente en la región de estudio y su contribución a la conservación de los suelos (Simmonds, 1979) ha sido corroborada para las arenas pomáceas (Moreno-Espíndola *et al.*, 2007). Las semillas de amaranto, maíz y girasol se sembraron directamente; el pasto Bermuda crece de manera espontánea. Las plantas se desarrollaron en condiciones de temporal, en un sistema de labranza cero, con deshierbe con azadón antes de siembra y manual durante el ciclo. Las parcelas se fertilizaron con una sola aplicación de 80-80-0 kg ha⁻¹ de N, P y K, respectivamente.

Muestreo

Se realizaron dos muestreos, en septiembre de 2006 (posterior a la floración) y en enero de 2007 (posterior a la cosecha). En cada uno de ellos se colectaron tres monolitos de suelo-raíces por especie vegetal (25.5 cm de diámetro por 37.5 cm de largo) (Moreno-Espíndola *et al.*, 2007). La pre-

servación de las muestras se realizó de acuerdo con la determinación analítica correspondiente. Con las muestras obtenidas en 2006 se realizaron los análisis de agregación del suelo, colonización radical por HMA, determinación de los grupos funcionales bacterianos y estimación de la biomasa bacteriana, así como la evaluación de las actividades enzimáticas extracelulares de bacterias y hongos. Con las muestras de 2007 se realizaron los análisis de indicadores de la calidad del suelo y la estructura de las comunidades microbianas.

Agregación del suelo

Se siguió el método de separación de raíces y suelo (De León-González *et al.*, 2006), para determinar la masa de suelo y la biomasa de raíces adheridas por monolito y por m². El método de tamizado, pesado, análisis de imágenes y resistencia al agua (Le Bissonais, 1996; De León-González *et al.*, 2006) fue considerado para estimar la masa de suelo en siete fracciones de agregados (<0.04, 0.04, 0.25, 0.50, 1.00, 2.00 y >5.00 mm), así como el porcentaje del suelo total adherido a las raíces, la masa de macroagregados (>250 mm), y su porosidad y estabilidad en húmedo. La relación suelo adherido/biomasa de raíces y la micrometría de hifas y pelos radicales se estimó mediante tinciones y un analizador de imágenes (Image Pro®) (Moreno-Espíndola *et al.*, 2007).

Indicadores de la calidad del suelo

La evaluación del contenido de carbono microbiano (C_{mic}) se llevó a cabo a través del método de fumigación-extracción (Vance *et al.*, 1987). Para determinar la actividad deshidrogenasa se empleó el método de Skujin, modificado por García *et al.* (1997).

Comunidad fúngica

La micorrización arbuscular fue estimada considerando la intensidad de la colonización (M%), así como la abundancia de arbusculos (A%) en el sistema radical (Phillips y Haymann, 1970). Fue cuantificado el total de esporas de HMA en 250 g de suelo, después de una extracción con base en la técnica de tamizado en húmedo y decantación (Gerdeman y Nicholson, 1963); los morfotipos fueron identificados con una aproximación a género, registrando las características morfológicas de las esporas y del tubo germinativo. Para conocer la estructura de la comunidad fúngica en la rizosfera, el gen ribosomal 18S rDNA fue amplificado mediante reacción en cadena de la polimerasa (PCR); los amplicones fueron separados en electroforesis de gel con gradiente desnaturalizante (PCR-DGGE) (Gelsomino y Cacco, 2006). Los resultados fueron analizados con el programa Quantity One 4.5, que se basa en el coeficiente de Dice (SD) para establecer la semejanza entre los perfiles formados por las bandas de cada muestra (intensidad y posición de la banda). Los dendogramas se construyeron con el método Ward (1963). El índice de diversidad de Shannon (H') (Shannon y Weaver, 1963) se calculó para observar la diversidad funcional de la comunidad. La ecuación utilizada fue $H' = - \sum p_i (1/p_i)$, donde p_i es el cociente corregido de la absorbancia de cada banda respecto a la suma de todas las absorbancias en cada muestra.

Comunidad bacteriana

La estimación de la biomasa celular bacteriana en suelo rizosférico, adyacente y macroagregado se llevó a cabo por conteo directo/biovolumen mediante el empleo de diamino-fenil-indol (DAPI) como fluorocromo (Evelyn *et al.*, 1993) y un microscopio de epifluorescencia Olympus Bimax 50. La presencia de grupos bacterianos funcionales viables

como los fijadores de nitrógeno atmosférico y amonificantes, presentes en el suelo rizosférico, adyacente y macroagregados, así como su capacidad para producir enzimas extracelulares (incluyendo bacterias y hongos), fue evaluada mediante el método del Número Más Probable (NMP), en el que se emplearon medios de cultivo selectivos; se cuantificaron también las Unidades Formadoras de Colonias (UFC) (Ferrara-Guerrero *et al.*, 1993); la evaluación de la producción de enzimas extracelulares se realizó en dos condiciones de disponibilidad de oxígeno (O_2), 4% y 21% de presión parcial de O_2 (pO_2). Para definir la estructura de la comunidad bacteriana general y de bacterias oxidadoras de amonio en la rizosfera, se amplificó por PCR el gen ribosomal 16S rDNA; de igual forma, los amplicones fueron separados en DGGE (Gelsomino y Cacco, 2006). El perfil de bandas fue analizado según lo descrito en el apartado precedente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

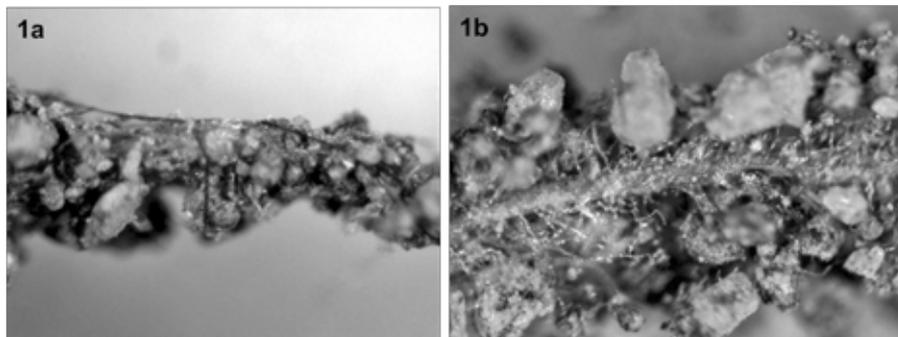
Agregación del suelo

El análisis de la proporción de siete fracciones de agregados mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) sólo en las fracciones de 0.50, 1.00, 2.00 y > 5.00 mm (macroagregados), atribuibles a la especie vegetal, donde las raíces de amaranto presentaron el mayor porcentaje (Moreno-Espíndola *et al.*, 2007). Los agregados con mayor resistencia al agua fueron los asociados a maíz, girasol y pasto Bermuda con 66.8, 66.5 y 64.3 g 100 g^{-1} , respectivamente.

Se observó que el pasto Bermuda y el maíz retienen el número más alto de partículas de suelo en sus raíces (21 por mm). Lo anterior está asociado a la extensión de sus pelos absorbentes, 198.9 y 228.8 mm, respectivamente (Figura 1a) (Moreno-Espíndola *et al.*, 2007). La estructura edáfica está dada por el reacomodo del suelo en diferentes

escalas (micro y macroagregados, terrones y perfil arable); esta condición permite procesos de flujo hídrico, crecimiento radical, intercambio catiónico y gaseoso, entre otros (Six *et al.*, 2004). Los resultados indican que en suelos arenosos inestables las uniones físicas que existen entre pelos absorbentes y raíces finas (<1 mm de diámetro) son fundamentales para la formación de macroagregados (>0.25 mm), como lo ha reportado Degens (1997). Esto ha sido corroborado en el suelo arenoso y cultivos bajo estudio a través de la micromorfología de la relación suelo-raíces en láminas delgadas (De León-González *et al.*, 2007).

Figura 1. Hífa fúngica atrapando partículas de suelo (1a) a lo largo de un segmento de raíz de *A. hypochondriacus* (ancho del marco 1.33 mm). Pelos radicales (1b) de *Z. mays* atrapando partículas de un suelo arenoso del Valle de México (ancho del marco 1.22 mm).



Indicadores de calidad del suelo

En el suelo arenoso en estudio se encontraron valores promedio de 188.4 mg C_{mic} kg⁻¹ suelo, y una actividad deshidrogenasa de 11.7 mg INTF g⁻¹

suelo h^{-1} (Cuadro 1). Se observaron diferencias por especie vegetal en ambos indicadores. En el caso de la deshidrogenasa, la microbiota del amaranto mostró la actividad más elevada ($13.9 \text{ mg INTF g}^{-1} \text{ suelo h}^{-1}$), así como el mayor contenido de C_{mic} ($244.9 \text{ mg C}_{\text{mic}} \text{ kg}^{-1}$); en contraste la microbiota del maíz presentó la menor actividad deshidrogenasa ($8.1 \text{ mg INTF g}^{-1} \text{ suelo h}^{-1}$) y el contenido más bajo de C_{mic} ($139 \text{ mg C}_{\text{mic}} \text{ kg}^{-1}$) (Cuadro 1). Lo anterior sugiere que las condiciones específicas que se generan en cada rizosfera, tales como la naturaleza de los metabolitos, hidratos de carbono y otros polímeros exudados por las raíces de cada planta (Schimel y Weintraub, 2003; Caldwell, 2005; Lesuffleur *et al.*, 2007), así como las propias raíces y la MO en descomposición (Franzluebbers *et al.*, 1995), influyen en el contenido de C_{mic} y actividades enzimáticas. Igualmente, la relación C/N en las raíces en cada una de las etapas del ciclo de cultivo puede determinar la actividad enzimática y, en su conjunto, la dinámica poblacional de la microbiota (Porta *et al.*, 2003), de tal modo que influya en el contenido de C_{mic} . En un estudio previo se reportó en raíces de maíz (colectadas un mes después de la cosecha del grano), una relación C/N de 48 y de 18 en amaranto (De León-González *et al.*, 2006). Risai *et al.* (1998) encontraron un valor de C/N de 40.3 en raíces $<2 \text{ mm}$ en plantas de maíz de cuatro meses de edad. Estos resultados sugieren una mayor labilidad de las raíces de amaranto comparadas con las de maíz. De León-González *et al.* (2007) reportaron que el número de raíces finas muertas, presentes en la rizosfera de amaranto en la etapa de post-cosecha, fue de 30.6 cm^2 , mientras que en maíz y girasol alcanzaron 1.4 y 5.4 cm^2 , respectivamente; datos que sugieren una tasa de descomposición mucho más alta en amaranto que en maíz y girasol. Lo anterior estaría relacionado con la composición química de las raíces, y ello explicaría una actividad deshidrogenasa más elevada y el mayor contenido de C_{mic} en la microbiota de la rizosfera del amaranto. Esto puede explicar la mayor actividad deshidrogenasa y el mayor contenido de C_{mic} en la microbiota de la rizosfera de amaranto.

Cuadro 1. Carbono de la biomasa microbiana (C_{mic}) y actividad deshidrogenasa en la rizosfera de cuatro plantas creciendo en un suelo arenoso del Valle de México.

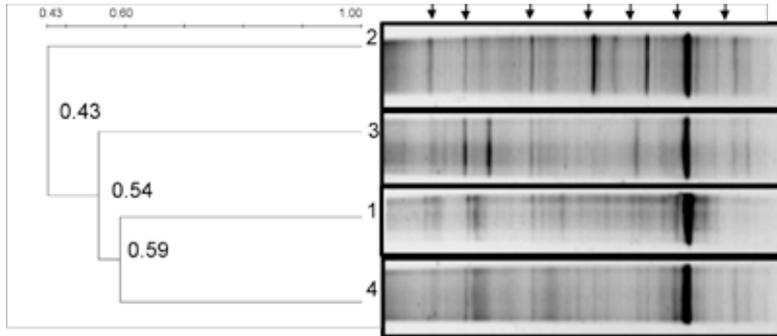
	C_{mic} (mg C_{mic} kg ⁻¹ suelo)	Deshidrogenasa (mg INTF g ⁻¹ suelo h ⁻¹)
Amaranto	244.9a	13.9a
Girasol	193.2b	13.0ab
Maíz	139c	8.1c
Pasto Bermuda	176.4bc	12.1b

La letra indica diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$).

Comunidad fúngica

Los HMA estuvieron presentes en las raíces de las cuatro especies vegetales. Cabe destacar que *A. hypochondriacus* presentó niveles de colonización de 6.8% en el sistema radical, en tanto que el maíz mostró el mayor porcentaje de colonización micorrízica seguido por el pasto Bermuda (23%) y el girasol (22%) (Moreno-Espíndola *et al.*, 2007). Las esporas de HMA identificadas pertenecieron a los géneros *Glomus*, *Gigaspora*, *Acaulospora* y *Scutellospora*. La colonización micorrízica mostró una fuerte correlación con la estabilidad de los macroagregados ($R^2=0.64$; $P<0.01$), así como con su abundancia ($R^2=0.44$; $P<0.01$); los resultados de la estructura de la comunidad fúngica mostraron índices de similaridad (Dice) de 0.43 a 0.59, lo que indica la presencia de comunidades heterogéneas en las cuatro rizosferas (Figura 2). La comunidad fúngica con menor diversidad (índice de Shannon) fue la del maíz ($H' = 2.7$), presentando también la menor riqueza (Cuadro 2).

Figura 2. Perfil de la estructura de la comunidad fúngica general, obtenido por la amplificación del gen 18S rDNA (PCR-DGGE).



Los cluster se construyeron por el método de Ward; se calculó el coeficiente de similitud de Dice (SD). Las bandas corresponden a suelo rizosférico de amaranto (1), pasto Bermuda (2), maíz (3) y girasol (4). Gradiente de desnaturalización (urea y formamida): 35-60% (8%). Las flechas indican bandas comunes a las cuatro rizosferas.

Cuadro 2. Riqueza (S) e índice de diversidad de Shannon (H') de bacterias (generales y oxidadoras de amonio) y hongos (obtenidas mediante PCR-DGGE) en la rizosfera de cuatro plantas creciendo en un suelo arenoso del Valle de México.

Comunidad		Amaranto	Girasol	Maíz	Pasto B.
Bacteriana general	S	22.0	20.0	19.0	17.0
	H'	3	2.9	2.9	2.8
Bacterias Ox. de amonio	S	12.0	14.0	15.0	10.0
	H'	2.4	2.6	2.7	2.3
Fúngica general	S	19.0	20.0	16.0	21.0
	H'	2.9	2.9	2.7	3.0

Comunidad bacteriana

El método del Número Más Probable (NMP) permitió poner en evidencia la presencia de grupos bacterianos amonificantes, fijadores de N_2 y oxidadoras de NH_4^+ en suelo rizosférico, adyacente y en macroagregados (>5 mm). El análisis estadístico mostró que el maíz y el amaranto fueron las especies asociadas a una mayor potencialidad bacteriana para amonificar el suelo (Cuadro 3). En el caso de las bacterias fijadoras de N_2 , el NMP más alto se observó en suelo rizosférico de amaranto. Por otra parte, el NMP más elevado de bacterias oxidadoras de NH_4^+ se encontró en el suelo rizosférico de pasto Bermuda, suelo adyacente de amaranto, pasto Bermuda y girasol, así como en macroagregados de pasto Bermuda, maíz y girasol. Asimismo, la biomasa bacteriana fue mayor en el suelo rizosférico que en agregados y suelo adyacente con valores promedio de 1.21, 0.43 y 0.33 mgC m⁻², respectivamente. Los potenciales para producir enzimas extracelulares, por parte de la microflora presente, mostraron una elevada actividad heterótrofa en este suelo arenoso. La mayoría de los microorganismos fijadores libres de N_2 de vida libre a nivel edáfico son heterótrofos (Evans y Burris, 1992); entre ellos se encuentran miembros de los géneros *Azotobacter*, *Beijerinckia*, *Derxia*, *Bacillus* y *Pseudomonas*. Estas bacterias alcanzan un tamaño semejante al de algunas levaduras (Prescott *et al.*, 1999); los biovolúmenes bacterianos encontrados en maíz y girasol fueron de 1.29 y 2.12 mgC m⁻² respectivamente, superiores estadísticamente de los observados en amaranto y pasto Bermuda. Cuando la textura del suelo favorece una condición aerobia, aumenta la actividad amonificante; sin embargo, esta actividad fue desarrollada con la misma intensidad tanto en la rizosfera como en el suelo adyacente y los macroagregados de amaranto y maíz, aun cuando se podría esperar que al interior de los macroagregados se presentan condiciones subóxicas que podrían inhibir esta actividad (Cuadro 3).

Cuadro 3. NMP de bacterias (ml^{-1}), con capacidad para recilcar el N y respuesta positiva o negativa a la respiración de NO_3^- oxidación y fermentación de glucosa, provenientes de cuatro especies vegetales creciendo en un suelo arenoso del Valle de México.

	Fij N_2	Amonificantes	Ox. NH_4^+	Ox. NO_2^-	Resp. de NO_3^-	Ox. de $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	Ferm. de $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
Rizosfera							
Amaranto	5.4×10^8	5.4×10^8 a	2.3×10^7	5.4×10^8	+	+	+
Pasto Bermuda	1.3×10^2	1.7×10^3 b	5.4×10^8	5.4×10^8	+	+	+
Maíz	5.4×10^6	5.4×10^8 a	2.6×10^4	5.4×10^8	+	+	-
Girasol	2.1×10^2	5.4×10^4 b	5.4×10^7	5.4×10^8	+	+	-
Suelo adyacente							
Amaranto	1.0×10^6	5.4×10^8 a	5.4×10^8	5.4×10^8	+	+	+
Pasto Bermuda	4.5×10^3	2.6×10^3 b	5.4×10^8	5.4×10^8	+	+	+
Maíz	7.3×10^3	5.4×10^8 a	1.0×10^6	5.4×10^8	+	+	-
Girasol	1.6×10^4	1.0×10^6 b	5.4×10^8	5.4×10^8	+	+	+
Macroagregados							
Amaranto	3.6×10^2	5.4×10^8 a	2.6×10^4	5.4×10^8	+	+	+
Pasto Bermuda	1.0×10^4	2.2×10^4 b	5.4×10^8	5.4×10^8	+	+	+
Maíz	1.0×10^2	5.4×10^8 a	5.4×10^8	5.4×10^8	+	+	-
Girasol	5.5×10^1	1.4×10^6 b	5.4×10^8	5.4×10^8	+	+	+

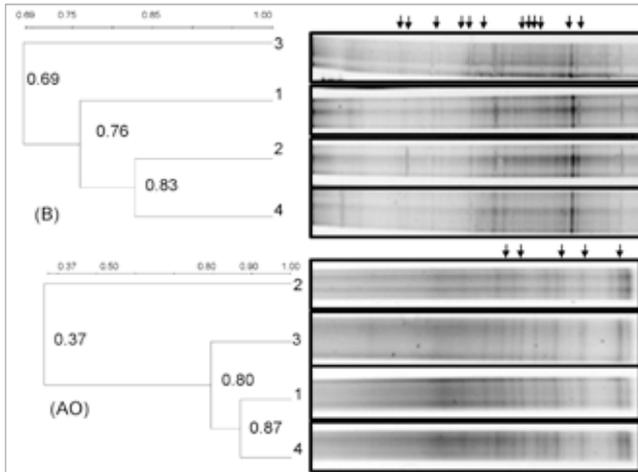
Las letras indican diferencias estadísticas ($P < 0.05$).

Los análisis basados en el empleo de medios de cultivo específicos y la técnica de conteo de unidades formadoras de colonias (UFC) han puesto en evidencia que las comunidades bacterianas y fúngicas, presentes en estos suelos, tienen una alta capacidad de hidrolizar hidratos de carbono

de alto peso molecular, como quitina y esculina; así como proteínas presentes en los residuos vegetales. Aunque ambas comunidades microbianas mostraron capacidad para producir todas las enzimas extracelulares probadas, la comunidad bacteriana fue mayor en número y presentó un mayor potencial exoenzimático que la fúngica en las tres fracciones del suelo estudiadas. Estos análisis deberán ser corroborados cuantificando las actividades enzimáticas microbianas *in situ* y a lo largo del ciclo de cultivo.

Los resultados del estudio de la estructura de las comunidades bacterianas muestran que la comunidad general presenta índices de similaridad (Dice) de 0.69 a 0.83, e índices de diversidad (Shannon) de 2.8 (pasto Bermuda) a 3.0 (amaranto), lo que sugiere la presencia de comunidades bacterianas semejantes en las cuatro rizosferas (Cuadro 2; Figura 3). Igualmente se observó la presencia de comunidades bacterianas más abundantes y diversas en la rizosfera de amaranto y girasol, condición que coincide con la mayor actividad deshidrogenasa y contenido de C_{mic} . La comunidad de bacterias oxidadoras de amonio presentó índices de similaridad de 0.37 a 0.87, mientras que los índices de diversidad fluctuaron de 2.3 (pasto Bermuda) a 2.7 (maíz) (Cuadro 2). Esta comunidad bacteriana presenta mayor diversidad y riqueza en el maíz y el girasol, resultado que contrasta con el NMP de bacterias, que fue mayor en el pasto Bermuda, girasol y amaranto (Cuadro 3). Lo anterior sugiere la necesidad de profundizar en el estudio de las comunidades microbianas a lo largo del ciclo de cultivo y considerando análisis más puntuales, ya que los perfiles de diversidad revelados mediante la técnica de PCR-DGGE, tanto de bacterias como de hongos, incluyen organismos que no son cultivables por medios convencionales (Nannipieri *et al.*, 2003).

Figura 3. Perfil de la estructura de las comunidades de bacterias generales (B) y bacterias oxidadoras de amonio (AO) obtenidos por la amplificación del gen 16S rDNA (PCR-DGGE).



Los cluster se construyeron por el método de Ward; se calculó el coeficiente de similaridad de Dice (SD). Las bandas corresponden a suelo rizosférico de amaranto (1), pasto Bermuda (2), maíz (3) y girasol (4). Gradientes de desnaturalización (urea y formamida): (B) 45-65% (7%) y (AO) 40-60% (7%). Las flechas indican bandas comunes a las cuatro rizosferas.

CONCLUSIONES

1. Las raíces finas de maíz y pasto Bermuda tienen mayor capacidad que las de girasol y amaranto para atrapar partículas de arena y limo, formando rizocorazas estables.
2. Los niveles de los indicadores de calidad biológica del suelo, C_{mic} y actividad deshidrogenasa mostraron diferencias considerables entre las comunidades microbianas de la rizosfera. La comunidad

- microbiana rizosférica del amaranto mostró en el período de post-cosecha (inicio de la descomposición de las raíces) el contenido más alto de C_{mic} (casi 50% más que la del maíz) y la actividad deshidrogenasa más elevada (casi 40% superior a la del maíz).
3. El potencial para producir enzimas extracelulares microbianas evidenció la presencia de comunidades microbianas con alto potencial heterótrofo, tanto en condiciones de saturación de oxígeno en el suelo como en condiciones subóxicas.
 4. Las comunidades fúngica y bacteriana general, en la época de post-cosecha, presentan una estructura semejante en todas las rizosferas; es necesario realizar el monitoreo de dichas comunidades a lo largo del ciclo de cultivo, así como de la comunidad en el suelo adyacente a la rizosfera.

Estos resultados preliminares deberán ser profundizados por medio de la cuantificación de las actividades enzimáticas *in situ* y a lo largo del ciclo de cultivo. Actualmente, el trabajo desarrollado en el suelo arenoso del Valle de México se enfoca en la identificación molecular –por métodos convencionales– de los integrantes de las comunidades microbianas asociadas al suelo rizosférico y al suelo adyacente, así como a una evaluación más amplia de los indicadores de calidad biológica del suelo durante un ciclo de cultivo. A largo plazo el objetivo es generar tecnologías que incidan en el aprovechamiento de los recursos microbianos con los que cuenta el suelo.

AGRADECIMIENTOS

Al Conacyt por el financiamiento de la investigación. A la Fundación Carolina (España) por financiar la estancia de investigación de I.P. Moreno-Espíndola en el Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura-CSIC (Murcia), orientada a la evaluación del C_{mic} , actividad deshidrogenasa y estructura de la comunidad microbiana.

REFERENCIAS

- Atlas, R. y R. Bartha, 2006, *Ecología microbiana y microbiología ambiental*, Pearson Educación Madrid, Madrid.
- Bending, D. *et al.*, 2004, "Microbial and biochemical soil quality indicators and their potential for differentiating areas under contrasting agricultural management regimes", en *Soil Biol. Biochem.* 36:1785-1792.
- Bethlenfalvay, J. y M. Barea, 1994, "Mycorrhizae in sustainable agriculture. I. Effects on seed yield and soil aggregation", en *Amer. J. Alternative Agriculture* 9:157-161.
- Caldwell, A., 2005, "Enzyme activities as a component of soil biodiversity: A review", en *Pedobiologia* 49:637-644.
- De Cserna, R. *et al.*, 1988, "Estructura geológica, gravimetría, sismicidad y relaciones neotectónicas regionales de la cuenca de México", en *Boletín 104*, Instituto de Geología, UNAM, México.
- De León-González, F., 2007, "Root-aggregation in a pumiceous sandy soil", en *Geoderma* 142:308-317.
- De León-González, F. *et al.*, 2006, "Root-soil adhesion as affected by crop species in a volcanic sandy soil of Mexico", en *Soil Till. Res.* 90:77-83.
- Degens, P., 1997, "Macro-aggregation of soils by biological bonding and binding mechanisms and the factors affecting these: a review", en *Australian J. Soil Research* 35:431-459.
- Deyn, B., 2004, "Plant community development is affected by nutrients and soil biota", en *J. Ecol* 92:824-834.
- Doran, W. *et al.*, 1996, "Soil health and sustainability", en *Adv. Agron.* 56:2-5438.
- Dubey, K. *et al.*, 2006, "Exploration of soil bacterial communities for their potential as bioresource", en *Bioresource Technology* 97:2217-2224.
- Evans, J. y H. Burris, 1992, "Highlights in biological nitrogen fixation during the last 50 years", en Stacey, G., R. Burris, H. Evans (comps.), *Biological nitrogen fixation*, Chapman & Hall, Inc, Nueva York.

- Evelyn, S., 1993, "Staining protist for visualization via epifluorescence microscopy", en Kemp, P., F. Sherr, E. Sherr y J. Code (comps.) *Handbook of methods in aquatic microbial ecology*, Lewis/BocaRaton, Florida.
- Ferrara-Guerrero, J. *et al.*, 1993, "Isolation and enumeration of aerobic and microaerophilic bacteria in aquatic habitats", en Kemp, P. *et al.*, (comps.) *Handbook of methods in aquatic microbial ecology*, Lewis/BocaRaton, Florida.
- Franzluebbers, J. *et al.*, 1995, "Tillage and crop effects on seasonal soil carbon and nitrogen dynamics", en *Soil Sci Soc Am J.* 59:1618-1624.
- Garbeva, P. *et al.*, 2004, "Microbial diversity in soil: selection of microbial populations by plant and soil type and implications for disease suppressiveness", en *Annual Rev. Phytopathol* 42:243-270.
- García, C. *et al.*, 1997, "Potential use of dehydrogenase activity as an index of microbial activity in degraded soils", en *Soil Science Plant Analysis* 28:123-134.
- Gelsomino, A. y G. Cacco, 2006, "Compositional shifts of bacterial groups in a solarized and amended soil as determined by denaturing gradient gel electrophoresis. *Soil Biol*", en *Biochem* 38:91-102.
- Gerdeman, W. y H. Nicholson, 1963, *Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting*, Transactions of the British Mycological Society, Londres.
- Govaerts, B. *et al.*, 2007, "Influence of tillage, residue management, and crop rotation on soil microbial biomass and catabolic diversity", en *Appl. Soil Ecol.* 37:18-30.
- Hobbs, R., 2008, "The role of conservation agriculture in sustainable agriculture", en *Phil. Trans. R. Soc. B.* 363:543-555.
- Kesavan, C. y S. Swaminathan, 2008, "Strategies and models for agricultural sustainability in developing Asian countries", en *Phil. Trans. R. Soc. B.* 363, 877-891.
- Landi, L. *et al.*, 2006, "Root exudate effects on the bacterial communities, CO₂ evolution, nitrogen transformations and ATP content of rhizosphere and bulk soils", en *Soil Biol. Biochem.* 38:509-516.

- Le Bissonais, Y., 1996, "Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodability: en I. Theory and methodology", en *Eur. J. Soil Science* 47:245-437.
- Lesuffleur, F. et al., 2007, "Root amino acid exudation: measurement of high efflux rates of glycine and serine from six different plant species", en *Plant Soil* 294:235-246.
- Linderman, G., 1992, "Vesicular-arbuscular mycorrhizae and soil microbial interactions", en *ASA Special Publication*, núm. 54, American Society of Agronomy, Madison.
- Moreno-Espíndola, P. et al., 2007, "Role of root-hairs and hyphae in adhesion of sand particles", en *Soil Biol. Biochem.* 39:2520-2526.
- Nannipieri, P. et al., 2003, "Microbial diversity and soil functions", en *Eur. J. Soil Science* 54:655-670.
- Othman, A. et al., 2004, "Rhizosphere of Sinai desert plants is a potential repository for associative diazotrophs", en *Microbiological Res.* 159:285-293.
- Phillips, M. y S. Hayman, 1970, "Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection", en *Transactions of the British Mycological Society* 55:158-161.
- Porta, J., 2003, *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*, 3ª ed., Mundi-Prensa, Barcelona, España.
- Pospišil, A. et al., 2006, "Grain yield and protein concentration of two amaranth species (*Amaranthus* spp.) as influenced by the nitrogen fertilization", en *Eur. J. Agronomy* 25:250-253.
- Prescott, L. et al., 1999, *Microbiología*, McGraw-Hill, México.
- Risai, L. Kang et al., 1998, "Assessment of N availability of roots of selected woody species and maize", en *Biol. Agric. Hortic.* 16:87-96.
- Ros, M. et al., 2006, "Molecular and physiological bacterial diversity of a semi-arid soil contaminated with different levels of formulated atrazine", en *Appl. Soil Ecol.* 34:93-102.

- Schimel, J. y M. Weintraub, 2003, "The implications of exoenzyme activity on microbial carbon and nitrogen limitation in soil: a theoretical model", en *Soil Biol. Biochem.* 35:549-563.
- Shannon, E. y W. Weaver, 1963, *The Mathematical Theory of Communication*, University of Illinois Press, Urbana.
- SMA (Secretaría del Medio Ambiente), DF, en <http://www.sma.df.gob.mx/>, consultado en septiembre de 2007.
- Simmonds, W., 1979, *Evolution of crop plants*, Londres.
- Six, J. *et al.*, 2004, "A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics", en *Soil Till. Res.* 79:7-31.
- Soil Survey Staff, 2003, *Soil Taxonomy*, 9a ed., Natural Resources Conservation Service, Washington.
- Spehar, R. *et al.*, 2003, "Amaranto BRS Alegria: alternativa para diversificar os sistemas de produção", en *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38:659-663.
- Torsvik, V. y L. Øvreås, 2002, "Microbial diversity and function in soil: from genes to ecosystems", en *Ecology Industrial Microbiol* 5:240-244.
- Van, N. *et al.*, 2006, The production and application of biofertilizers in Vietnam, International workshop on sustained management of the soil-rhizosphere system for efficient crop production and fertilizer use, Land Development Department, Bangkok, Thailand.
- Vance, D. *et al.*, 1987, "An extraction method for measuring soil microbial biomass-C", en *Soil Biol. Biochem* 19:703-707.
- Van Elsas, D. y T. Trevors, 1997, *Modern soil microbiology*, Marcel Dekker, Nueva York.
- Wu, C. *et al.*, 2005, "Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial", en *Geoderma* 125:155-166.

Efecto de agua tratada sobre la biomasa del perifiton de dos sitios del área lacustre de Xochimilco utilizando un microcosmos artificial

Martín López Hernández,¹ Ma. Guadalupe Ramos Espinosa, Ma. Guadalupe Figueroa Torres, Antonio Flores Macías y Owen T. Lind

***Resumen.** El lago de Xochimilco recibe agua tratada desde 1971, a partir de entonces se han reportado diferentes problemas ambientales que reflejan el deterioro en la calidad del agua. En este estudio se evaluó el efecto del agua tratada sobre la estructura funcional de la comunidad del perifiton con base en las variaciones de clorofila *a* y la biomasa total (cenizas). Se construyó un sistema microcosmos artificial con 20 canales o canaletas de PVC, 90 x 10 x 8 cm, distribuidos en dos lotes experimentales y dos controles con cinco repeticiones cada uno. Se colectó agua de los lagos Tlilac y Huetzalin, la cual se depositó en las canaletas correspondientes; se usaron portaobjetos de vidrio como sustratos artificiales donde se establecieron comunidades naturales de perifiton. Cuatro semanas después el agua de los lotes experimentales fue sustituida cuidadosamente por agua tratada, para no remover el perifiton. En los lagos estudiados y la fuente de agua tratada se identificaron las especies fitoplanctónicas y se les efectuaron análisis de oxígeno disuelto y nutrientes inorgánicos. Durante las primeras cuatro semanas los dos sitios presentaron producción de clorofila *a* y biomasa total. Al agregar agua tratada a los lotes experimentales, hubo incremento en ambos parámetros, indicando que el agua tratada viene enri-*

¹ Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Laboratorio de Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, e-mail: martinl@cmarl.unam.mx

quecida con nutrimentos inorgánicos promotores de crecimiento de perifiton y de especies representativas de agua con alto contenido de materia orgánica como cianobacterias, clorofitas y diatomeas, lo cual explica la eutrofización de los canales naturales.

Palabras clave: *microcosmos, eutrofización, nutrimentos.*

Abstract. *Lake Xochimilco receives treated water since 1971, since then has reported different environmental problems appeared showing decrement in water quality.*

This study evaluated the effect of treated water on the functional structure of the periphyton community based on changes in chlorophyll a and total biomass (ashes). Was built one artificial microcosms system with 20 PVC channels, 90 x 10 x 8 cm, distributed in two experimental and control plots with five replicates each. Water from lakes Tlilac and Huetzalin was sampled which was added in the corresponding channels; microscope slides were used as artificial substrates for the colonization of natural periphyton communities. Four weeks later water from experimental lots was substituted by treated water carefully so as not remove periphyton. In the studied lakes and source of treated water phytoplankton species were identified and were carried out analysis of dissolved oxygen and inorganic nutrients. Through first four weeks both sites showed different algal growth and total biomass. When treated water was added to experimental lots, increment in both parameters was observed, showing that treated water comes enriched with inorganic nutrients, promoters of periphyton growth and species representatives of water with high contents of organic matter, such as cyanobacteria, chlorophytes and diatoms, which explains the eutrophication in the natural channels.

Key words: *Microcosms, eutrophication, nutrients.*

Résumé. *Le lac de Xochimilco reçoit de l'eau traitée depuis 1971. Depuis cette date, différents problèmes d'environnement ont été reportés, qui reflètent le*

détriment de la qualité de l'eau. Cette étude évalue l'effet de l'eau traitée sur la structure fonctionnelle de la communauté du périphyton, à partir des variétés de chlorophylle a et la biomasse totale (cendres). Il a été construit un système de microcosme artificiel avec 20 chenaux ou petits canaux de PVC, 90X10X8 cm, distribués en deux lots expérimentaux et deux contrôles avec cinq répétitions chacun. Il a été collecté de l'eau des lacs Tlilac et Huetzalin, qui a été déposée dans les petits canaux correspondants; des porte-objets en verre ont été utilisés en guise de substrats artificiels, dans lesquels se sont établies des communautés naturelles de périphyton. Quatre semaines après, l'eau des lots expérimentaux a été substituée avec soin par de l'eau traitée, pour ne pas bouger le périphyton. Dans les lacs étudiés et la source d'eau traitée, ont été identifiées les espèces phytoplanctoniques, auxquelles il a été réalisé une analyse de l'oxygène dissous et des nutriments inorganiques. Pendant les quatre premières semaines, les deux sites ont présenté une production de chlorophylle a et de biomasse totale. Quand il a été ajouté de l'eau traitée aux lots expérimentaux, les deux paramètres ont augmenté, ce qui indique que l'eau traitée est enrichie de nutriments inorganiques, promoteurs de croissance du périphyton et des espèces représentatives d'eau avec un haut contenu en matière organique, comme cyanobactéries, chlorophytes et diatomée. Ce fait explique l'eutrophisation des canaux naturels.

Mots-clés: *microcosme, eutrophisation, nutriments.*

INTRODUCCIÓN

Durante milenios los asentamientos humanos se han desarrollado en las cercanías de los sistemas acuáticos, provocando una alteración de los mismos a la par del desarrollo social y económico (Walsh, 2000; Revenga *et al.*, 2000; Revenga y Kura, 2003; Traut y Hostetler, 2004); se ha identificado a la destrucción del hábitat, contaminación, sobreexplotación y extracción de agua, así como la introducción de especies alóctonas como las principales causas del deterioro de esos ecosistemas (Malmquist y Rundle, 2002),

sin embargo, a pesar de los diversos estudios, el entendimiento y manejo sobre la ecología de sistemas urbanos, tratando de equilibrar las interacciones humanas y la vida silvestre, siguen siendo limitados (Walsh, 2000; Traut y Hostetler, 2004).

Como producto del desarrollo de la humanidad, los cuerpos de agua han ido sufriendo cambios ecológicos por la incorporación de sustancias de origen antrópico. Derivados de la actividad agrícola y debido al uso de fertilizantes, el exceso de nutrientes (nitratos y fosfatos principalmente) favorecen el crecimiento de algas planctónicas y filamentosas en los cuerpos de agua (Bellinger, 1979; Genter *et al.*, 1987; Chien-Jung *et al.*, 2009); este proceso natural o provocado se denomina eutroficación, mismo que promueve la disminución de la profundidad del cuerpo acuático, disminución del oxígeno disuelto y diversidad de especies, cambios en la comunidad biológica dominante y aumento de la biomasa y turbidez por presencia de materia orgánica, provocando además olor y sabor desagradable al agua, limitándola a ciertos usos. El proceso de eutrofización también involucra cambios en el flujo principal de energía dentro del ecosistema acuático (Kagalou *et al.*, 2003).

Para evaluar la calidad del agua es conveniente analizar variables físicas y químicas, así como componentes biológicos relacionados directamente con esas alteraciones, tal es el caso del perifiton, definido como la compleja comunidad de microbiota (bacterias, hongos, algas, protozoos y animales), detritos orgánicos e inorgánicos adheridos a un sustrato sumergido, natural o artificial, vivo o muerto (Wetzel, 1981) que se desarrolla, tanto en sistemas lénticos como lóticos.

Para estudiar la respuesta del perifiton a una perturbación se pueden analizar sus aspectos estructurales o funcionales. Dentro de los estructurales, además de la composición taxonómica y diversidad específica, pueden evaluarse las distintas fracciones de su masa (autótrofa, heterótrofa e inorgánica) permitiendo inferir aspectos funcionales de la comunidad (Pizarro y Alemanni, 2005; Boisson y Perrodin, 2006).

Diferentes autores han reportado la sensibilidad del perifiton y microalgas en particular a cambios de temperatura, pH, sólidos totales y suspendidos, fósforo y nitrógeno, así como su alta capacidad de absorción y bioacumulación de contaminantes orgánicos no solubles en agua (Genter *et al.*, 1987; Genter y Lehman, 2000; Kinross *et al.*, 2000; Boisson y Perrodin, 2006; Chien-Jung *et al.*, 2009). Tales características hacen a esta microbiota valiosa para utilizarla en evaluaciones ecotoxicológicas.

En países en desarrollo son escasos los trabajos en los que se relaciona la microbiota con las variables ambientales para conocer el grado de contaminación de los sistemas acuáticos urbanos. Se han reportado algunos estudios relacionados con diatomeas y perifiton (Gómez, 1998; Gómez y Licursi, 2001).

Experimentalmente, para simular los sistemas de corrientes naturales se han desarrollado –en laboratorio– los denominados microcosmos por su tamaño y fácil manejo, éstos son una valiosa herramienta en estudios ecotoxicológicos debido a su precisión, replicabilidad, reproducibilidad, simplicidad y, lo más importante, sus resultados pueden ser aplicables por su adecuación a la realidad (Levin *et al.*, 1984; Horne y Bennison, 1987; Wevers *et al.*, 1988; Debus *et al.*, 1996; Boisson y Perrodin, 2006; Sourisseau *et al.*, 2008).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del agua tratada en la estructura de la comunidad del perifiton con base en clorofila *a* y biomasa total (peso seco libre de cenizas) de dos sitios de la zona lacustre de Xochimilco, empleando un sistema de microcosmos de canales artificiales.

ÁREA DE ESTUDIO

El área estudiada corresponde a la zona lacustre de Xochimilco, donde desde tiempos precolombinos se practica la agricultura en chinampas, construidas con sedimentos del fondo de los canales. Desde 1974 se reportaba que a los canales llegaban escurrimientos de la zona agropecua-

ria y aguas negras de la zona urbana aledaña (Báez y Belmont, 1974). Actualmente estos canales son recargados por la combinación de aguas de desecho de origen doméstico y agua tratada proveniente de dos plantas de tratamiento, así como por la precipitación en la temporada de lluvias, recibiendo por tanto diferentes tasas de carga de contaminantes orgánicos y de microorganismos (Solís *et al.*, 2006). La planta de tratamiento Cerro de la Estrella es de tipo secundario con potencial para remoción de detergentes, así como procesos de ozonización, reversión osmótica y desinfección (Mazari-Hiriart *et al.*, 2001); esta planta recibe aportes de origen pluvial, industrial, agropecuario y doméstico, produce 4,000 litros/seg, y suministra agua tratada al área Xochimilco-Tlahuac; a pesar de su tratamiento, presenta altas concentraciones de sólidos totales (488 mg/L), fósforo total (3.9 mg/L), así como grasas y aceites (3.9 mg/L) (Departamento del Distrito Federal, 1990).

MATERIAL Y MÉTODOS

Sitios de estudio. Se seleccionaron dos áreas de la zona lacustre de Xochimilco, lago Tlilac y lago Huetzalin representativos de la zona agrícola y zona de recuperación ecológica respectivamente (Figura 1).

Composición microalgal de los sitios elegidos. Para conocer la composición general, al inicio del estudio, en cada sitio elegido se hizo un arrastre superficial de cinco minutos con una red para fitoplancton de abertura de malla de 54 μm . El material se preservó con gotas de lugol acetato 1:100 para su determinación taxonómica en laboratorio.

Construcción del microcosmos. Con canaletas comerciales de plástico para escurrimiento de agua de azoteas, se diseñó y se construyó un sistema de 20 canales con flujo lento continuo (Figura 2).

Figura 1. Ubicación de las zonas de estudio comparadas y fuente de abastecimiento de agua tratada en los canales.

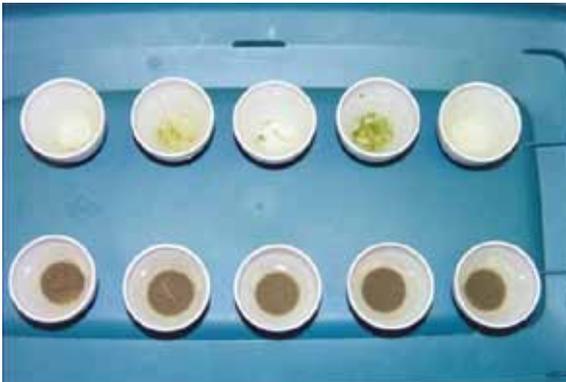
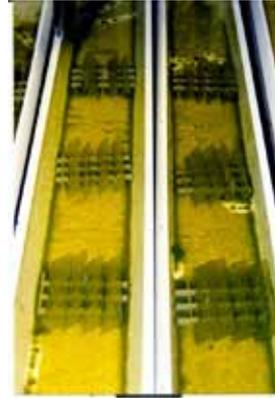


Las dimensiones de cada canal fueron de 90 cm de largo x 10 de ancho x 8 de profundidad. Se formaron cuatro grupos con cinco réplicas cada uno. Cada grupo contenía un recipiente inferior de plástico oscuro como abastecedor de agua y otro recipiente superior como receptor y distribuidor. En cada recipiente inferior se colocó una bomba de agua sumergible con capacidad de 144 L/h para surtir agua al recipiente superior, generando flujo continuo promedio de 1.5 cm/seg, regulado con llaves

de plástico. Para cada sitio: lago Tlilac y lago Huetzalin, se asignaron dos grupos de cinco canales denominados control y experimental.

El microcosmos de canales artificiales fue construido en el invernadero del Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuernavaca de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.

Figura 2. Diseño de los canales artificiales. Cinco controles y cinco experimentales para lagos Tlilac y Huetzalin; abajo, disposición de sustratos artificiales colonizados, muestras de biomasa total, las claras de los controles, las oscuras de los experimentales.



Sustratos artificiales. En cada canal se colocaron tres placas plásticas con cuatro ranuras cada una; en cada ranura se colocó un portaobjetos para microscopio de 2.5 x 7.5 cm como “sustratos artificiales”, éstos se colocaron en forma paralela al flujo y dejando espacio entre ellos. Lo anterior se hizo para lograr la colonización de perifiton en dichos sustratos (Figura 2).

Colecta de agua de los dos sitios de estudio. En noviembre de 2000 se coleccionaron 40 litros de agua superficial del lago Tlilac y 40 del lago Huetzalin. El agua de cada sitio se distribuyó en los dos recipientes ubicados en las áreas inferiores correspondientes. Los cuatro lotes se mantuvieron con esa agua cuatro semanas bajo las mismas condiciones ambientales del invernadero, sin control de luz, humedad ambiental ni temperatura (Figura 2).

Colecta del agua tratada. Después de cuatro semanas de colonización de perifiton (McIntire, 1968) se les retiró –sólo a los canales experimentales de cada sitio de prueba– el agua inicial y se les agregó 20 litros de agua tratada proveniente de un tubo de abastecimiento, en tanto que el volumen inicial de los canales control se mantuvo con agua destilada. Después del cambio del agua, el experimento se mantuvo otras cuatro semanas.

Obtención de datos químicos. Al momento de iniciar el experimento y en la cuarta semana (correspondiente al cambio del agua en los canales experimentales) se determinó, en los sitios de colecta, la concentración de oxígeno disuelto y tres nutrimentos: amonio ($N-NH_3$), nitrato ($N-NO_3$) y fósforo total (P total), todos expresados en mg/L (APHA-AWWA-WEF, 1992).

Obtención de muestras de perifiton en el microcosmos

Clorofila a

A la segunda semana de colonización de algas sobre los portaobjetos, se extrajo, de cada canal, uno de éstos al azar; el perifiton (material orgánico vivo y material inorgánico) adherido fue raspado con una espátula de plástico suave, cada raspado se depositó en un frasco de plástico con 60 ml de una mezcla de acetona, grado R.A. aforada al 90%, los frascos se mantuvieron a 4°C en oscuridad por 24 horas para la extracción de pigmentos; los extractos fueron leídos con un espectrofotómetro digital Spectronic 21D a 750 y 664 nanómetros (nm), siguiendo los procedimientos de APHA-AWWA-WPCF (1992). El mismo procedimiento se repitió cada dos semanas hasta finalizar el experimento, en todos los casos los datos se obtuvieron por quintuplicado.

Biomasa total

A la segunda semana de colonización de algas sobre los portaobjetos se registró la biomasa total. Esta se obtuvo siguiendo el método gravimétrico a partir de las diferencias de peso entre el material orgánico y el inorgánico. Al igual que en el caso anterior, después de cuatro semanas de colonización de algas sobre los portaobjetos, se extrajo, de cada canal, uno de éstos al azar; el material adherido se raspó con una espátula de plástico suave, el material obtenido fue transferido a un crisol de porcelana (previamente llevado a peso constante en balanza analítica) y se le adicionaron 10 ml de agua destilada; las muestras fueron secadas a 105 °C en una estufa de secado Barnstead Lab Line Modelo 100 durante ocho horas para eliminar toda el agua y llevarlo a peso constante, posteriormente se les expuso a combustión total en un horno mufla Thermolyne f 4700 a

500 °C por una hora, para dejar sólo las cenizas del material orgánico y llevarlo a peso constante. Por diferencia de pesos se obtuvo el peso seco libre de cenizas. El mismo procedimiento se repitió cada dos semanas hasta finalizar el experimento, en todos los casos los datos se obtuvieron por quintuplicado.

La determinación espectrofotométrica y gravimétrica (diferencias de peso) para clorofila *a* y biomasa total como cenizas, respectivamente, se efectuaron de acuerdo a las técnicas de Lind (1985) y APHA-AWWA-WPCF (1992). En ambos casos, la concentración final se expresó por unidad de superficie (cm²).

Índice autotrófico. Para caracterizar a la comunidad perifítica, evaluar los efectos de la contaminación orgánica en ambos lagos y realizar inferencias funcionales sobre la comunidad, se calculó el índice autotrófico (APHA-AWWA-WPCF, 1992).

El índice autotrófico (cociente entre el peso seco libre de cenizas y la concentración de clorofila *a*) permite evaluar la proporción algal presente en la biomasa total del perifiton, ya que compara la proporción autotrófica con la masa heterotrófica representada por bacterias, hongos, protozoarios, pequeños animales y restos orgánicos en degradación depositados (Pizarro y Alemanni, 2005). Este índice se utiliza como indicador de contaminación orgánica, ya que valores superiores a 100 reflejan el aumento en la proporción de organismos heterótrofos y/o detritus orgánico (APHA-AWWA-WPCF, 1992).

Cálculos. Para evaluar la colonización y el efecto del agua tratada sobre la clorofila *a* y la biomasa total, así como para conocer la respuesta del sistema cuando no recibe agua tratada, se empleó la siguiente relación:

$$\text{Colonización} = ((t_2 - t_1)(100)) / t_1,$$

$$\text{Efecto1} = ((t_3 - t_2)(100)) / t_2$$

$$\text{Efecto2} = ((t_4 - t_3)(100)) / t_3$$

Donde:

t_1 = 2 semanas, colonización

t_2 = 4 semanas, colonización

t_3 = 6 semanas, agua tratada sobre canales experimentales

t_4 = 8 semanas, colonización

Los valores porcentuales negativos representan descenso en las comunidades, mientras que los positivos representan su incremento (Lind, com. per 1999).

Correlación de factores bióticos y abióticos. Se realizaron análisis de las relaciones entre cada variable del perifiton y las variables abióticas utilizando regresiones lineales momento-producto de Pearson.

RESULTADOS

Fitoplancton de los sitios de estudio y fisicoquímica básica. Se determinaron trece especies fitoplanctónicas (Cuadro 1), mismas que son indicadoras de contaminación orgánica, de ellas *Microcystis aeruginosa* Kütz está reportada como causante de irritación en la piel y *Anabaena circularis* (G. S. West) Wolosz et Miller como productora de reacciones alérgicas (Lighthart y Mohor, 1994; Godínez *et al.*, 2001). Quintanar *et al.* (1999) señalan que algunos parámetros químicos del agua son condicionantes para la producción de metabolitos de estas especies.

Cuadro 1. Especies fitoplanctónicas y variables físicoquímicas básicas encontradas en los sitios estudiados.

	Lago Tlilac	Lago Huetzalin	Agua tratada
		X	
<i>Anabaenopsis circularis</i> (G.S. West) Wolosz. et Miller <i>Microcystis aeruginosa</i> Kütz.	X		
<i>Microcystis pulverea</i> (Wood) Forti= <i>M. inserta</i> Lemm.	X		
<i>Microcystis pseudofilamentosa</i> Crow	X		
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs			X
<i>Pediastrum boryanum</i> (Turp.) Meneghini		X	
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turp.) de Brébison	X	X	
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	X	X	
<i>Scenedesmus opoliensis</i> P. Richter	X		
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.	X		X
<i>Navicula</i> sp.			X
<i>Peridinium</i> cf. <i>Cinctum</i> (Müll.) Ehrenberg	X		X
Fitoflagelado	X		
Inicio del experimento	Lago Tlilac	Lago Huetzalin	Agua Tratada
Siembra, colonización			
N-NH ₃ mg/L	0.39	0.52	0.32
N-NO ₃ mg/L	1.20	3.32	4.41

P tot mg/L	3.85	4.45	0.22
Oxígeno Dis. mg/L	14.4	12.8	4.61
Transparencia cm	25	20	45
Cambio de agua, efecto			
N-NH ₃ mg/L	0.91	0.54	0.82
N-NO ₃ mg/L	5.82	0.46	2.11
Ptot mg/L	4.21	3.62	5.32
Oxígeno Dis. mg/L	5.81	9.10	7.11
Transparencia cm	28	25	52

Al momento de iniciar el experimento, las concentraciones de nitratos (N-NO₃) y fósforo total (P total), en las zonas de estudio, rebasaban los límites permisibles (1.0 mg/L) (NOM, 1993) (NOM, 1996), haciéndose más evidente en el lago Huetzalín con 3.32 y 4.45 mg/L, respectivamente. Aunque para ese momento no se utilizaría agua tratada, puede apreciarse que se rebasa el límite permisible sólo para el caso de nitratos (Cuadro 1).

Cuatro semanas después, cuando se probó el efecto del agua tratada sobre los canales experimentales, se registró que ambos parámetros rebasaron el límite permisible con 2.11 y 5.32 mg/L, respectivamente. Durante las dos fases del experimento el nitrógeno en forma de amonio (N-NH₃) se mantuvo por debajo del límite permisible y el oxígeno disuelto dentro del rango necesario para la vida acuática (Cuadro 1).

Bellinger (1979) y Dodds *et al.* (1998) clasifican de eutróficos a los sistemas con valores superiores a 2 mg/L de los nutrientes inorgánicos analizados. De manera que el agua tratada también correspondía a agua eutrófica cuando se agregó a los canales experimentales.

Valores de clorofila a y biomasa total. Durante la segunda y cuarta semana, la clorofila *a* en los canales control del lago Tlilac presentó incrementos

promedio de 2.20 a 5.30 mg/cm². Posteriormente descendió a 3.40 y 1.80 mg/cm² en la sexta y octava semana, respectivamente. Los canales experimentales tuvieron incrementos de 2.60 mg/cm² en la segunda semana a 4.36 mg/cm² en la cuarta. Al agregarles agua tratada se incrementó nuevamente a 5.92 mg/cm² en la sexta semana y a 7.68 mg/cm² en la octava semana. En los canales control del lago Huetzalin, el incremento de la clorofila *a* fue de 2.60 a 6.44 mg/cm² de la segunda a la cuarta semana, y posteriormente los valores descendieron a 5.40 y 4.96 mg/cm² en la sexta y octava semana, respectivamente, manteniendo siempre valores más altos respecto al lago Tlilac.

En los controles, la biomasa total del lago Tlilac aumentó de 286 a 410 mg/cm² de la segunda a la cuarta semana, mientras que de la sexta a la octava semana descendió a 272 y 158 mg/cm², respectivamente. En los canales experimentales hubo siempre incrementos de 190 a 316 mg/cm² de la segunda a la cuarta semana, y al agregar el agua tratada los incrementos llegaron a 722 y 920 mg/cm² en la sexta y octava semana, respectivamente. En los controles del lago Huetzalin el incremento de la segunda a la cuarta semana fue de 478 a 738 mg/cm², con los consecuentes descensos en la sexta y octava semana, con 446 y 382 mg/cm². En los lotes experimentales el aumento fue de 286 a 426 mg/cm² de la segunda a la cuarta semana y al agregar agua tratada los incrementos fueron de 762 a 1030 mg/cm² en la sexta y octava semanas, respectivamente (Tabla 2).

Cuadro 2. Concentraciones promedio de clorofila *a* y biomasa total (peso seco por cenizas), ambas en mg/cm² (X 10⁻⁵) n=5 ± Desviación Estándar.

	Control	Control	Control	Control	Experimental	Experimental	Experimental	Experimental
Lago Tlilac	t ₁ 2 semanas	t ₂ 4 semanas	t ₃ 6 semanas	t ₄ 8 semanas	t ₁ 2 semanas	t ₂ 4 semanas	t ₃ 6 semanas	t ₄ 8 semanas

Clorofila <i>a</i>	2.20±1.10	5.30±166	3.40±1.82	1.80±0.44	2.60±0.54	4.36±1.10	5.92±1.24	7.68±1.41
Biomasa Total	286±139	410±135	272±45.5	158±54.5	190±85.7	316±197	722±1556	920±204
I. Autotrófico	130.0	77.4	80.0	87.8	73.1	72.5	122.0	119.8
Lago Huetzalin	t ₂ semanas	t ₄ semanas	t ₆ semanas	t ₈ semanas	t ₂ semanas	t ₄ semanas	t ₆ semanas	t ₈ semanas
Clorofila <i>a</i>	2.60±1.14	6.44±1.85	5.40±1.67	4.96±1.62	3.20±0.84	5.80±0.87	14.6±4.04	24.6±8.13
Biomasa Total	478±99	738±137	446±166	382±196	286±118	426±111	762±72	1030±49
I. Autotrófico	183.8	115.3	82.6	70.7	89.4	73.4	52.2	41.9

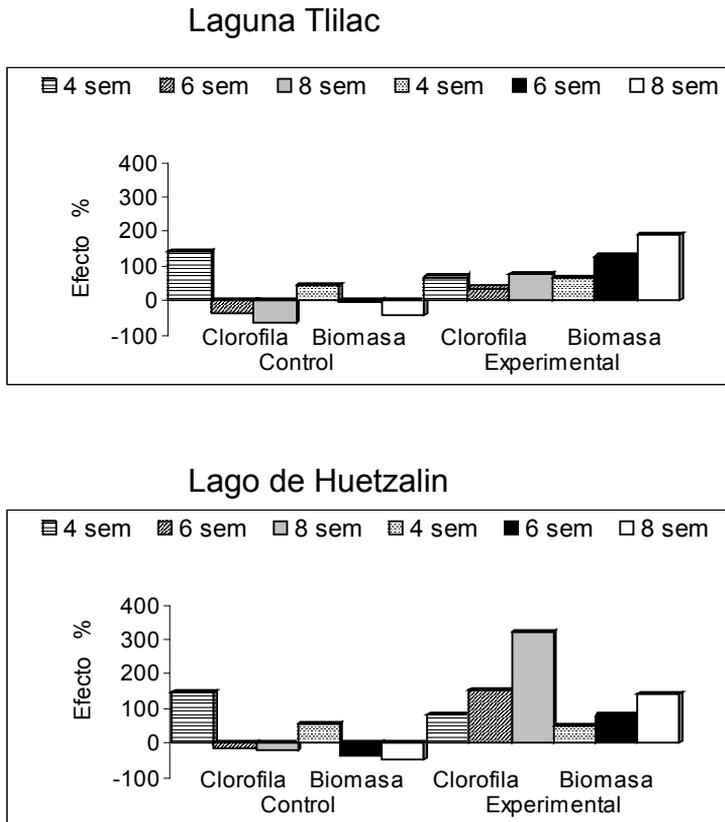
*En los diferentes tiempos de análisis sólo a los lotes experimentales se les agregó agua tratada después del análisis de la cuarta semana.

El índice autotrófico (IA) indica que en ambos lagos existe contaminación orgánica debido a que su valores fueron superiores a 100, dichos valores fueron decreciendo conforme avanzaba el tiempo. Al agregar agua tratada en los canales experimentales, sólo en las muestras del lago Tlilac se vuelve a registrar un IA > a 100 en las semanas 6 y 8 (Cuadro 2).

Valores porcentuales en los lotes control. En el lago Tlilac, luego del máximo crecimiento en la cuarta semana, las comunidades acuáticas autotróficas expresadas en clorofila *a*, disminuyeron 36% en la sexta semana, mientras que en la octava la disminución llegó a 66%. La biomasa total

también disminuyó 5 y 45% en el mismo período de tiempo. Las comunidades del lago Huetzalin decrecieron 16% en la sexta semana y 23% en la octava; en tanto que los decrementos en biomasa fueron 40 y 48% en los mismos periodos (Figura 3).

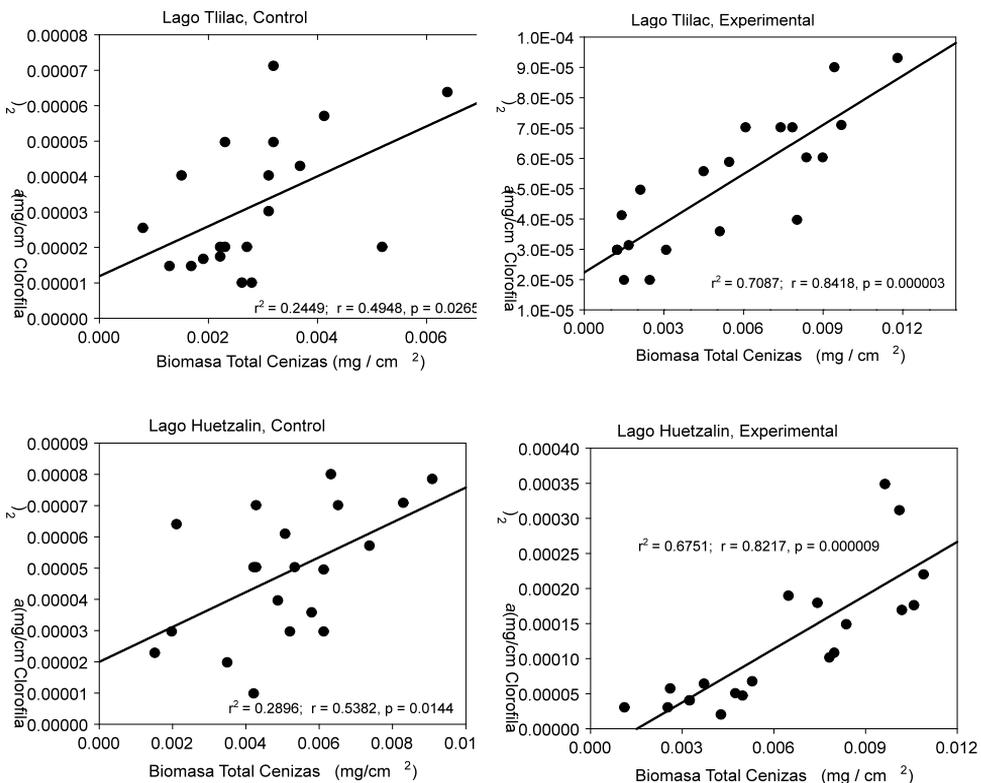
Figura 3. Porcentajes de incremento o decremento de las comunidades acuáticas expresada en clorofila *a* y biomasa total.



Valores porcentuales en los lotes experimentales. La clorofila *a* en el lago Tlilac incrementó de 36 al 76% en la sexta y octava semana, respectivamente; mientras que en biomasa total los incrementos llegaron a 120 y 191% en los mismos periodos. Para el lago Huetzalin los incrementos de clorofila *a* fueron mayores, 152 y 323%, la biomasa total tuvo valores de 79 y 141% en la sexta y octava semana, respectivamente (Figura 3).

Sólo en los lotes experimentales las correlaciones de biomasa total contra clorofila *a* fueron altas y significativas, $r^2 = 0.7087$ en el lago Tlilac y $r^2 = 0.6751$ en el lago Huetzalin (Figura 4).

Figura 4. Correlaciones de biomasa total contra clorofila *a* en los lotes control y experimentales.



DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los contenidos altos de nutrimentos, propios de ambos lagos, permitieron el establecimiento y subsistencia de comunidades perifíticas expresadas en clorofila *a* y biomasa total en los canales artificiales y se mantuvieron al menos cuatro semanas para luego disminuir. Sin embargo, al remplazar el agua original por agua tratada en los lotes experimentales se promovió nuevamente el incremento en esos parámetros en ambos lagos.

Durante noviembre (final de la temporada de lluvias) se registraron valores de nutrimentos más altos en el agua de las zonas estudiadas que en la emanada de la planta de tratamiento. Los valores más altos de fósforo total en el agua de los sitios de muestreo, respecto al agua que abastece a los canales, implica escurrimientos superficiales con cargas de material orgánico e inorgánico de zonas agropecuarias, lo que coincide con lo reportado por Ledgard *et al.* (1998) y Walsh (2000).

Las especies fitoplanctónicas, así como las concentraciones elevadas de nutrimentos orgánicos en el agua de los sitios estudiados, indican condiciones de eutrofización (Bellinger, 1979; Dodds *et al.*, 1998).

Los valores fisicoquímicos del agua tratada vertida en los canales artificiales corresponden a una planta de tratamiento secundario, ya que los valores de nitratos y fosfatos son muy altos, y estando en el sistema acuático contribuyen a acelerar el proceso de eutrofización de los canales (http://www.sagan-gea.org/hojared_AGUA/paginas/25agua.html).

Boisson y Perrodin (2006) y Chien-Jung *et al.* (2009) reportan que la entrada no controlada de nutrimentos en los cuerpos de agua puede alterar a las comunidades acuáticas, en particular al perifiton y en consecuencia a los consumidores secundarios con cambios, tanto en la calidad de alimento como en los siguientes niveles superiores de la cadena trófica.

El sistema de canales artificiales, probado y construido en un área de máximo 3 m², permitió evaluar, en condiciones experimentales, los cambios temporales de las comunidades algales y la acumulación

de materia orgánica; demostró así que ambos lagos tienen la misma respuesta de incremento en clorofila *a* y biomasa total, aunque no en la misma proporción. Asimismo los resultados experimentales demostraron que el agua tratada con la que se mantiene el nivel de agua en los canales es de mala calidad por el alto contenido de nutrientes inorgánicos y materia orgánica, favoreciendo el desarrollo de especies indicadoras de sistemas eutróficos como las cianobacterias, algunas clorofitas y diatomeas.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM y al Departamento de Producción Agrícola y Animal de la UAM-X por el financiamiento de la investigación. Al CIBAC por facilitar sus instalaciones para el desarrollo del proyecto. Al Biól. Alberto Islas Grajeda y al Ing. Quím. Edgar Gabriel Ramírez Sánchez por el trabajo de campo y laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

- APHA-AWWA-WEF, 1992, "Standard methods for the examination of water and wastewater", en Greenberg, E., S. Clesceri, y D. Eaton (eds), American Public Health Association, Washington.
- Báez, P. y R. Belmont, 1974, "Algunos aspectos del deterioro del agua en los canales del Lago de Xochimilco", en *Comité Nacional Mexicano para el decenio Hidrológico Internacional, Memorias 1970-1971*, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, México.
- Bellinger, E. G., 1979, "The Response of algal populations to changes in lake water quality", en James, A. y M. Evinson (comps.), *Biological Indicators of water Quality*, Chiap. 9, EUA.

- Boisson, C. y Y. Perrodin, 2006, "Effects of road runoff on biomass and metabolic activity of periphyton in experimental streams", en *Journal of Hazardous Materials A* 132:148-154.
- Chien-Jung, T. *et al.*, 2009, "Development of river biofilms on artificial substrates and their potential for biomonitoring water quality", en *Chemosphere* 76:1288-1295.
- Debus, R. *et al.*, 1996, "An artificial stream mesocosm to simulate fate and effects of chemicals: technical data and initial experience with the biocenosis", en *Chemosphere* 32(9):1813-1822.
- Departamento del Distrito Federal, 1990, *Planta de tratamiento de aguas residuales Cerro de la Estrella*, Departamento del Distrito Federal. Secretaría General de Obras, Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, México.
- Dodds, K. *et al.*, 1998, "Suggested classification of stream trophic state: distributions of temperate stream types by chlorophyll, total nitrogen, and phosphorus", en *Water Research* 32(5):1455-1462.
- Genter, B. *et al.*, 1987, "Algal-periphyton population and community changes from zinc stress in stream mesocosm", en *Hydrobiologia* 153: 261-275.
- Genter, B. y M. Lehman, 2000, "Metal toxicity inferred from algal population density, heterotrophic substrate use and fatty acid profile in a small stream", en *Environ. Toxicol. Chem.* 19: 869-878.
- Godínez, L. *et al.*, 2001, "Traditional knowledge of mexican continental algae", en *Journal of Ethnobiology* 21(1): 57-88.
- Gómez, N., 1998, "Use of epipellic diatoms for evaluation of water quality in the Matanza-Riachuelo (Argentina), a pampean plain river", en *Water Research* 32: 2029-2034.
- Gómez, N. y M. Licursi, 2001, "The Pampean index for assessment of rivers and streams in Argentina", en *Aquatic Ecology* 35: 173-181.
- Horne, A. y L. Bennison, 1987, "A laboratory stream design for biological research", en *Water Research* 21(12):1577-1579.
- Kagalou, I. *et al.*, 2003, "Evaluation of the trophic state of lake Pamvotis Greece, a shallow urban lake", en *Hydrobiologia* 506-509: 745-752.

- Kinross *et al.*, 2000, "The influence of pH and aluminium on the growth of filamentous algae in artificial streams", en *Arch. Hydrobiol.* 149: 76-86.
- Ledgard, F. *et al.*, 1998, "Environmental impacts of different inputs on dairy farms and implications for the Resource Management Act of New Zealand", en *Environmental Pollution* 102: 515-519.
- Levin, A. *et al.*, 1984, "New perspectives in ecotoxicology", en *Environmental Management* 8: 375-442.
- Lighthart, B. y J. Mohor, 1994, *Atmospheric microbial aerosols theory and applications*, Chapman & Hall, Nueva York.
- Lind, T., 1985, *Handbook of common methods in Limnology*, Kendall/Hunt Publ. Co, Dubuque.
- Malmquist, B. y S. Rundle, 2002, "Threats to the running water ecosystems of the world", en *Environmental Conservation* 29: 134-153.
- Mazari-Hiriart, M. *et al.*, 2001, "*Helicobacter pylori* and other enteric bacteria in freshwater environments in Mexico City", en *Archives of Medical Research* 32: 458-467.
- McIntire, D., 1968, "Structural characteristics of benthic algal communities in laboratory streams", en *Ecology* 49: 520-537.
- NOM-CCA-031-ECOL-1993, 1993, Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria, actividades agroindustriales, de servicios y el tratamiento de aguas residuales en los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal, *Diario Oficial de la Federación*, México, DF, 18 de octubre de 1993.
- NOM-001-ECOL-1996, 1996, Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes Nacionales, *Diario Oficial de la Federación*, México, DF, 24 de Junio de 1996.
- Pizarro, H. y E. Alemanni, 2005, "Variables físico-químicas del agua y su influencia en la biomasa del perifiton en un tramo inferior del Río Luján, Provincia de Buenos Aires", en *Ecología Austral* 15:73-88.

- Quintana, M. *et al.*, 1999, "Contenido de algunas vitaminas en cultivos de microalgas", en *Alim. Nutr.* 13(1): 9-13.
- Reventa, C. *et al.*, 2000, *Pilot analysis of global ecosystems: freshwater systems*, World Resources Institute, C. Washington.
- Reventa, C. y Y. Kura, 2003, *Status and trends of biodiversity of inland water systems*, Technical Series Núm. 11, Secretaría sobre el convenio sobre diversidad biológica, Montreal, Canadá.
- Solís, C. *et al.*, 2006, "Irrigation water quality in southern Mexico City based on bacterial and heavy metal analyses", en *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* 249: 592-595.
- Sourisseau, S. *et al.*, 2008, "Calibration, validation and sensitivity analysis of an ecosystem model applied to artificial stream", en *Water Research* 42:1167-1181.
- Traut, H. y E. Hostetler, 2004, "Urban lakes and waterbirds: effects of shoreline development on avian distribution", en *Landscape and Urban Planning* 69: 69-85.
- Walsh, J., 2000, "Urban impacts on the ecology of receiving waters: a framework for assessment, conservation and restoration", en *Hydrobiologia* 431: 107-114.
- Wetzel, G., 1981, *Limnología*, Omega, Barcelona.
- Wevers, J. *et al.*, 1988, "Utility of laboratory streams for ecosystem toxicity studies", en *Environmental Management* 12(1) :19-29.
- http://www.sagan-gea.org/hojared_AGUA/paginas/25agua.html. consultado el 03/05/2005.

Mezclas de fibra de coco, composta y mantillo de bosque en la producción de *Phlox drummondii* en el sistema chinampero

Verónica Nava Rodríguez,¹ Fernando de León González, Sergio Palacios Mayorga, David Montiel Salero y Eduardo Celada Tornel

Resumen. *En Xochimilco existe una intensa actividad de producción de plantas de ornato, la cual requiere de sustratos, destacando el uso de mantillo de bosque obtenido de zonas forestales del centro de México. Se requiere encontrar alternativas que disminuyan la fuerte presión sobre este recurso forestal. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la calidad física, química y microbiológica de siete sustratos orgánicos (composta, fibra de coco, mantillo de bosque y cuatro mezclas) y su efecto sobre el crecimiento de plantas de *Phlox drummondii* Hook en Xochimilco (México). Las propiedades químicas mostraron una variabilidad consistente con la naturaleza orgánica de cada sustrato. Los resultados indicaron que las mezclas de composta y fibra de coco con mantillo de bosque son una alternativa para producir plantas sanas de *Phlox drummondii*, y de esta manera reducir los volúmenes de mantillo de bosque utilizados en la producción florícola de la zona.*

Palabras Clave: *sustratos orgánicos, composta, fibra de coco, mantillo de bosque, producción ornamental.*

¹ Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Departamento de Producción Agrícola y Animal, e-mail: narv2011@correo.xoc.uam.mx.

Abstract. *In Xochimilco exists an intense production of ornamental plants which requires substrates as the forest litter obtained from forested areas of Central Mexico. Alternatives to substitute forest litter are needed in order to diminish the heavy pressure on the organic matter of forest soils. The purpose of this study was to evaluate (1) the physical, chemical and microbiological quality of seven organic substrates (compost, coir peat, mulch and four mixtures), (2) their effect on the growth of plants of *Phlox drummondii* in Xochimilco (Mexico). The chemical properties showed a variability consistent with the organic nature of each substrate. The results indicated that mixtures of compost and forest litter + coir peat are alternatives to produce *Phlox drummondii* and reducing in this way the volume of forest litter used for flower production in the area.*

Key Words: *organic substrates, compost, coir peat, forest litter, ornamental production.*

Résumé. *Il existe à Xochimilco une intense activité de production de plantes décoratives, qui exige du substrat. Celui-ci provient de l'utilisation de terreau de forêt obtenu des zones forestières du centre du Mexique. Des alternatives doivent être trouvées pour diminuer la pression exercée sur cette ressource forestière. L'objectif de ce travail a été d'évaluer la qualité physique, chimique et microbiologique de sept substrats organiques (compost, fibre de coco, terreau de forêt et quatre mélanges), ainsi que leur effet sur la croissance des plantes de *Phlox drummondii* Hook, à Xochimilco (Mexique). Les propriétés chimiques ont montré une variabilité consistante avec la nature organique de chaque substrat. Les résultats indiquent que les mélanges de compost et fibre de coco avec le terreau de forêt constituent une alternative pour produire des plantes de *Phlox drummondii* saines et, de cette manière, réduire les volumes de terreau de forêt utilisés pour la floriculture de la zone.*

Mots-clés: *substrats organiques, compost, fibre de coco, terreau de forêt, production de plantes décoratives.*

INTRODUCCIÓN

Actualmente Xochimilco es un área importante de producción de plantas ornamentales debido a los buenos rendimientos y a que la superficie agrícola y opciones de cultivos se han reducido (Canabal, 1990). La compra de mantillo de bosque representa uno de mayores gastos para los floricultores en sus costos de producción (Canabal *et al.*, 1992). El mantillo de bosque presenta características físicas y químicas favorables para la producción de plantas en viverismo: densidad aparente (0.30 g cm^{-3}), espacio poroso (82%), agua fácilmente disponible (17%) y alto contenido de materia orgánica (63%) (Ansorena, 1994). Sin embargo, la extracción del mantillo del bosque representa un deterioro ambiental dados los altos volúmenes requeridos por la producción en los viveros de Xochimilco y otras áreas productoras. La composta de residuos vegetales y la fibra de coco pueden servir como materiales orgánicos alternativos en la producción de plantas de ornato, con costos comparables al del mantillo de bosque (Mishra *et al.*, 1991; Chen *et al.*, 1991; Forster *et al.*, 1993; Tomati *et al.*, 1993; Cambell *et al.*, 1994). La composta se produce mediante un proceso controlado de riego y aireación para acelerar los procesos de degradación de la materia orgánica; la fibra de coco es un material compuesto por celulosa y lignina disponible en México, posee baja conductividad al calor, alta resistencia a las bacterias, alta microporosidad (Vargas *et al.*, 2008) y alta retención de agua (Labey, 1991; Meerow, 1994). No se ha observado la presencia del hongo *Fusarium* que puede actuar como un hongo fitopatógeno (Evans *et al.*, 1996). Existe poca información sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los sustratos (Cambell *et al.*, 1994). La composta es adecuada para usos agrícolas, siempre que sea transformada en sustancias húmicas. Su contenido de ácidos húmicos, fúlvicos y huminas permite conocer el grado de estabilización de la materia orgánica en su composición química; la relación AH/AF también es un indicador del estado de degradación y madurez de una composta (Forster *et al.*, 1993). Otro

indicador de madurez consiste en cuantificar los nutrimentos solubles en agua (Chanyasak *et al.*, 1982; Forster *et al.*, 1987; Saviozzi *et al.*, 1987). Finalmente, las pruebas de fitotoxicidad son necesarias para evaluar la calidad de las compostas y en general de los sustratos orgánicos (Foster *et al.*, 1987).

Los objetivos del presente estudio fueron: 1) determinar las propiedades físicas y químicas del mantillo de bosque (sustrato tradicional); de una composta de residuos vegetales y de la fibra de coco (sustratos alternativos); 2) comparar el crecimiento de *Phlox drummondii* (especie ornamental de rápido crecimiento) cultivada en los tres sustratos y cuatro mezclas; 3) identificar y cuantificar la diversidad de géneros de hongos en los sustratos y 4) evaluar la toxicidad de los lixiviados de los tres sustratos sobre el crecimiento de hongos fitopatógenos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en San Luis Tlaxiátemalco dentro de la zona chinampera de Xochimilco (19° 88 09' y 19° 19' latitud Norte, 99°00' y 99°09' longitud Oeste, 2,240 m de altitud). El clima es C (W1) templado subhúmedo con lluvias en verano, temperatura media anual de 16 °C y precipitación anual de 700.1 mm (INEGI, 2001).

La composta de seis meses fue elaborada por un agricultor cooperante (Jacinto Coaxospa), utilizando pasto *Cynodon dactylon* L. y otras arvenses (50%), estiércol de bovino (30%), plantas acuáticas (*Lemna gibba* L. y *Wolffia* spp) (2%) y suelo del lugar (18%; v/v). El mantillo de bosque fue extraído del bosque de Villa del Carbón (Estado de México) y la fibra de coco molida (secciones < 5 mm de largo) provino del estado de Colima (sin denominación comercial). Se probaron siete sustratos: 1) composta (C); 2) fibra de coco molida (F); 3) mantillo de bosque de encino (1:1 v/v) (MB); y las mezclas de estos sustratos: 4) composta + fibra de coco

(C+F; 1:1, v/v); 5) composta + mantillo de bosque (C+MB; 1:1, v/v); 6) fibra de coco + mantillo de bosque (F+MB; 1:1, v/v) y 7) composta + fibra de coco + mantillo de bosque (C+F+MB; 1:1:1; v/v).

Densidad aparente y propiedades químicas de los sustratos

Una muestra compuesta (100 g) de cada uno de los siete sustratos se secaron a temperatura ambiente y se tamizaron (malla de 15 mm). Se realizaron las siguientes determinaciones: densidad aparente (Blake y Hartge, 1986), pH (medidor de Corning modelo 10, relación 1:5 de sustrato y agua) y conductividad eléctrica (CE; puente estándar de Wheatstone). El nitrógeno total (N_{total}) se obtuvo por el método de Kjeldhal (Bremner, 1965); el fósforo disponible ($P_{\text{disponible}}$) se midió mediante el método Bray I; los cationes solubles Ca^{2+} y Mg^{2+} se cuantificaron con el método del versenato-EDTA mediante absorción atómica; el sodio (Na^+) y el potasio (K^+) se determinaron por flamometría (Corning, modelo 400); la materia orgánica (MO) se midió por el método de Walkey y Black (Nelson y Sommers, 1982); el porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos se realizó de acuerdo al método de Kononova (1961) y también se determinó la cantidad de sales y sodio en el agua de riego del canal de la chinampa del productor (APHA-AWWA-WPCF, 1980)

Crecimiento de *Phlox drummondii* en los sustratos

Se diseñó un experimento en macetas para evaluar el crecimiento vegetal de *Phlox drummondii* Hook en los siete sustratos analizados, bajo condiciones de campo y con una duración de cuatro meses (enero-mayo). Las semillas se sembraron en chapines (sustrato de lodo orgánico) y se transplantaron en bolsas de plástico. En cada bolsa se colocaron dos plantas y se les regó cada tercer día con agua del canal. No se aplica-

ron materiales fertilizantes. El diseño experimental consistió en bloques completos al azar, con siete tratamientos y doce repeticiones. Al final del experimento se obtuvo el peso seco de raíces, tallos, botones y flores. Se realizó el análisis de varianza y la prueba de medias (Tukey, $P < 0.05\%$) y se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 5.

Identificación de géneros de hongos en los sustratos

Los géneros de hongos presentes en los sustratos se identificaron mediante la técnica de siembra directa del sustrato en cuatro puntos equidistantes de placas de agar (SSSA, 1994). Se utilizaron dos medios de cultivo: 1) agar-malta y 2) agar-rosa de Bengala. Los siete tratamientos en dos medios de cultivo generaron 14 tratamientos con tres repeticiones. Las placas se incubaron a 28 °C en oscuridad durante 72 h y se cuantificaron e identificaron las colonias de hongos presentes (Barnett y Hunter, 1972).

Toxicidad de extractos acuosos de los sustratos sobre hongos fitopatógenos

Las especies de hongos fitopatógenos probados para detectar el potencial tóxico de los extractos acuosos de los sustratos fueron: *Alternaria solani*, *Fusarium oxysporum* y *Helminthosporium longirostratum*. Se probó el extracto acuoso de cada sustrato a saturación. El extracto se filtró a través de filtro milipore y se adicionaron 10 ml del extracto a 10 ml de medio de cultivo PDA esterilizado. Al grupo testigo se le adicionó agua destilada estéril. Se utilizó como inóculo un círculo de 0.5 cm de diámetro de una colonia de hongos de 8 días de crecimiento, y se realizaron dos mediciones del crecimiento radial de la colonia (a los 3 y 8 días de sembrados, respectivamente). Las cajas se distribuyeron en un diseño completamente al azar en una estufa a 28°C en oscuridad y se realizó el ANOVA; y

cuando las diferencias entre tratamientos fueron significativas se realizó la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

RESULTADOS

Densidad aparente y propiedades químicas de los sustratos

Densidad aparente (Da)

En el Cuadro 1 se muestran los resultados de Da y las propiedades químicas. La Da de los sustratos varió entre 0.11 y 0.58 g cm⁻³; la fibra de coco presentó el valor más bajo, lo cual coincide con lo reportado por otros autores (Evans *et al.*, 1996; Meerow, 1994). El valor más alto de Da lo presentó la composta (Cuadro 1), con un valor similar a lo reportado por Saralidze y Bakhtadze (1989).

Cuadro 1. Propiedades físicas y químicas de los sustratos orgánicos.

Propiedades	C	F	MB	C+F	C+MB	F+MB	C+F+MB
Densidad aparente (Mg m ⁻³)	0.58	0.11	0.28	0.39	0.45	0.24	0.35
pH	7.49	5.55	6.21	6.75	6.85	5.75	6.61
CE(dS m ⁻¹)	0.83	0.48	0.09	0.67	0.43	0.38	0.43
MO (%)	13.71	35.04	33.67	21.94	15.05	31.61	28.15
C (%)	7.94	19.75	19.53	12.76	8.72	18.33	16.32
N total (%)	0.20	0.51	1.27	0.94	1.05	1.25	1.08
C/N	39.5	38.3	15.3	13.5	8.2	14.6	15
P total (me L ⁻¹)	12.3	10.9	5.4	18.4	14.4	8.0	14.7
Ca (me L ⁻¹)	5.2	1.3	8.3	6.5	6.3	8.1	7.3
Mg (me L ⁻¹)	4.1	0.7	2.8	6	3.8	4.3	4.5

Na (me L ⁻¹)	5.6	1.4	1.1	7.8	4.4	4.6	5.8
K (me L ⁻¹)	1.1	1.8	4	1.6	1.2	1.4	1.2
Ca/Mg	1.26	1.85	2.96	1.08	1.65	1.88	1.62
(Ca+Mg)/K	8.45	1.11	2.77	7.81	8.41	8.85	9.83
RAS	2.59	1.4	0.46	3.12	1.95	1.84	2.38
PSI	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

C (composta), F (fibra de coco), MB (mantillo de bosque).

Propiedades químicas de los sustratos

El pH resultó ácido para la fibra de coco (Cuadro 1). La composta presentó valores de pH moderadamente alcalinos, coincidente con lo reportado por Moreno (1978). La inclusión de fibra de coco en la mezcla con MB (F+MB) resultó en un pH medianamente ácido, mientras que la inclusión de la composta en la mezcla con MB dio un pH neutro (Cuadro 1).

El mantillo de bosque presentó el contenido de fósforo total más bajo (5.4 meq L⁻¹) y el valor más alto se obtuvo con C + F (18.4 meq L⁻¹), seguido por C+F+MB (14.7; Cuadro 1). En cuanto al potasio, el contenido más alto se obtuvo en MB (4.0 meq L⁻¹) y los demás sustratos y mezclas presentaron valores más bajos (1.2 a 1.8 meq L⁻¹). Los contenidos más altos de magnesio se presentaron en C+F (6.0 meq L⁻¹) y los más bajos en F (0.7 meq L⁻¹). El MB presentó valores bajos de magnesio (2.8 meq L⁻¹) con respecto a los demás tratamientos. El sodio se encontró en cantidades muy bajas en MB (1.1 meq L⁻¹) y las concentraciones más altas en C+FC (7.8 meq L⁻¹). El valor más bajo para calcio lo presentó F (1.3 meq L⁻¹) y le siguió C (5.2 meq L⁻¹), el valor mas alto lo presentó MB con 8.3 meq L⁻¹ (Cuadro 1).

Todos los sustratos presentaron alto contenido de materia orgánica. En el Cuadro 1 se observa que el valor más bajo correspondió a C (13.7 %) y el más alto a F (35.0%). El contenido de N_{total} en los diferentes tratamientos varió entre 0.20 y 1.27 % (Cuadro 1); el valor mas bajo se obtuvo en C (0.20%) y F (0.51%). Los valores más altos de concentración

de N se presentaron en MB (1.2 %) y en las mezclas donde se incluyó este sustrato. La relación C/N mostró los índices más altos en C y F (39.5 y 38.3 respectivamente; Cuadro 1).

En cuanto al contenido de ácidos húmicos (Cuadro 2), la mayor cantidad se presentó en la mezcla C+MB (5.15%) y las menores cantidades en F y C (2.78 y 3.43%, respectivamente; Cuadro 2). Los resultados de la composta fueron bajos en relación a los obtenidos en una composta municipal en donde se reportó entre 6.3-14% de ácidos húmicos (Chafetz *et al.*, 1996). Para los ácidos fúlvicos los valores más altos correspondieron a F (12.1%) y los valores más bajos a C (4.34%) y C+MB y C+FC con 4.40 y 4.96%, respectivamente. En cuanto a la relación AH/AF (índice de humificación) fue baja, lo que sugiere que se requiere de mayor tiempo de degradación y control de riego y volteos en el proceso de composteo.

Cuadro 2. Contenido de ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y la relación AH/AF en diferentes sustratos orgánicos.

Sustrato	AH (% CO)	AF (% CO)	AH / AF
C	3.43	4.34	0.79
F	2.78	12.11	0.22
MB	4.91	7.38	0.66
C + F	4.91	4.96	0.98
C + MB	5.15	4.40	1.17
F + MB	4.79	8.97	0.53
C + F + MB	4.66	7.32	0.63

C (composta), F (fibra de coco), MB (mantillo de bosque), CO (Carbono Orgánico)

Calidad del agua de riego

La calidad del agua para riego se clasificó como C3 S1, es decir, alta en sales y un bajo contenido de sodio, de acuerdo con los análisis químicos del agua del canal cercano al sitio en estudio (datos no tabuados). Esta caracte-

rística repercute de manera desfavorable en cuanto a la adición de sales al medio, especialmente para el crecimiento de plantas sensibles a este factor. Este dato coincide con los resultados reportados por otros autores para Xochimilco (Bojorquez y Villa, 1995; Ramos *et al.*, 2001).

Crecimiento de *Phlox drummondii* en los sustratos

En el Cuadro 3 se presentan los resultados de los pesos secos de los diferentes componentes morfológicos de *Phlox drummondii* creciendo bajo diferentes sustratos. Las plantas en los siete tratamientos no mostraron diferencias significativas en peso del tallo y de botones al final del experimento. El peso seco de raíz y de flores si mostraron diferencias significativas (Cuadro 3). Las plántulas que fueron sembradas en los tratamientos de C y F murieron. Los valores más altos de peso seco de flores se encontraron para las mezclas C+F y F+MB (Cuadro 3) y fueron diferentes ($P<0.05$) con respecto al sustrato de MB. El crecimiento de raíces se vio favorecido por el sustrato de C+F (Cuadro 3).

Cuadro 3. Peso seco (g) promedio de los componentes de *Phlox drummondii* bajo el efecto de diferentes sustratos.

	Raíz	Tallo (g)	Botones (g)	Flores (g)
C	-	-	-	-
F	-	-	-	-
MB	0.48 ab	1.10 a	0.09 a	0.04 b
C+F	1.10 a	1.39 a	0.08 a	0.13 a
C+MB	0.75 b	1.40 a	0.08 a	0.09 ab
F+MB	0.13 c	1.03 a	0.08 a	0.11 a
C+F+MB	0.35 bc	1.09 a	0.10 a	0.08 ab

C (composta), F (fibra de coco), MB (mantillo de bosque).

Valores dentro de una misma columna seguidos de letra diferente son significativamente distintos ($P<0.05$).

Identificación de hongos en los sustratos

En el Cuadro 4 se observa que los géneros más comunes en los diferentes tratamientos fueron *Aspergillus*, *Mucor*, *Rhizopus* y *Verticillium*. *Fusarium* y *Verticillium* son dos géneros potencialmente fitopatógenos y pueden permanecer en el suelo por largos periodos de tiempo bajo condiciones adversas (Alexopoulos, 1980). Los géneros y el número de colonias por placa se ordenaron así: *Aspergillus* (21), *Mucor* (10), *Trichoderma* (9) y *Fusarium* (8). En menor frecuencia se identificaron: *Verticillium* y *Rhizopus* (ambos con 6 colonias). De manera esporádica se encontraron: *Alternaria*, *Basipetospora*, *Gliocladium*, *Syncephalastrum*, *Paecilomyces*, *Torula* y levaduras. El mayor número de géneros de hongos se encontró en MB y el menor número en el tratamiento de F+C.

Cuadro 4. Colonias de hongos y géneros presentes en diferentes sustratos orgánicos y dos medios de cultivo: Malta agar (M) y Rosa de Bengala agar (RB).

	C M/RB	F M/RB	MB M/RB	C+F M/RB	C+MBM/ RB	F+MBM/ RB	C+F+MB M/RB	TOTALM/ RB
<i>Alternaria</i>						1		1..... 0
<i>Aspergillus</i>	1 1	2 3	1		1 1	2 3	3 3	10 11
<i>Basipetospora</i>					1			1 0
<i>Cunningamella</i>				1 1				1 1
<i>Fusarium</i>	2 1		1 2		0 1	1		3 5
<i>Geotrichum</i>							1	1
<i>Levaduras</i>	1		1		1			3
<i>Mucor</i>			1 1	1 1		2 1	3	7 2
<i>Paecilomyces</i>					0 1			0 1
<i>Penicillium</i>			1					1 0
<i>Rhizopus</i>			3 0			1 2		4 2
<i>Syncephalastrum</i>		1 0	1 0					2 0
<i>Trichoderma</i>	1 3	2	2					3 5
<i>Verticillium</i>	1	1	2			1	1	3 3
TOTAL	5 6	6 3	9 7	2 2	3 4	7 8	8 3	40 33

C (composta), F (fibra de coco), MB (mantillo de bosque).

Toxicidad del extracto acuoso de los sustratos sobre hongos fitopatógenos

El crecimiento micelial de las tres especies de hongos fitopatógenos mostró una fuerte inhibición bajo el efecto de los extractos acuosos de F, tanto en la primera medición como en la segunda (Cuadro 5). En el caso del crecimiento micelial de *A. solani* se presentó una alta estimulación de su crecimiento bajo el efecto de los extractos acuosos de C, con respecto al testigo (103.7%; Cuadro 5). *Helminthosporium longirostratum* fue el hongo más fuertemente inhibido por F y MB. En los tratamientos de fibra de coco y sus mezclas sólo se presentó una vez *Fusarium*.

Cuadro 5. Porcentaje de inhibición (-) o estimulación (+) de los extractos acuosos de sustratos orgánicos sobre el crecimiento micelial de tres especies de hongos fitopatógenos con respecto al grupo testigo.

Especies de Hongos Fitopatógenos	Crecimiento Micelial % (3 días)			Crecimiento Micelial % (8 días)		
	C	FC	MB	C	FC	MB
Alternaria solani	+48.0*	-37.6*	-19.1	+ 103.8*	-39.9*	+ 3.3
Fusarium oxysporium	+17.0	-36.5*	-11.7	-3.0	-53.3*	-0.4
Helminthosporium longirostratum	+14.6*	-67.7*	-62.7*	+ 8.6	-78.7*	-62.6*

C (composta), F (fibra de coco), MB (mantillo de bosque).

* P < 0.05.

DISCUSIÓN

Los resultados de caracterización de las propiedades químicas de los sustratos indicaron un elevado contenido de MO en la fibra de coco, lo cual se debe a que posee un alto porcentaje de lignina (65-70%) y celulosa (20-30%) (Savithri y Khan, 1994). Sin embargo los resultados indicaron bajos contenidos de P, Ca²⁺ y Mg²⁺ lo que indica el bajo potencial nutricional de la fibra de coco sola.

Se encontró un alto contenido de N_{total} en el mantillo de bosque (1.2% vs 0.20 de la composta), lo cual indica que posee un buen potencial como material fertilizante, y por eso es ampliamente utilizado en los sistemas de viverismo de Xochimilco y otras regiones productoras. El bajo contenido de N_{total} en la composta se explica por el bajo contenido de N en los materiales empleados en el compostaje, además de que una proporción del N se pierde por volatilización y lixiviación durante el proceso de composteo. Los valores de la relación C/N para la composta y la fibra de coco superaron el valor de 30, lo cual, de acuerdo a la literatura (Zucconi *et al.*, 1987), los vuelve inadecuados como sustratos debido al reducido aporte de nutrimentos a la planta. En cambio, las mezclas de C+MB y F+MB presentaron una relación C/N intermedia, considerada como óptima en cuanto a la utilización de componentes minerales disponibles para las plantas. En general, la inclusión de MB en las mezclas fue un factor de mejoramiento de las propiedades químicas, analizadas en el presente trabajo.

De acuerdo con estándares de nutrimentos en el suelo, Ca²⁺ se encontró en concentraciones medias para C + MB y bajo para F (Etchevers *et al.*, 1971). Todas las mezclas presentaron concentraciones medias de este elemento. La relación Ca/Mg cercana a 1 indica deficiencias de Ca²⁺, como ocurrió con F. La composta y la fibra de coco mostraron contenidos de K²⁺ aceptables respecto a valores reportados para suelos (Etchevers *et al.*, 1971). En MB esta variable mostró valores bajos. La composta mostró contenidos superiores de Mg²⁺ a la fibra de coco. El alto contenido de sodio en la fibra de coco proveniente de la zona costera de Colima puede

deberse a la influencia del agua de mar, mientras que en la composta la salinidad puede ser aportada por las plantas acuáticas, el agua del canal, el suelo de la chinampa y el estiércol aplicado a la composta (Ramos *et al.*, 2001).

El contenido de ácidos húmicos fue otra variable que tuvo un mejor comportamiento en las mezclas respecto a los contenidos en la composta y fibra de coco solas. El valor más alto lo presentó la C+MB (1.17), lo que correspondería a un humus de tipo mull con mayor madurez (Stevenson, 1982). Los valores más bajos fueron para la fibra de coco (0.22%), este valor correspondería a un humus tipo mor. Es importante resaltar los valores obtenidos en las mezclas, especialmente la de C+F en donde la relación de ambos ácidos es cercana a la unidad, lo que indica humus tipo moder, con un mayor grado de madurez que el tipo mor (Stevenson, 1982).

Los resultados del análisis nutrimental, y el hecho de que las plántulas de *Phlox drummondii* no pudieron sobrevivir en las macetas con composta y fibra de coco solas, indican que ambos sustratos por sí solos no son medios adecuados para el crecimiento de esta especie. López-Marín *et al.* (2008) reportaron que el polvo de fibra de coco enriquecido con un fertilizante de lenta liberación (20-10-20, N, P y K) sirvió para que plantas de clavel crecieran en forma sana en macetas con sustrato 100% fibra de coco. La fitotoxicidad en la composta se pudo deber a un efecto del contenido de sales (Cuadro 1), presencia de metales pesados (acumulados por las plantas utilizadas para hacer la composta) y otros factores (Warman, 1999; Wu *et al.*, 2000). Bautista *et al.* (2008) encontraron altos contenidos de sales en cuatro muestras de fibra de coco proveniente del estado de Colima; el índice de germinación de semillas de lechuga mejoró cuando la fibra de coco fue previamente lavada con agua.

La mezcla C+F favoreció la producción de biomasa de las raíces debido al aporte de nutrimentos de la composta, y a que la fibra de coco al mezclarse con otros materiales mejora las condiciones físicas del sustrato; reduce la densidad aparente, incrementa el espacio entre los

poros y, probablemente, aumenta la capacidad de absorción del agua (Saravanan y Baskar, 1997; López Marín *et al*, 2008; Vargas *et al.*, 2008).

Las mezclas de C y F con el mantillo de bosque presentaron las relaciones de C/N más adecuadas, con un rango de 8.2 a 15.3, sus valores de pH fueron de neutros a medianamente ácidos. El pH ligeramente ácido de la fibra de coco coincide con lo reportado por Vargas *et al.* (2008). La composta presentó valores de pH moderadamente alcalinos que ya han sido reportados por otros autores (Moreno, 1978). La inclusión de fibra de coco en la mezcla con MB (MB+F) resultó en un pH medianamente ácido, mientras que la mezcla de la composta con MB dio un pH neutro (Cuadro 1).

El contenido de ácidos húmicos de las mezclas de C y F con MB fue más alto respecto a esos sustratos orgánicos solos, reflejando mejores condiciones de madurez de los sustratos, lo cual se tradujo en una mayor biomasa seca de los diferentes componentes de *Phlox drummondii*. En conjunto, los resultados aquí reportados coinciden con lo publicado para otras mezclas de sustratos que resultaron en enriquecimiento nutricional y, probablemente, en una mayor capacidad de autorregulación de las poblaciones potencialmente fitopatógenas (Bautista *et al.*, 2008). Por ejemplo, Chen *et al.* (1991) al mezclar la composta proveniente de estiércol y residuos de uva con ceniza volcánica obtuvo los valores más altos de peso seco en plántulas de clavel, en tanto que, en la composta sola al presentar valores elevados de CE (18.98 dS m⁻¹) y cationes solubles impidieron el desarrollo de esta planta. Los géneros de hongos encontrados en los sustratos (*Aspergillus*, *Mucor*, *Rhizopus* y *Verticillium*) normalmente participan en la formación de sustancias húmicas a partir de la materia orgánica de los sustratos (Alexander, 1980).

En cuanto a *Fusarium*, Evans *et al.* (1996) analizaron el posible efecto inhibitorio de la fibra de coco en el crecimiento de ese género. Sugirieron que la presencia de otros microorganismos en la fibra de coco podría actuar como supresores del hongo (Calistru *et al*, 1997). Para el caso de la inhibición del crecimiento de hongos causada por la composta, la presencia

de sustancias inhibitoras como sales, metales pesados, amonio, bióxido de carbono podrían explicar dicha inhibición (Epstein, 1997; Wu *et al.*, 2000). La presencia de *Trichoderma* reportada en tres sustratos (Cuadro 4) es importante ya que este hongo ha sido reportado como antagonista y puede actuar en el control de hongos fitopatógenos como los del género *Fusarium* (Calistru *et al.*, 1997). El tema de efecto supresor de microorganismos presentes en los sustratos orgánicos, respecto a hongos potencialmente fitopatógenos, requiere de un estudio específico de mayor profundidad y amplitud al realizado en este trabajo. Dicho estudio debe incluir como sustrato al lodo orgánico de los canales usado para hacer los chapines, ya que debido a la diversidad de aportes orgánicos y de la microbiota, dicho lodo está considerado como un ejemplo de sistema complejo con capacidad de autorregulación, protegiendo las raíces, y en general, a las plantas de daños por hongos y bacterias (Bautista *et al.*, 2008).

CONCLUSIONES

Las propiedades químicas de la composta y la fibra de coco mejoraron cuando se mezclaron con mantillo de bosque, particularmente en CE, relación C/N y contenido de N_{total} , Ca^{2+} y Mg^{2+} . Por su parte, el mantillo de bosque presentó los valores más altos de N_{total} , K^+ , Ca^{++} . El crecimiento de *Phlox drummondii* medido por el peso seco de las plantas y número de flores a la cosecha se obtuvieron con las mezclas de los sustratos. La composta y la fibra de coco solas no fueron sustratos adecuados para el crecimiento de la especie vegetal. El mantillo de bosque presentó la mayor diversidad de géneros de hongos. El extracto acuoso de fibra de coco resultó inhibitorio del crecimiento micelial de los hongos potencialmente fitopatógenos *F. oxysporium* y *H. longirostratum*. Los resultados indican que las mezclas de composta y fibra de coco con mantillo de bosque son una alternativa para reducir los volúmenes de mantillo de bosque utilizados en la producción de plantas ornamentales en Xochimilco.

BIBLIOGRAFÍA

- Alexander, M., 1980, "Biodegradation of chemicals of environmental concern", en *Science* 211: 132-138.
- Alexopoulos, C., 1980, *Introducción a la Microbiología del Suelo*, Editorial Universitaria de Buenos Aires, Argentina.
- Ansorena, J., 1994, *Sustratos. Propiedades y caracterización*, Ediciones Mundi-Prensa, México.
- APHA, AWWA, WPCF, 1985, *Standard methods for the examination of water and Wastewater*, 16 ed., Washington, EUA.
- Barnett, H. y B. Hunter, 1972, *Illustrated genera of imperfect fungi*, Burgess Publishing Company, Minneapolis.
- Bautista, J. et al., 2008, "Inducción de supresividad a fitopatógenos del suelo. Un enfoque holístico al control biológico", en *Interciencia* 33(2): 92-106.
- Blake, R. y K. Hartge, 1986, "Bulk Density", en Klute, A. (ed.), *Methods of Soil Analysis, Part I. Physical and Mineralogical Methods: Agronomy Monograph Núm. 9*, Madison, Wisconsin.
- Bojórquez, L. y R. Villa, 1995, "El ecosistema lacustre. Xochimilco y el deterioro de las chinampas", en Rojas, T. (coord.), *Presente, pasado y futuro de las chinampas*, CIESS y Patronato del Parque Ecológico Xochimilco, México.
- Bremner, M., 1965, "Total nitrogen", en Black, C. (ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 2. Agronomy*, vol. 9, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
- Calistru, C. et al., 1997, "In vitro studies on the potential for biological control of *Aspergillus flavus* and *Fusarium moniliforme* by *Trichoderma* species", en *Mycopathologia* 137: 115-124.
- Cambell, G. et al., 1994, "Amended and composted log yard fines as a growth medium for crimson clover and red top grass", en *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 25: 2439-2454.
- Canabal, B., 1990, *Rescate de Xochimilco*, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México.

- Canabal, B. *et al.*, 1992, *La Ciudad y sus chinampas*, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México.
- Chanyasak, V. *et al.*, 1982, "Changes of chemical components and nitrogen transformation in water extracts during composting of garbage", en *J. Ferment. Technol* 60: 439-446.
- Chefetz, B. *et al.*, 1996, "Municipal solid waste composting: chemical and biological analysis of the process", en De Bertoldi M. *et al.* (eds.), *The Science of Composting*, Blackie Academic & Professional, Glasgow.
- Chen, Y. *et al.*, 1991, "The use of bottom coal cinder amended with compost as a container medium in horticulture", en *Acta Horticulturae* 294: 173-181.
- Etchevers, J. *et al.*, 1971, *Manual de fertilidad*, 2a Ed., Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, Chillan, Chile.
- Evans, R. *et al.*, 1996, "Sources variation in physical and chemical properties of coconut coir dust", en *Hortscience* 31: 965-967.
- Foster, J. *et al.*, 1993, "Comparison of chemical and microbiological methods for the characterization of maturity of composts from contrasting sources", en *Biology and Fertility of Soils* 16(2): 93-98.
- INEGI, 2001, *Cuaderno estadístico delegacional. Xochimilco, Distrito Federal*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática y Gobierno del Distrito Federal, México.
- Kononova, M., 1961, *Soil Organic Matter*, Pergamon Press, Londres.
- Labey, B., 1991, "Coir achieves peat performance", *Hort. Week* 24: 15.
- López, J. *et al.*, 2008, Utilización en la fibra de coco como sustrato alternativo a las turbas en cultivo de clavel para maceta, VIII Congreso Sociedad Española de Agricultura Ecológica, en www.agroecologia.net/congresos/seae/bullas08/actasbullas/seabullas/verd/posters/9%20P.%20FER/13.pdf.
- Meerow, W., 1994, "Growth of two tropical foliage plants using coir dust as a container media amendment", en *Hortscience* 29: 1484-1486.
- Mishra, M. *et al.*, 1991, "Sustainable Agriculture: the rule of integrated nutrient management—a review. Intern", en *J. Trop. Agric.* vol. IX: 153-173.

- Moreno, R., 1978, *Clasificación de pH del suelo, contenido de sales y nutrimentos asimilables*, INIASARH, México, D. F.
- Nelson, W. y E. Sommers, 1982, "Total carbon, organic carbon, and organic matter", en Page, A.L. (ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties: Agron, Monograph* Núm. 9, 2a. ed., ASSA and SSSA, Madison, Wisconsin.
- Ramos, R. *et al.*, 2001, "Metales pesados, sales y sodio en suelos de chinampa en México", en *Agrociencia* 35: 385-395.
- Saralidze, S. y D. Bakhtadze, 1989, "Optimization of physical properties of substrate in transitional rotation", en *Soviet Agricultural Science* 5: 26-29.
- Saravanan, A. y M. Baskar, 1997, "Changes in the properties of the potting medium and yield of vegetable cowpea as influenced by coir pith and methods of fertilizer application", en *Madras Agricultural Journal* 84: 471-475.
- Saviozzi, A. *et al.*, 1987, "Maturity evaluation of organic waste", en *Biocycle* 29: 54-56.
- Savithri, P. y H. Khan, 1994, "Characteristics of coconut coir pith and its utilization in agriculture", en *Journal of Plantation-Crops* 22 (1): 1-18.
- SSSA, 1994, *Methods of soil analysis. Part 2 Microbiological and biochemical properties*, Soil Science Society of America, INC, Wisconsin, EUA.
- Stevenson, J., 1982, *Humus chemistry*, Wiley & Sons, Nueva York.
- Tomati, U. *et al.*, 1993, "Compost in floriculture", en *Acta Horticulturae*. 342:175-181.
- Vargas, P. *et al.*, 2008, "Caracterización física, química y biológica de sustratos de polvo de coco", en *Revista Fitotecnia Mexicana* 31 (4): 375-381.
- Warman, R., 1999, "Evaluation of seed germination and growth tests for assessing compost maturity", en *Compost Science & Utilization* 7 (3):33-37.
- Wu, L. *et al.*, 2000, "Method comparison for evaluating biosolids compost. J. Environ", en *Qual* 29:424-429.
- Zucconi, F. *et al.*, 1987, "Biological evaluation of compost maturity", en *Bio Cycle* 22:27-29.

Estudio sobre el requerimiento interno de nitrógeno en lechuga (*Lactuca sativa*)

Antonio Flores Macías,¹ Rafael A. Miranda Franco, Arturo Galvis Spínola, Marcela T. Hernández Mendoza, Guadalupe Ramos Espinoza

Resumen. *La cantidad de nutrimento demandado por un cultivo está en función de la producción de biomasa y su requerimiento interno (RI), entendido éste como la concentración óptima del nutrimento en la biomasa aérea total en el momento de la cosecha. El objetivo de esta investigación fue determinar el requerimiento interno de nitrógeno en el cultivo de lechuga. Para lograr ello, se realizó un experimento bajo condiciones de invernadero. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, en el que bajo condiciones semihidropónicas se evaluaron cuatro concentraciones de nitrógeno (5, 10, 15 y 20 meq L⁻¹), cada una con 20 repeticiones. Se realizaron cuatro muestreos con intervalos de 15 días, en los que se midieron las variables dependientes: peso fresco de la biomasa aérea (Pf), materia seca de la biomasa aérea (Ms), área foliar (Af), concentración porcentual de nitrógeno (N%) y contenido de nitratos (Nit) en tejido vegetal. Para todas las variables se observó una tendencia positiva con la concentración de nitrógeno de la solución. Para las variables Pf, Ms, Af se observó una diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$) entre los tratamientos de 5 y 20 meq L⁻¹. Ésta no se presentó entre los tratamientos de 10, 15 y 20 meq L⁻¹. Los datos muestran una tendencia positiva entre la concentración de nitró-*

¹ Laboratorio de Fisiología y Tecnología de Cultivos, Departamento de Producción Agrícola y Animal, División de CBS, e-mail: floresuam@prodigy.net.mx.

geno en la solución y la cantidad de N% y presencia de nitratos en tejido. En ninguna de las concentraciones estudiadas se presentó acumulación de nitratos que superaran los límites establecidos por la Comisión Europea. El valor de requerimiento interno de nitrógeno fue de 113 kg de N ha⁻¹, determinado a partir de la concentración de 15 meq L⁻¹.

Palabras clave: Demanda nutrimental del cultivo, requerimiento interno de nitrógeno, acumulación de nitratos, nitrógeno total en tejido.

Abstract. The amount of nutrients demanded by a crop is based on the production of biomass and the internal requirement (IR). This is the optimal concentration of the nutrient in total aerial biomass at the moment of the harvest. The aim of this research was to determine the internal nitrogen requirement in a lettuce crop. In order to obtain it, an experiment was carried out under greenhouse conditions.

A complete randomized design was adopted, in which four nitrogen concentrations (5, 10, 15 and 20 meq L⁻¹), were evaluated under semi-hidroponic conditions each one with 20 replicates. Samples were taken four times each 15 days to determine the dependent variables fresh weight (Pf), dry matter of the aerial biomass (Ms), leaf area (Af), percentage of nitrogen (N%) and nitrates (Nit) in vegetable tissue. For all the variables a positive tendency with nitrogen concentration of the solution was observed. For the Pf, Ms and Af variables a statistical difference was observed between the treatments 5 and 20 meq L⁻¹, but not between 10, 15 and 20 meq L⁻¹. The data showed a positive tendency between the nitrogen concentration in the solution and N% and nitrate presence in vegetable tissue. Accumulations of nitrates in vegetable tissue didn't overcome limits established by the European Commission. The value of internal nitrogen requirement was of 113 kg of N ha⁻¹, determined from the concentration of 15 meq L⁻¹.

keywords: crop nutrient demand, internal nitrogen requirement, nitrates accumulation, total nitrogen in vegetable tissue.

Résumé. *La quantité de nutriments nécessaire pour une culture dépend de la production de biomasse et de ses besoins internes (RI en espagnol). Ces derniers se réfèrent à la concentration optimum de nutriments dans la biomasse aérienne totale au moment de la récolte. L'objectif de cette recherche est de déterminer la nécessité interne d'azote pour la culture de salade. Pour l'atteindre, il a été réalisé une expérimentation en conditions de serre. La conception expérimentale a été réalisée complètement au hasard. Quatre concentrations d'azote (5, 10, 15 et 20 meq L⁻¹) ont été évaluées sous conditions semihidroponiques, chacune avec 20 répétitions. Quatre échantillonnages ont été réalisés à quinze jours d'intervalle, chacun pour mesurer les variables dépendantes poids frais de biomasse aérienne (Pf), matière sèche de la biomasse aérienne (Ms), aire foliaire (Af), concentration en pourcentage d'azote (N%) et contenu en nitrate (Nit) du tissu végétal. Pour toutes les variables, il a été observé une tendance positive de la concentration en azote de la solution. Pour les variables Pf, Ms, Af, il a été observé une différence hautement significative ($P \leq 0.01$) entre les traitements de 5 et 20 meq L⁻¹. Celle-ci ne s'est pas présentée entre les traitements de 10, 15 et 20 meq L⁻¹. Les données montrent une tendance positive entre la concentration d'azote dans la solution et la quantité de N% et la présence de nitrates dans le tissu. Aucune des concentrations étudiées n'a montré une accumulation de nitrates au-dessus des limites établies par la Commission Européenne. La valeur des nécessités internes d'azote a été de 113 kg de N ha⁻¹, déterminée à partir de la concentration de 15 meq L⁻¹.*

Mots-Clés: *Demande en nutriment d'une culture, nécessité interne d'azote, accumulation de nitrate, azote total du tissu.*

INTRODUCCIÓN

El nitrógeno es el nutriente mayormente absorbido por la planta y el que en mayores volúmenes es aplicado en la agricultura, la aplicación de dosis en función de la Demanda Nutricional del Cultivo (DNC) ayu-

da a evitar problemas de contaminación y de acumulación de nitratos en los tejidos vegetales. Escobar-Gutierrez *et al.* (2002) señalaron que la acumulación de altos contenidos de nitratos en tejido vegetal son resultado del crecimiento de cultivos bajo condiciones de baja iluminación y altos niveles de fertilización nitrogenada. Esta acumulación tiene un efecto negativo cuando los vegetales son consumidos por el humano ya que causa la enfermedad llamada *metahemoglobinemia adquirida*, y llega a producir compuestos causantes de cáncer (Gangolli *et al.*, 1994; Watson y Muffi, 1996).

La DNC es definida como la cantidad de nutrimento que requiere para satisfacer sus funciones metabólicas durante su ciclo de crecimiento y desarrollo. La DNC se calcula con base en la meta de rendimiento y el valor del requerimiento interno (RI) del nutrimento en cuestión (Rodríguez, 1990). El RI se refiere a la concentración nutrimental óptima de la biomasa aérea total en el momento de la cosecha (Greenwood *et al.*, 1980). Para determinar el valor del RI se pueden estudiar el crecimiento de un cultivo sometido a dosis crecientes del nutrimento de interés. Este tipo de trabajo se facilita cuando el cultivo es desarrollado en un medio semi-hidropónico, en el que las concentraciones de los nutrimentos pueden ser aplicados en cantidades exactas utilizando fertilizantes solubles que se aplican disueltos en el agua.

Con el dato de RI e índice de cosecha (IC) se puede estimar la DNC. El índice de cosecha representa un valor que permite calcular la biomasa aérea total a partir del dato del rendimiento para un determinado sistema de producción (Rodríguez y Galvis, 1989). Este enfoque se sustenta en el balance entre la DNC y el suministro de nutrimento, de tal manera que, cuando la demanda es mayor que el suministro, se producirá un déficit del nutrimento que es necesario suplir con fertilización. Cuando ocurre lo contrario, habrá un exceso de nitrógeno en planta y en suelo que ocasiona acumulación de nitratos en tejido vegetal y contaminación al medio.

El nitrógeno en el cultivo de lechuga

Welch *et al.* (1983) experimentaron con lechuga la eficiencia de uso del fertilizante nitrogenado usando diferentes fuentes y concluyeron que la eficiencia disminuyó cuando se aumentó el porcentaje de N aplicado.

Tei *et al.* (1999) evaluaron la respuesta del crecimiento, absorción de nitrógeno y rendimiento en dos cultivares de lechuga (Canasta y Audran) con diferentes niveles de fertilizantes nitrogenados. En todos los experimentos, el suministro mayor de N aumentó el crecimiento del cultivo, absorción de N y el rendimiento. En la lechuga el máximo rendimiento de peso seco se alcanzó con 158 kg N ha⁻¹ en Canasta y 167 kg N ha⁻¹ en Audran. En estas proporciones de N, la absorción estimada estaba en 136 kg ha⁻¹ en Canasta y 121 kg ha⁻¹ en Audran. Los mismos investigadores estudiaron proporciones diferentes de fertilizantes nitrogenados (0, 50, 100 y 200 kg N ha⁻¹, aplicado al boleado al trasplantar), encontrando que sobre la base de la materia seca, la proporción de crecimiento relativo no se relacionó estrictamente con la concentración de N; mientras que en la base de peso fresco había una relación lineal del cultivar específico. Esto era debido al efecto de acumulación de nitrato que tiene un efecto osmótico en volumen de agua de planta.

Según Thompson y Doerge (1996), la absorción de N por el cultivo de lechuga se incrementó en forma positiva con la cantidad de N aplicado, pero la eficiencia del N disminuyó al incrementar la cantidad de N. Sin embargo, Galbiattia *et al.* (2007) encontraron que la concentración de nitratos en tejido fue más influenciada por el tipo de fuente nitrogenada que por el contenido de nitrógeno de la misma. Se ha indicado que el contenido máximo de nitratos permitidos, tanto para lechuga cultivada en invernadero como al aire libre en diferentes épocas del año, no debe tener un valor mayor de 2000 mg kg⁻¹ (DOCE, 2002). Los países miembros del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) no cuentan con información precisa sobre el contenido de nitratos en hortalizas (Levy *et al.*, 2005).

Con base en lo antes expuesto, esta investigación tuvo como objetivo determinar el requerimiento interno de nitrógeno del cultivo de lechuga, su relación con el rendimiento, y estudiar la relación entre el nitrógeno aplicado en la solución y la acumulación de nitratos en tejido. La información obtenida permitirá ayudar a definir dosis de nitrógeno que respondan a la demanda real del cultivo de lechuga.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció bajo condiciones de invernadero, en donde el factor evaluado fue nitrógeno con cuatro niveles (5, 10, 15 y 20 meq L⁻¹) en un diseño de bloques completamente al azar con mediciones repetidas en el tiempo. Cada nivel se consideró como tratamiento e incluyó 20 repeticiones.

Las concentraciones nutrimentales fueron establecidas con base en la solución nutritiva de Steiner (1961), modificando su concentración para cada uno de los cuatro niveles de nitrógeno. Las soluciones fueron preparadas con sales grado reactivo, y aciduladas con H₂SO₄ 1N, para alcanzar un pH de 5.5 en la solución nutritiva. Para la fertilización se emplearon como fuentes: nitrato de calcio, nitrato de potasio, fosfato monoamónico, fosfato monopotásico, sulfato de magnesio y sulfato de potasio, así como una solución madre de micro-elementos y fierro en forma de quelatos. La aplicación de la solución se realizó mediante un sistema automatizado de riego por goteo (2 L h⁻¹). Durante los primeros treinta días posteriores al trasplante se aplicaron 200 ml planta⁻¹ día⁻¹ de solución y posteriormente 350 ml planta⁻¹ hasta la cosecha.

Las plántulas de lechuga (variedad Coolguard MI -Seminis-) fueron establecidas en bolsas de polietileno negro calibre 700 con capacidad de 15 L, y como sustrato se usó escoria volcánica basáltica roja (tezontle rojo) con una granulometría de 0.5 a 1.5 cm, previamente desinfectado con solución de hipoclorito de sodio al 1 por ciento.

Los muestreos se realizaron en cuatro ocasiones a intervalos de 15 días, en los que se cosecho la planta entera y se cuantificó el área foliar, mediante el equipo Li-Cor Li -3100 Area Meter Modelo 3100, el peso fresco y seco de la biomasa aérea y el porcentaje de humedad. También se determinó la concentración de nitrógeno en tejido vegetal mediante el método Micro-Kjeldahl (Bremer, 1965); la concentración de nitratos, mediante el método nitración del ácido salicílico, con lectura de la absorbancia. Con los datos de materia seca y el porcentaje de nitrógeno se determinó la absorción de nitrógeno. El requerimiento interno de nitrógeno se obtuvo mediante regresiones simples, en donde se relacionó la materia seca con la extracción de nitrógeno de la lechuga.

Los datos que se obtuvieron se sometieron a un análisis de varianza, comparación de medias y regresión lineal simple (SAS, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($P \leq 0.01$) para las variables biomasa aérea seca (B_s), peso fresco (P_f) y área foliar (A_f) cuantificadas al final del experimento (cuarto muestreo). El tratamiento con 5 meq mostró los menores valores en las tres variables; sin embargo, sólo existió diferencia estadística de este tratamiento con respecto al tratamiento de 20 meq L^{-1} (Cuadro 1). Los tratamientos de 10, 15 y 20 meq L^{-1} no mostraron diferencia estadística ($P \leq 0.01$) para las variables B_s y A_f , no siendo así para los valores de P_f . Sólo esta última concentración promovió un mayor crecimiento del A_f al ser comparada con la concentración más baja (5 meq L^{-1}). Para las variables BS, PF y AF no hubo diferencia significativa entre los primeros tres tratamientos (5, 10 y 15 meq $100g^{-1}$).

Cuadro 1. Efecto de la concentración de N en la solución nutritiva (Cn) sobre parámetros del crecimiento de lechuga cultivada en semi-hidroponía.

Cn	Biomasa aérea Seca (B _s)		Peso Fresco (P _f)	Área Foliar (A _f)
	g pl ⁻¹	kg ha ⁻¹	g pl ⁻¹	cm ² pl ⁻¹
5	22.15 b	1477b	482.6 b	6166 b
10	30.63 ab	2042ab	781.5 b	10697 ab
15	40.30 ab	2687ab	964.0 ab	9114 ab
20	46.40 a	3093 ^a	1005.1 a	12364 a

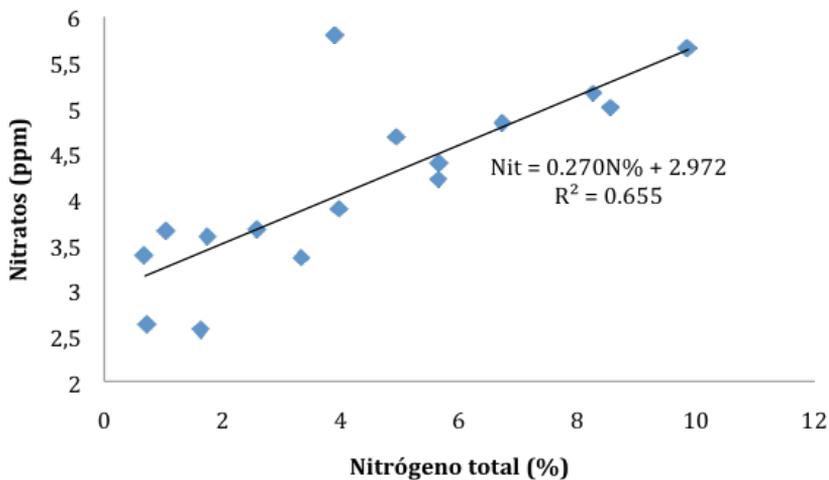
Cifras con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey \leq 0.01).

La parte vegetal de la lechuga que es consumida comercialmente son las hojas, por lo que con base en los resultados de área foliar (Cuadro 1) se puede inferir que la utilización de una solución en concentraciones superiores a 10 meq L⁻¹ estaría considerada como la zona de consumo de lujo. Nelson (1998) señala que en esta zona el suministro de nitrógeno supera el requerimiento del cultivo y las plantas acumulan el nitrógeno, que podrá ser utilizado por ella. En esta zona las plantas pueden acumular nitratos sin inconvenientes, pero pueden sufrir problemas de toxicidad cuando acumulan altas dosis de amonio. Esto puede apreciarse en la Figura 1, el experimento en donde una mayor cantidad de nitratos está asociada ($R^2= 0.655$, $p < 0.001$) a un mayor porcentaje de nitrógeno en tejido. Zhaohui y Shengxiu (2004) encontraron coeficientes de correlación que oscilaron entre 0.45 y 0.96, lo que reportaron como indicador de que la adición de fertilizantes nitrogenados fue la causa principal de la acumulación de nitratos en los vegetales experimentados (col, espinaca, colza repollo verde). Sin embargo, la acumulación de nitratos no rebasó

los límites estipulados por el *Diario Oficial de las Comunidades Europeas* (DOCE, 2002).

En el experimento no se presentó un efecto de toxicidad como resultado de la aplicación de un 50% (15 meq L⁻¹) y un 100% (20 meq L⁻¹) de nitrógeno por arriba de lo recomendado en la fórmula de Steiner, lo cual es un indicador de la capacidad de absorción que presenta el cultivo de lechuga sin manifestar sintomatología aparente.

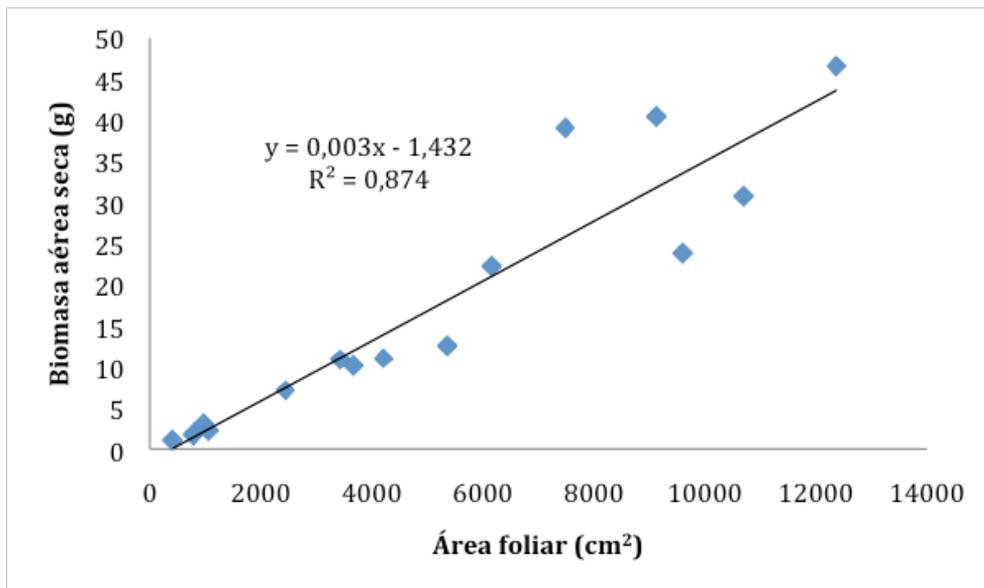
Figura 1. Relación entre el incremento en el porcentaje de nitrógeno total y la acumulación de nitratos en tejido.



Los datos experimentales muestran una fuerte correlación ($R^2 = 0.874$) entre el área foliar y la acumulación de materia seca (Figura 2). La tendencia positiva del A_f a los incrementos en la concentración de nitrógeno está reflejada en una mayor acumulación de materia seca. Jones (1992) señala que una de las principales funciones de las hojas de las plantas es interceptar la radiación solar necesaria para poder llevar a

cabo la fotosíntesis, por lo que una mayor área foliar permite una máxima absorción de la radiación solar para así lograr el máximo desarrollo fisiológico.

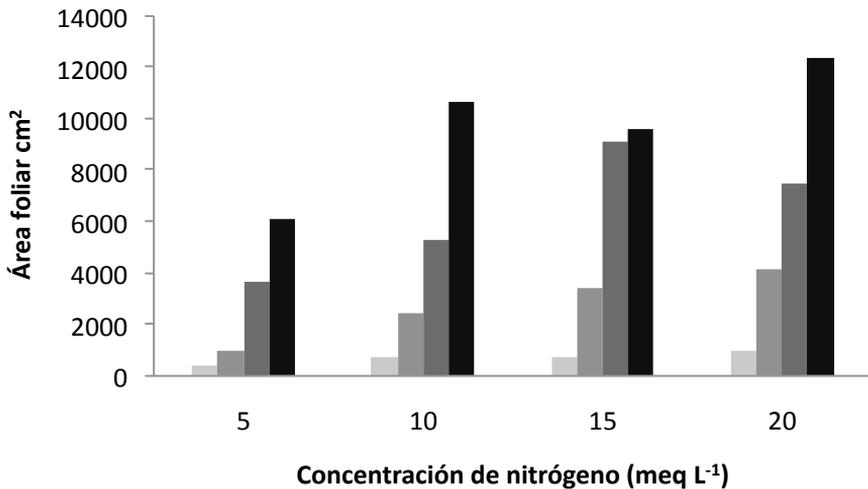
Figura 2. Relación entre el incremento en el área foliar y la acumulación de biomasa aérea seca.



En la Figura 3 se observa que se produjo un incremento en el área foliar con el transcurso del tiempo, lo que indica, que tanto a la concentración más baja de nitrógeno en la solución ($5 \text{ meq } 100\text{g}^{-1}$) como a la más alta ($20 \text{ meq } 100\text{g}^{-1}$), la planta mostró una respuesta positiva a la aplicación de nitrógeno. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, al ser comparados el tratamiento de menor concentración y el de mayor concentración, hubo una mayor formación de área foliar en este último ($P \leq 0.01$). Se presentó una tendencia positiva entre los parámetros M_S , P_F y A_F y

concentración de nitrógeno en la solución (C_n); a mayor concentración de nitrógeno en la solución, mayor valor en los parámetros antes indicados (Figura 3). Esta respuesta está explicada, considerando que al ser este nutrimento indispensable en la formación de la molécula de clorofila, su disponibilidad limitada (5 meq L^{-1}) disminuye la capacidad fotosintética de la lechuga, lo cual se traduce en menor producción de carbohidratos y energía, necesarios en la acumulación de materia seca y en la formación de área foliar (Salisbury y Ross, 2000).

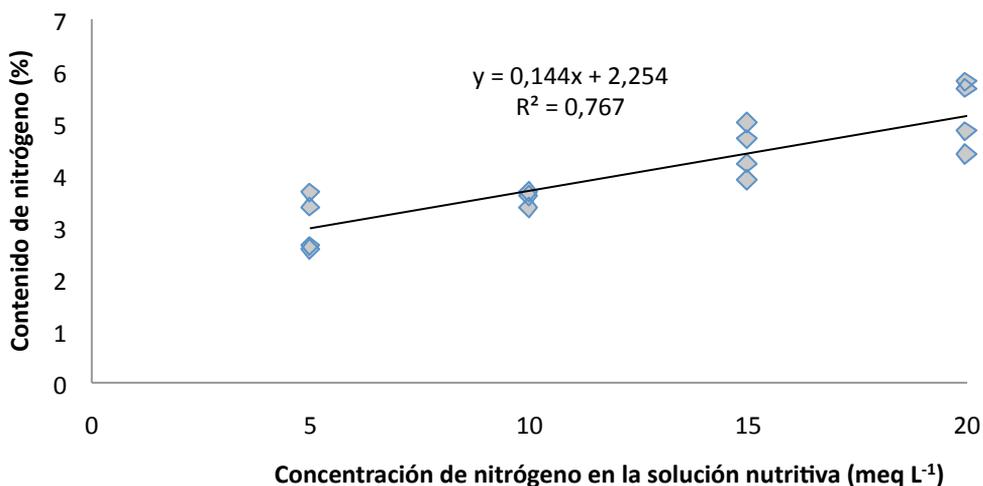
Figura 3. Incrementos en el área foliar a las diferentes concentraciones de nitrógeno para cada uno de los cuatro muestreos.



Se observó una tendencia positiva ($r^2= 0.767$) en la relación existente entre el contenido de nitrógeno (%) y el incremento en la concentra-

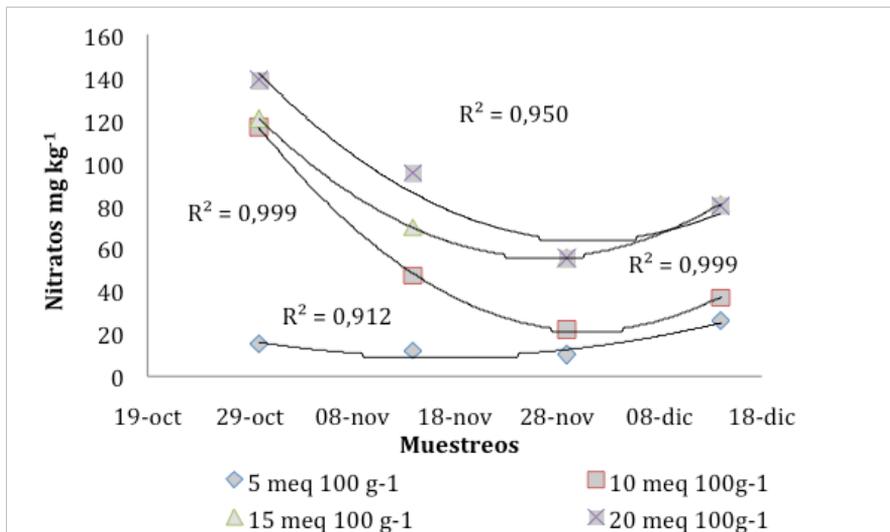
ción del elemento en la solución nutritiva. A mayor cantidad de nitrógeno aplicado en la solución nutritiva, mayor acumulación porcentual de nitrógeno en el tejido (Figura 4). Thompson y Doerge (1996) encontraron un comportamiento similar en lechuga, en el que la absorción de N se incremento en forma positiva con la cantidad de nitrógeno aplicado.

Figura 4. Relación entre los incrementos de nitrógeno en la solución nutritiva y el contenido porcentual de nitrógeno en tejido.



La Figura 5 muestra que la cantidad de nitratos en tejido disminuye casi durante todo el periodo vegetativo del cultivo.

Figura 5. Tendencia negativa en la presencia de nitratos en tejido al avanzar el periodo vegetativo del cultivo.



Sin embargo, muestra un comportamiento hiperbólico inverso como resultado de un incremento en la presencia de nitratos en todos los tratamientos, definido hacia el final del ciclo agrícola, comportamiento que no se aprecia al graficar el contenido porcentual de nitrógeno. Al igual que en el experimento con lechuga, Liu y Shelp (1993) encontraron que el brócoli muestra un patrón de absorción de N comparable al de la coliflor que se incrementa alrededor de la cosecha.

Al comparar los tratamientos a los quince días después de la siembra, se observó que la acumulación de nitratos fue significativamente menor ($P \leq 0.05$) en el tratamiento de 5 meq 100g⁻¹ en comparación con los otros tratamientos. Sin embargo, este comportamiento cambio hacia el final del ciclo, siendo únicamente los dos tratamientos de mayor concentración de nitrógeno los que mostraron la máxima acumulación de nitratos ($P \leq 0.05$).

El comportamiento de la planta en cuanto a la acumulación de peso fresco y peso seco mostró una tendencia positiva ($r^2=0.65$) al ser relacionados con los incrementos en la acumulación de nitratos en el tejido vegetal (Figura 6 y 7). Tei *et al.* (2000) en un experimento con lechuga no encontraron esta tendencia positiva entre la acumulación de nitratos y la formación de materia seca. Sin embargo, si encontraron esta tendencia positiva entre la acumulación de peso fresco y una mayor presencia de nitratos. Ello pudiera estar relacionado con una mayor cantidad de solutos de carga negativa (nitratos) que tienen un efecto de atracción sobre el agua, provocando que la planta la absorba y la retenga en una *mayor* cantidad, ocasionando con ello el incremento en el peso fresco del cultivo cosechado.

Figura 6. Respuesta de la planta a aumentar el peso fresco de la biomasa aérea al incrementarse el contenido de nitratos en tejido.

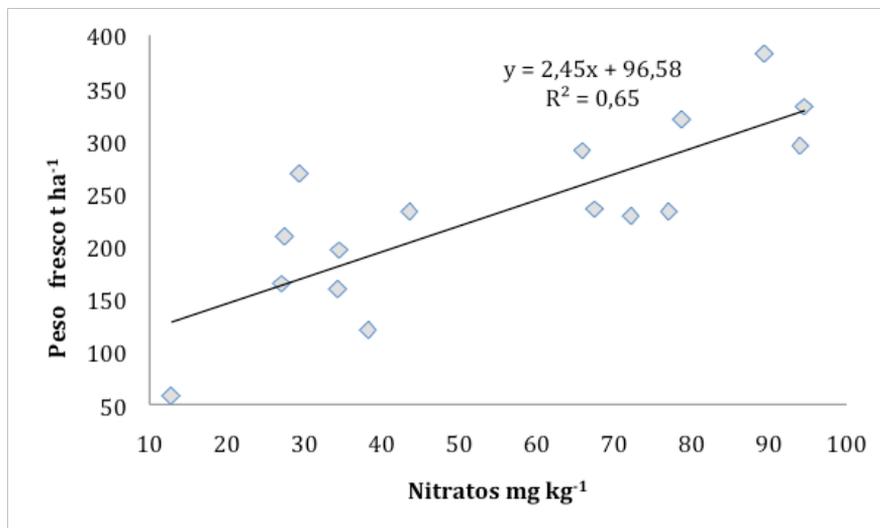
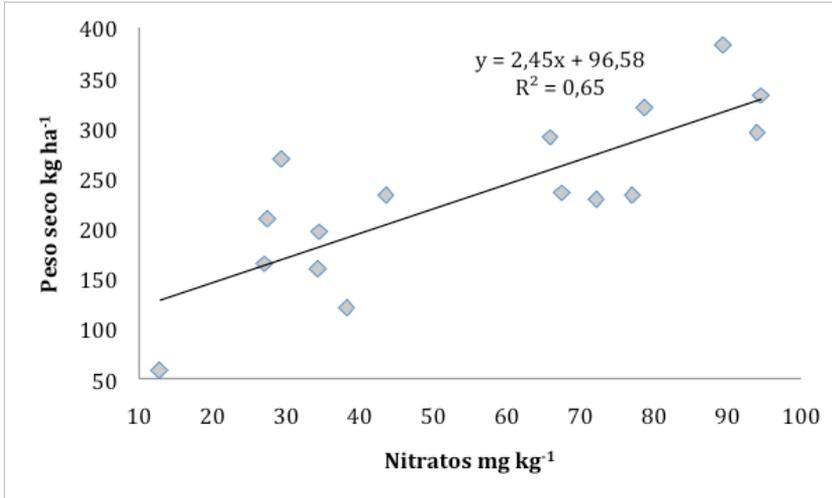


Figura 7. Respuesta de la planta a aumentar el peso seco de la biomasa aérea al incrementarse el contenido de nitratos en tejido.

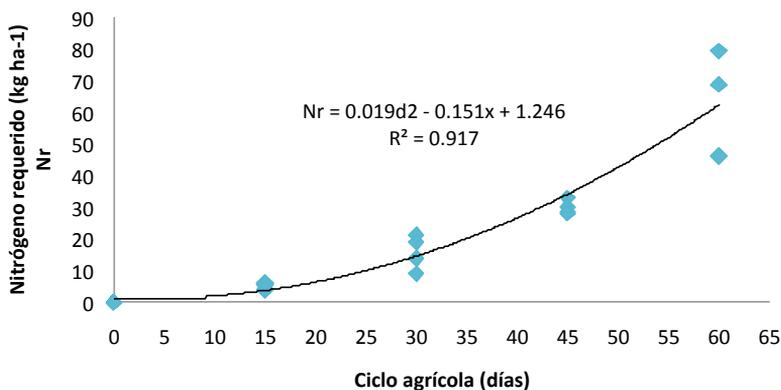


La cantidad de nitrógeno absorbido por el cultivo de lechuga durante el ciclo vegetativo, se presenta en la Figura 8, para la concentración de 10 meq 100L⁻¹. El requerimiento interno de la lechuga con base en esta solución es de 75 kg de nitrógeno por hectárea. Para las soluciones de 15 y 20 meq L⁻¹ el requerimiento fue de 113 y 136 kg de nitrógeno por hectárea.

La lechuga es un producto que se vende en fresco, en el que la calidad y aceptación por el consumidor, sin considerar el aspecto económico, está en función del peso fresco y área foliar. En estos indicadores no se encontró diferencia entre los tratamientos de 15 y 20 meq L⁻¹ (Cuadro 1), por lo que la elección de la concentración de nitrógeno a utilizar deberá de hacerse con base en el menor costo económico, lo que correspondería a 15 meq L⁻¹. Con base en ello, la aplicación de 113 kg de nitrógeno por hectárea permitirá obtener la misma productividad con menores aportes de nitrógeno que la concentración de 20 meq L⁻¹. Diferentes autores (Tei

et al., 1999; Sánchez *et al.*, 2003) han reportado cantidades que oscilan entre los 120 y 137 kg de nitrógeno por hectárea, absorbido por la lechuga cuando han aplicado el fertilizante al suelo.

Figura 8. Cantidad de nitrógeno requerido internamente por el cultivo de lechuga durante el ciclo vegetativo del cultivo, tomando como datos base los obtenidos en la concentración de 15 meq L⁻¹.



CONCLUSIONES

El requerimiento interno de nitrógeno en lechuga pudo determinarse a partir de las diferentes concentraciones de este nutriente evaluadas en el experimento. El valor encontrado fue de de 113 Kg de N ha⁻¹.

Existe una mayor presencia de nitratos al incrementarse la cantidad de nitrógeno porcentual en tejido. Se encontró una correlación positiva altamente significativa entre la acumulación de nitratos, el nitrógeno porcentual en tejido y la aportación de nitrógeno contenida en la solución nutritiva.

A concentraciones iguales o menores a de 20 meq L⁻¹ la acumulación de nitratos no rebasó los límites estipulados por el *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*.

Existe una relación directa entre la aplicación creciente de nitrógeno y las variables materia seca, peso fresco y área foliar.

BIBLIOGRAFÍA

- Bremner, M., 1965, "Organic forms of nitrogen", en Black, C. A. (ed.), *Methods of soil analysis. Part 2, Chemical and microbiological properties, Agronomy* 9:1238-1255.
- DOCE, 2002, Reglamento (CE) N° 563/2002, *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, 2002, en: http://europa.eu.int/eurlex/pri/es/oj/dat/2002/1_86/1_08620020403es00050006.pdf.
- Escobar, J. et al., 2002, "Screening lettuce cultivars for low nitrate content during summer and winter production", en *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 77, 232-237.
- Galbiattia, A. et al., 2007, "Nitrate and sodium contents on lettuce and drained water as function of fertilizing and irrigation water quality in Brazil", en *International Journal of Plant Production* 2: 205-214.
- Gangolli, D. et al., 1994, "Nitrate, nitrite and N-nitroso compounds", en *Eur. J. Pharm. Envir. Tox. Pharm. Section* 292, 1-38.
- Gardner, R. y D. Pew, 1979, "Comparison of various nitrogen sources for the fertilization of wintergrown - head lettuce", en *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103(4):534-536.
- Greenwood, D. et al., 1980, "Comparison of the effects of potassium fertilizer on the yield, potassium content and quality of 22 different vegetable and agricultural crops", en *J. Agric. Sci. Camb.* 95: 441-456.
- Jones, H., 1992, *Plants and microclimate. A quantitative approach to environmental plant physiology*, 2a ed., Cambridge University Press.
- Leyva, G. et al., 2005, "Contenido de nitratos en extractos celulares de peciolos y frutos de tomate", en *Revista de Fitotecnia Mexicana* 28 (2):145-150.

- Liu, L. y L. Shelp, 1993, "Nitrogen positioning in greenhouse-grow broccoli in response to varying NH_4^+ : NO_3^- ratios. Commun", en *Soil Sci. Plant Anal* 24 (1y2) 45-60.
- Nelson, V., 1998, *Greenhouse operation and management*, Chapter 9 Fertilization, Prentice Hall Nueva Jersey, EUA.
- Rodríguez. J. y A. Galvis, 1989, *Dinámica del potasio en los suelos del país*, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
- Rodríguez, J., 1990, *Fertilización de cultivos. Un método racional*, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
- Salisbury, B. y C. Ross, 2000, *Plant Physiology*, Ed. Wadsworth Publishing Company, Belmont, California.
- Sánchez, A. et al., 2003, "Comportamiento de la *Leucaena leucocephala* durante el establecimiento regada por goteo artesanal en ambiente semiárido", en *Rev. Fac. Agron (LUZ)*20(3), 352-363.
- SAS, 2001, *SAS User's Guide: Statistics*, SAS Institute Inc. Version 8 Edition, North Carolina, Cary.
- Steiner, A., 1961, "A universal method for preparing nutrient solution of a certain desired composition", en *Plant Soil* 15:134-154.
- Tei, F., 2000, "Effect of nitrogen availability on growth and nitrogen uptake in lettuce", en *Acta Horticulturae* 553:385- 392.
- _____, 1999, "Nitrogen fertilization of lettuce, processing tomato and sweet pepper: yield, nitrogen uptake and the risk of nitrate leaching", en *Acta Horticulturae* 506: 61-67.
- Thompson, L. y A. Doerge, 1996, "Nitrogen and water interactions in subfur trickle-irrigated leaf lettuce: II. Agronomic, economic and environmental outcomes", en *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60:168-173.
- Watson y S. Mufti, 1996, *Nutrition and Cancer Prevention*, CRC Press, Nueva York.
- Welch et al., 1983, "Effect of variety, nitrogen fertilizer and various agronomic factors on the nutritive value of husked and naked oats grain", en *Animal Feed Science and Technology*, vol. 113, Issue 4 pp. 169- 181.
- Zhaohui, W. y L. Shengxiu, 2004, "Effects of Nitrogen and Phosphorus Fertilization on Plant Growth and Nitrate Accumulation in Vegetables", en *Journal of Plant Nutrition* 27:539-550.

Pitayas y Pitahayas (*Stenocereus* spp. e *Hylocereus* spp.), recursos agrícolas en el Valle de Tehuacán Puebla

Patricia Bárcenas Abogado¹ y Venus Jiménez Castañeda

Resumen. *Las cactáceas constituyen especies clave para la estabilidad de las comunidades bióticas en las zonas áridas y semiáridas, además de ser recursos de un considerable potencial económico. Las pitayas y pitahayas, frutos de los géneros Stenocereus e Hylocereus, son utilizadas por los habitantes de las comunidades rurales del Valle de Tehuacán, Puebla, para satisfacer sus necesidades de subsistencia y comercializarlas a escala local o regional. El manejo de estas especies ha pasado de la recolección a la producción agrícola sin suficiente información y apoyo técnico, poniendo en riesgo la biodiversidad de la zona. Ante esta dualidad, se presenta un análisis de la producción de estos frutos “exóticos” de alta demanda internacional y sus características ecofisiológicas.*

Palabras clave: Pitayas, *Stenocereus*, *Hylocereus*, Pitahayas, Cactáceas Columnares.

Abstract. *The cacti constitute key species for the stability of biotic communities in arid and semi-arid zones, and for being a important economic potential resources. The pitayas and pitahayas, Stenocereus and Hylocereus fruits, are used*

¹ Profesor-Investigador, Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, e-mail: barcenas@correo.xoc.uam.mx

by rural communities of the Tehuacán Valley, Puebla, for meet their subsistence needs and marketed locally or regionally. The management of these species passed from gathering to agriculture production without enough information and technical support, putting at risk the biodiversity of the area. For this duality, we present an analysis of the production of these "exotic fruits" of high international demand and their ecophysiology.

Keywords: Pitayas, *Stenocereus*, *Hylocereus*, Pitahayas, Columnar cacti.

Résumé. Les cactacées constituent des espèces essentielles pour la stabilité des communautés biotiques en zones arides et semi-arides, en plus d'être des ressources d'un potentiel économique considérable. Les pitayas et pitahayas, fruits des genres *Stenocereus* e *Hylocereus*, sont utilisés par les habitants des communautés rurales de la Vallée de Tehuacán, état de Puebla, pour satisfaire leur besoin de subsistance et leur commercialisation à échelle locale ou régionale. La gestion de ces espèces est passée de la collecte à la production agricole, sans information et aide technique suffisante, ce qui met en jeu la biodiversité de la zone. Face à cette dualité, il est présenté une analyse de la production de ces fruits « exotiques » à forte demande internationale, ainsi que de ses caractéristiques éco physiologiques.

Mots-Clés : Pitayas, *Stenocereus*, *Hylocereus*, Pitahayas, cactacées colonnaires.

INTRODUCCIÓN

El Valle de Tehuacán en el estado de Puebla es una región semiárida con una gran diversidad biológica y cultural. En aproximadamente 10,000 km², Dávila *et al.* (1993) registraron 2,750 especies de plantas, de las cuales el 30% son endémicas para la región. Existen cerca de 45 especies de cactáceas columnares en esta zona, por lo que se le ha denominado matorral xerófilo con dominancia de cactáceas columnares (Rzedowski, 1978; Valiente-Banuet, 1996). El Valle de Tehuacán es considerado el centro de

endemismo y diversidad mundial para este grupo de plantas por la *International Union for the Conservation of Nature* (IUCN) (Dávila, 2002), y se le ha reconocido como una de las zonas áridas con mayor diversidad en América del Norte, y con mayor cantidad de recursos vegetales del país (Arias *et al.*, 1997; Casas *et al.*, 2001; Valiente-Banuet *et al.*, 2001).

Con relación a la diversidad cultural del Valle de Tehuacán, actualmente se reconocen siete grupos étnicos: Nahuas, Mixtecos, Mazatecos, Popolocas, Chinantecos, Ichcatecos, y Cuicatecos (INEGI, 2007); los cuales han fundamentado los usos y domesticación de la biota en esta región.

Entre los grupos étnicos y la población rural, las cactáceas han sido apreciadas como un recurso alimenticio importante, especialmente por lo suculento de sus tejidos y por la gran cantidad de azúcares y pigmentos de sus frutos. Desde la época prehispánica hasta la actualidad, las cactáceas proveen de forraje, fármacos, gomas, jabón, colorantes, cercas vivas, leña, ornato, y proteínas y grasas de las semillas de algunas especies.

La mayor parte de las especies del género *Stenocereus* producen frutos comestibles llamados pitayas, con la característica de que al madurar pierden sus espinas y facilitan su comercialización y consumo. En el caso de la pitahaya (*Hylocereus* sp.), su auge comercial en el estado de Puebla se inicia a mediados de los años noventa con la visita de los príncipes de Japón y su comitiva de negocios, quienes hacen un ofrecimiento a los productores de la zona –en dólares– por al menos 10 toneladas de “fruta del dragón”, con lo que se inicia la deforestación del área cercana a la entonces “Reserva Ecológica Helia Bravo”.

Si bien, es fundamental hacer compatible el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del Valle de Tehuacán con el mantenimiento de la diversidad biológica y cultural que los caracteriza, la explotación agrícola es una necesidad; por lo anterior, el objetivo de este documento es contribuir a la divulgación de información tecnológica sobre el manejo agrícola de estos dos géneros.

El Valle de Tehuacán-Cuicatlán

El Valle de Tehuacán, Puebla, identificado también como Valle de Tehuacán-Cuicatlán, es una zona semiárida, con una temperatura media anual de 21 °C, una canícula bien definida a la mitad del período de lluvias y una precipitación media anual de 400 a 450 mm. En la mayor parte del área los suelos son someros, pedregosos y muestran diferentes niveles de alcalinidad y salinidad, producto de la influencia de los diferentes substratos geológicos presentes en el sitio (Bárcenas-Abogado *et al.*, 2002).

Las lomas y lomeríos del Valle de Tehuacán presentan abundancia de pedregosidad, lo que impide que sean usadas en su totalidad para cultivos, siendo las excepciones el maíz y frijol. Las comunidades vegetales en estos sitios incluyen tetecheras, garambulleras, matorrales espinosos y mezquiales, de donde se extraen plantas medicinales, alimenticias, y para leña. En los llanos se cultivan principalmente maíz, frijol y pitahaya, y se reporta que los habitantes del lugar utilizan 495 especies, pertenecientes a 324 géneros y 100 familias de plantas vasculares (Dávila, 2002).

Es importante destacar que muchas de las especies se emplean para más de un propósito, utilizando varias de sus partes (raíz, fruto, hojas, etc). Ejemplos de ello son algunas pitayas que se emplean como alimento, forraje, leña y cerca viva, además de otras cactáceas columnares como el garambuyo (*Myrtillocactus geometrizans*), la jiotilla (*Escontria chiotilla*), y los tetechos (*Neobuxbaumia tetetzo*), mencionados por Dávila (2002).

Las pitayas (*Stenocereus* spp.) (Haworth)

Existen 22 especies de pitayas (*Stenocereus* spp.) nativas de México, 20 son especies endémicas (Arreola, 1999), y se distribuyen desde la península de Baja California pasando por la cuenca del Pacífico al estado

de Chiapas, y a lo largo de la cuenca del Golfo desde el estado de Tamaulipas hasta Veracruz. Las especies más importantes de este género, desde un punto de vista económico, son: *S. marginatus*, *S. stellatus*, *S. treleasei*, *S. griseus*, *S. fricii*, *S. queretaroensis* y *S. quevedonis* (Granados *et al.*, 1999).

En el Valle de Tehuacán las más comercializadas son: *S. griseus* (pitayo de mayo), *S. pruinosus* (pitayo de octubre), *S. stellatus* (xoconostle). Luna-Morales y Aguirre (2001) reportan más de 40 variedades de *S. pruinosus* y *S. stellatus*, y la existencia de un híbrido de ambas.

Las pitayas son plantas arborescentes de hasta 6 a 9 m de altura, con ramas y tronco bien definido, de aproximadamente 35 cm de diámetro. El número de costillas, espinas, tamaño y color del fruto son las principales características que las diferencian (Bravo-Hollis, 1978; Gibson y Horak, 1978).

De las pitayas se extraen colorantes y pectinas presentes en la cáscara y la pulpa del fruto. Contienen betalainas, que son pigmentos hidrosolubles similares a los que se extraen del betabel (Reynoso *et al.*, 1997; Beltrán-Orozco *et al.*, 2009), utilizados tanto en alimentos como en cosméticos, y que imparten coloraciones que van del rojo al amarillo (Casas *et al.*, 2001).

En el caso de la *pitaya de mayo* (*S. griseus*), su fruto es globoso, ligeramente ovoide, de aproximadamente 5 cm de diámetro. Su color varía desde el verde amarillento hasta rojo o moreno purpúreo. Los campesinos la cultivan en sus huertos por el sabor muy agradable de sus frutos, que se venden en los mercados en el mes de mayo, de ahí proviene su nombre común (Bravo-Hollis, 1978).

El *pitayo de octubre* (*S. pruinosus*) posee ramas de color verde oscuro, con una pruinosidad blanquecina. Su fruta es ovoide, de 5 a 8 cm de largo, de color variable (rojo púrpura, anaranjado verdoso). Crecen en estado silvestre y se cultiva en diversos poblados de las mixtecas, en Puebla en el cañón del río Atoyac, en “cuajiotales”, y en los alrededores de Tehuacán (Bravo-Hollis, 1978).

El *xoconostle* (*S. estellatus*) presenta frutos pequeños (aproximadamente 3 cm de diámetro), de color rojo y de sabor ligeramente ácido. Maduran en agosto, y aunque se encuentran silvestres, se les cultiva no sólo por sus frutos sino también para formar setos vivos (Bravo-Hollis, 1978). La fructificación de este género se produce entre mayo y septiembre, encontrando en los mercados regionales todas las variedades hortícolas.

Características Fisiológicas y Fenológicas

Al igual que en el género *Hylocereus*, las pitayas (*Stenocereus*) tienen un sistema radical, principalmente superficial, y responden rápidamente a la presencia de humedad formando raíces absorbentes tan sólo unas horas después de que ha llovido, con la finalidad de aprovechar al máximo dicha humedad. Sin embargo, esta raíz es muy sensible a encharcamientos constantes y muy duraderos, los cuales provocan la putrefacción de la misma (Ramírez, 2006).

Posee el metabolismo del ácido crasuláceo (MAC), y sus tallos cuentan con una cutícula gruesa y cerosa, ambas características limitan la pérdida de agua. Las yemas florales emergen de las areolas de crecimiento del año anterior, siendo una por areola, la cual queda inutilizada después de la floración. Las flores son de apertura nocturna y se cierran al mediodía. Entre los agentes polinizadores se encuentran los murciélagos, las mariposas nocturnas y diversas especies de abejas nativas y europeas (Pimienta-Barrios, 2000; Loza-Cornejo *et al.*, 2003; Ramírez, 2006).

Otra característica sobresaliente de estos frutos es su sabor dulce que en general oscila entre los 15 y 19 grados Brix (Ramírez, 2006). El contenido químico de 100 gramos de la parte comestible de la pitaya se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Contenido químico de 100 gramos de la parte comestible de la pitaya (*Stenocereus* spp).

Calorías	48.8
Agua	85.2 %
Carbohidratos	12.2 g
Fibra dietética	3.3 g
Proteína	1.29 g
Grasas	1.1g

Fuente: Ramírez, 2006.

Condiciones Agroecológicas

Las pitayas prefieren los suelos franco arenosos con buen drenaje interno y superficial, e inclusive, originados de gravilla o de roca tipo laja, siempre y cuando se mejore su fertilidad con la adición de materia orgánica derivada de abonos animales. El pH puede estar en el intervalo de 5.5 a 8.2, con un óptimo de 6.5 a 7.5. En suelos muy pedregosos o de tepetate es difícil la mecanización, por lo que se recomienda elaborar cajetes individuales en los que se acondicione un adecuado sustrato de enraizamiento (Rojas *et al.*, 2001).

Las pitayas se desarrollan en el intervalo de temperatura entre 10° y 40° C, sin embargo, suelen ser más sensibles a las bajas temperaturas, sobre todo si la planta se encuentra en crecimiento vegetativo o desarrollo floral. El daño causado por las bajas temperaturas afecta el crecimiento y provoca la caída de las flores, lo que reduce o elimina la producción de ese año si se presenta alguna helada. Existen antecedentes de que en cultivos a más de 1900 msnm los frutos suelen ser de menor calidad en el sabor (insípidos), y su desarrollo y maduración es más tardío (Pimienta-Barrios, 2000).

Aunque este tipo de plantas no son exigentes en su régimen de agua, en comparación con otros cultivos y, por su sistema radical, tienen la

aptitud de captar eficientemente la lluvia; los productores de la zona practican metodologías de captación del agua de lluvia, como la elaboración de bordos individuales, o en zonas accidentadas, la elaboración de bordos en hileras (en curvas de nivel), para favorecer la captación de agua y evitar la erosión. Cuando se cultiva en los huertos cercanos a las casas se aplican riegos de auxilio durante el periodo de desarrollo de la fruta.

Manejo Agronómico

Debido a que el crecimiento y desarrollo de las plántulas de pitaya propagadas por semilla es muy lento (aproximadamente 4 a 5 cm en un año), como ocurre en muchas especies de cactáceas (Loza-Cornejo *et al.*, 2003), tradicionalmente se realiza su propagación de manera asexual a través de tallos, lo que implica la reducción en la variabilidad genética de las especies que constituyen este género, ya que sólo se seleccionan las plantas mas productivas.

Las plantas deben de cortarse en los meses de diciembre o enero, unos 30 días después de que hayan alcanzado una longitud de entre 80 y 100 cm; al momento de realizar el corte se debe de tener cuidado de hacerlo de un solo tajo y debe tenerse lista una solución fungicida. Se conservan los tallos en posición vertical en un lugar seco y sin luz hasta el momento de su siembra. La plantación se realiza unos 30 días antes de que se piense que va a establecerse el temporal. Si se cuenta con la posibilidad de agregar agua, puede establecerse desde el mes de febrero.

El establecimiento de la huerta puede realizarse en lomeríos y zonas accidentadas. Si se trata de un terreno con pendiente menor de 15% se puede realizar un rastreo para romper la capa de compactación presente y, posteriormente su nivelación. En terrenos con pendiente mayor a 15% no se deben de realizar movimientos de barbecho o rastreo para evitar problemas de arrastre de tierra y erosión. En este tipo de casos es conve-

niente realizar trabajos de bordeo a cada nivel de acuerdo a la distancia de establecimiento entre curvas, utilizando para ello el material disponible en el mismo terreno, especialmente si se trata de terrenos rocosos.

Al plantarse los tallos, se debe de abrir una cepa de, por lo menos, 80 cm de diámetro y una profundidad de 40 cm. Al sustrato se le debe de revolver composta preparada, o bien abono de origen animal bien descompuesto, en una proporción de 3:1 (tierra-abono) cuando se trate de composta o abono vacuno (Ramírez, 2006).

Las pitahayas (*Hylocereus* spp) (Haw.) Britton & Rose

Son plantas epífitas (trepadoras) con tallos verdes triangulares, que se encuentran fácilmente sobre árboles o muros en patios o huertos domésticos de los poblados cercanos a la cabecera municipal (Tehuacán, Puebla) y hacia el estado de Oaxaca. Sus flores son nocturnas, blancas y muy grandes (cerca de 30 cm de largo o más), y sus frutos color rojo púrpura por fuera y blancos, rojos, o rosa mexicano por dentro, no tienen espinas. Actualmente se cultiva en toda América Tropical y también en algunos lugares de China, pues es muy apreciada por la belleza de sus flores y por sus frutos comestibles de sabor agradable. En México se encuentra distribuida en casi todas las selvas tropicales deciduas y subdeciduas en donde ha sido propagada por las aves (Bravo-Hollis, 1978).

En Tehuacán, Puebla, se encuentra cultivada a nivel traspatio en palizadas, cerca de los muros o sobre árboles o arbustos locales. En los últimos años se observan plantaciones formales en superficies menores a una hectárea, con estacado en vez de tutores vivos.

Sus frutos son muy apreciados en el mercado internacional como fruta exótica, y se utilizan tanto frescos, en agua, mermelada y conserva. Sus tallos son alimento para el ganado en la temporada de secas. Se le atribuyen propiedades medicinales ya que ayudan a disminuir los pro-

blemas de gastritis, y por su alto contenido de potasio se recomienda su consumo a personas diabéticas y con problemas cardiovasculares (Castillo *et al.*, 1996).

Existen al menos dos especies diferentes en el Valle de Tehuacán: *Hylocereus undatus* o “pitahaya blanca”, la cual es una especie introducida (Arias *et al.*, 1997), e *Hylocereus ocamponis* conocida como “pitahaya fina”. Esta última presenta un fruto más pequeño que el de *H. undatus*, pero más dulce. Su producción es significativamente menor y requiere más cuidados. Su demanda como fruto exótico se ve limitada por la larga duración del traslado y almacenamiento, que es significativamente menor a la de *H. undatus* (Nerd *et al.*, 1999).

Características Fisiológicas y Fenológicas

Raveh *et al.* (1993) mencionan que *H. undatus* muestra una respuesta positiva a valores altos de CO₂ en la atmósfera (740 μmol), e identifican a esta especie como tolerante a la sombra y fotosintéticamente eficiente aun en condiciones ambientales estresantes.

Cuando el contenido relativo de agua en los tallos es de 60%, *H. undatus* tiende a presentar su máxima tasa de intercambio de CO₂ al finalizar la noche; y cuando el contenido relativo de agua es de 34% tienden a mostrar el metabolismo CAM-reducido, que es cuando los estomas permanecen cerrados día y noche y por lo tanto evitan la pérdida de agua por transpiración y sólo utiliza el CO₂ proveniente de la respiración para continuar con su metabolismo (Ortiz, 1995).

El periodo reproductivo de *Hylocereus undatus* tiene una duración aproximada de 125 días, registrándose tres periodos traslapados de floración y fructificación (Castillo y Ortiz, 1994). El periodo reproductivo inicia a principios de mayo y termina a principios de septiembre, coincidiendo la floración con el inicio de las lluvias, al igual que las especies que se cultivan en Nicaragua (Bolaños, 1994) y Colombia (Becerra, 1986).

La floración es efímera y nocturna, por lo que se le conoce como “reina de la noche” (Bravo-Hollis, 1978). Aproximadamente a las seis de la tarde se inicia la apertura floral, y de dos a tres horas después las flores están completamente abiertas (Castillo y Ortiz, 1994). Esta característica de la floración hace determinante la presencia de polinizadores específicos que permitan la formación del fruto: los murciélagos nectarívoros fundamentalmente, existiendo una serie de reportes sobre sus hábitos asociados a las regiones en donde se producen pitayas y pitahayas (Kaiser y Tollsten, 1995; Alvarez *et al.*, 1998).

Algunos trabajos (Ortíz, 1995) mencionan a las abejas y otros insectos como agentes polinizadores, sin embargo, en regiones en donde no existen murciélagos o aves como colibríes, la producción de fruta se reduce considerablemente siendo necesaria la polinización manual, lo que incrementa los costos de producción. Es por tanto, fundamental para la economía de los productores de esta fruta, que la fauna del lugar se conserve.

Condiciones Agroecológicas

El cultivo de la pitahaya se desarrolla desde 0 hasta casi 2000 metros de altura sobre el nivel del mar, en zonas con precipitaciones anuales de 300 mm hasta los 1000 mm anuales, ya que una mayor condición de humedad puede provocar problemas fitosanitarios en la plantación. No es una especie tolerante a las heladas, por lo que las condiciones óptimas de temperatura promedio anual va de 17 a 30 °C (Bárcenas-Abogado *et al.*, 2002).

La planta crece adecuadamente en suelos livianos como los de textura franco arenosa con alto contenido de materia orgánica. Suelos de excelente drenaje son los ideales ya que la pitahaya posee gran habilidad para absorber y retener agua, así como nutrientes a través de sus tallos; el exceso de humedad en el suelo la perjudica al incrementarse los problemas fitosanitarios, principalmente la presencia de hongos.

Al evaluar el efecto del tipo de suelo en el establecimiento de estacas de la pitahaya (*Hylocereus undatus*), Bárcenas (1994) observó que el mayor número de raíces se presenta en suelos de textura arenosa, sin embargo el mayor número de brotes y la mayor velocidad de crecimiento se obtuvo en las estacas establecidas en suelo franco arcilloso.

El pH del suelo que se reporta como óptimo para su crecimiento está entre 5.5 y 6.5 (Alonso, 1992), aunque se ha observado crecimiento de brotes en suelos ácidos con valores de pH cercanos a 3 (Acevedo *et al.*, 1996).

Aun cuando la pitahaya se desarrolla en suelos salinos como los reportados por Cruz *et al.* (1995) en Tehuacán, Puebla, se ha observado que un alto contenido de sales en el suelo no es bueno para el cultivo porque hace muy lento el desarrollo de las plantas (Acevedo *et al.*, 1996; Bárcenas-Abogado *et al.*, 2002). El tamaño de brotes disminuye en la medida en que se incrementa la concentración de sales, sin embargo, el crecimiento de las raíces no se detiene, ya que no existen diferencias significativas en el peso seco de las raíces cuando las plantas se desarrollan en un rango de Conductividad Eléctrica de la solución salina de 2.5 a 10 μmhos . Esto indica que los materiales de *Hylocereus* procedentes del Valle de Tehuacán, en Puebla, son tolerantes a la salinidad sulfático clorhídrica (Bárcenas-Abogado *et al.*, 2002), lo que coincide con Raveh *et al.* (1993), quienes identificaron su adaptabilidad a las condiciones salinas del Desierto de Negev.

Es importante mencionar que en esta zona, donde actualmente se desarrolla un gran número de plantaciones de pitahaya, los suelos son someros, pedregosos, en ocasiones halomórficos, y con diferentes grados de alcalinidad y salinidad, derivados de rocas sedimentarias y la fisiografía es muy heterogénea (Cruz *et al.*, 1995).

En el Valle de Tehuacán se han encontrado condiciones climáticas y edáficas que permiten el desarrollo comercial de la especie, por lo que en los últimos años se han abierto al cultivo de la pitahaya un gran número de lotes, utilizando prácticas más bien empíricas que con referencia experimental.

Manejo Agronómico

Las pitahayas se pueden propagar sexual o vegetativamente, es decir, por semilla o por estacas de tallos o ramas como comúnmente se les denomina. Se ha trabajado en el sistema de propagación *in vitro* (cultivo de tejidos), con muy buenos resultados (Drew y Azimi, 2002; Mohamed-Yasseen, 2002).

Aun cuando la semilla tiene un buen poder germinativo, no se utiliza este tipo de propagación porque las plantas así obtenidas tienden a presentar variaciones genéticas y se retarda el inicio de la producción (Metz *et al.*, 2000). Esta condición ha reducido la variabilidad genética en la zona (Osorio-Beristain *et al.*, 1996; 2001; Maiti *et al.*, 2002).

Para la obtención del material vegetativo se seleccionan esquejes de plantas productivas que reúnan condiciones óptimas de sanidad, vigor y producción. Los tallos o esquejes deben ser tomados de plantas en plena producción, vigorosos y de buen tamaño (de 1 a 2 metros), procurando usar esquejes no ramificados. La selección de material debe realizarse después de iniciada la floración, es decir, cuando los tallos tienen yemas reproductivas diferenciadas, lo cual sucede una vez establecida la temporada de lluvias (Rodríguez *et al.*, 1993).

Las plantas cultivadas a partir de esquejes de uno a dos metros de longitud comienzan a producir sus primeros frutos al año o a los dos años, dependiendo de la temporada en que se establezcan. Su vida productiva es muy prolongada, ya que muchos de sus esquejes producen raíces con las que renuevan o crean condiciones para convertirse en nuevas plantas; sin embargo, cuando crece sobre tutores vivos su vida útil termina con la muerte del tutor, a menos que oportunamente se reemplace éste (Rodríguez *et al.*, 1993; Castillo *et al.*, 1996).

En caso de siembra directa, el esqueje o rama se entierra de 5 a 10 cm de profundidad, aplicando materia orgánica (hojarasca y residuos vegetales) al pie del esqueje con el objetivo de conservar la humedad y crear condiciones para un enraizado rápido, el cual sucede a partir de la primera semana. En el sistema de tutorado se amarran al árbol de tres a

cuatro esquejes en posición vertical, deteniéndolos con piedras que son colocadas en la base del esqueje (Alonso, 1992; Rodríguez *et al.*, 1993).

Se debe aplicar abono al momento de la plantación, aprovechando las fuentes disponibles en la comunidad como la gallinaza (aproximadamente 2 kg por planta en producción), el estiércol de bovino o cerdos (aproximadamente 3 kg por planta), siempre bien descompuestos (Alonso, 1992; Bárcenas-Abogado *et al.*, 2002). Es importante recordar que existen múltiples antecedentes sobre la demanda de frutos producidos sin el uso de agroquímicos, los cuales adquieren un mayor valor al ser comercializados, además de que cumplen generalmente con las normas de control internacional sobre el uso de sustancias químicas durante la producción.

Por el hábito de crecimiento y el tamaño que las plantas alcanzan, se han sugerido diferentes distancias de siembra: 3 x 3 m; 3 x 1.5 m; 2 x 2 m; 1.2 x 2 m, entre otros (Aponte y Guerrero, 1990). La plantación requiere de humedad en el suelo, pero no excesos, por lo que se sugiere al inicio del periodo de lluvias.

El uso de tutores en el cultivo de la pitahaya es indispensable pues facilitan el crecimiento y desarrollo de la planta sirviéndole de sostén, y sobre todo, porque permiten que se presenten los tallos colgantes que producen frutos (Alonso, 1992; Rodríguez *et al.*, 1993; Castillo *et al.*, 1996).

Es importante cuidar que los tutores tengan una vida útil igual o mayor a la vida productiva de las plantas de pitahaya (30 años aproximadamente), que sean lo suficientemente resistentes para soportar el peso de una planta adulta en producción, ya que una planta a los tres o cuatro años puede alcanzar un peso de aproximadamente 100 Kg, su estructura y superficie debe facilitar que las raíces adventicias o secundarias de la planta de pitahaya se adhieran sin dificultad a ellos para que se sostengan fuertemente, y cuidar que no sirva de refugio a plagas u otros seres que puedan causar daño a la pitahaya (Rodríguez *et al.*, 1993; Castillo *et al.*, 1996).

El uso de tutores vivos implica seleccionar plantas arborescentes de rápido crecimiento que desarrollen una estructura adecuada para el sostén de la pitahaya. En el Valle de Tehuacán, Puebla, se utiliza el mezquite (*Prosopis* sp.), el guaje (*Leucaena* sp.) y diversos árboles de la familia *Fabaceae* como tutores. Los tutores deben ser podados para facilitar la cosecha de la pitahaya (Rodríguez, 1996).

Existen muy pocos reportes sobre el efecto de la poda en plantas de pitahaya. Observaciones directas en Tehuacán han permitido identificar las ventajas de esta práctica sobre *Hylocereus undatus* cuando se realiza después de la época de producción, ya que estimula el crecimiento de nuevos brotes productivos y mejora las condiciones de manejo (Bárceñas, 1994).

CONCLUSIONES

Las pitayas y pitahayas representan una aportación económica importante a la economía de la población local, pues a diferencia de los cultivos tradicionales, estas especies prosperan en condiciones limitantes de suelo y precipitación.

En el Valle de Tehuacán existe poca divulgación de las prácticas agronómicas que permitan incrementar la calidad y el rendimiento de estos frutos, ya que no se han cuantificado el efecto de insectos, hongos, bacterias y virus en la producción.

Se requiere del esfuerzo conjunto de diversas instituciones de investigación y divulgación en el área agrícola que permitan generar recomendaciones concretas para la producción sustentable de estos dos géneros, retomando las prácticas tradicionales de huertos multipropósito (fruta, leña, medicina) que respeten la distribución de las especies locales y sólo incrementen la población de aquellas de mayor interés económico. Prácticas que aún se pueden observar incluso en los terrenos cercanos a la carretera Tehuacán-Huajuapán.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, S. et al., 1996, *Respuesta de la Pitahaya (Hylocereus spp.) a la fertilización química*, Informe final de Servicio Social, CBS, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.
- Alonso, M., 1992, *Guía tecnológica para la producción de Pitahaya (Hylocereus undatus)*, Comunidad Económica Europea e Instituto Nicaragüense de Reforma Agraria, San Marcos, Carazo, Nicaragua.
- Álvarez, T. et al., 1998, "Aspectos biológicos de *Leptonycteris yerbabuena* en México", en *Evolution, Ecology and Conservation of Columnar Cacti and their Mutualist*, Tehuacán, Puebla, Instituto de Ecología, UNAM, México.
- Arias, M., S. et al., 1997, *Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*, Fascículo 14, *Cactaceae*, Instituto de Biología, UNAM, México.
- Arreola, H., 1999, "Taxonomía del pitayo (*Stenocereus* [Berger] Ricc.)", en Pimienta-Barrios, E. (comp.), *El pitayo en Jalisco y especies afines en México*, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México.
- Aponte, Ch., M. H. y E. Guerrero, 1990, *Efecto de la fertilización foliar con N, P, K, Zn, B y Mn en la producción de Pitahaya (Selenicereus megalanthus Schuman ex F. Vaupel)*, tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
- Bárceñas, P., 1994, *Efecto de tres sustratos en el enraizamiento y desarrollo de Pitahaya (Hylocereus undatus)*, Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture, Campeche, México.
- Bárceñas-Abogado, P. et al., 2002, "Respuestas de tres materiales del género *Hylocereus* a la salinidad sulfático clorhídrica" en *Revista Terra* 20:123-127.
- Becerra, L., 1986, *El cultivo de la Pitaya*, Federación Nacional de Cafetaleros de Colombia, Bogotá.
- Beltrán, M. et al., 2009, "Ácido Ascórbico, Contenido Fenólico, y Capacidad Antioxidante de las Variedades Roja, Cereza, Amarilla y Blanca del Fruto del Cactus de la Pitaya (*Stenocereus Stellatus Riccobono*)", *Agrociencia* 43: 153-162.

- Bolaños, R., 1994, Maduración del fruto y producción de Pitahaya, Primer Encuentro Nacional del Cultivo de la Pitahaya, San Marcos, Carazo, Nicaragua.
- Bravo-Hollis, H., 1978, *Las cactáceas de México*, vol. I., Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Casas, A. et al., 2001, "Plant resources of the Tehuacán-Cuicatlan Valley, México", en *Economic Botany* 55: 129-166.
- Castillo, R. y Y. Ortiz, 1994, "Floración y fructificación de Pitajaya en Zaa-chila, Oaxaca", en *Rev. Fitotec. Mex*, vol. 17:12-19.
- Castillo, R. et al., 1996, *Guía técnica para el cultivo de la pitahaya*, Universidad de Quintana Roo, México.
- Cruz, A. et al., 1995, *Fertilización nitrogenada de la Pitahaya (Hylocereus spp.) en La Palma, estado de Hidalgo*, Informe final de Servicio Social, CBS, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco.
- Dávila, P., 2002, *La flora útil de dos comunidades indígenas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán: Coxcatlán y Zapotitlán de las Salinas, Puebla*, Informe final del Proyecto T015, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores-Iztacala, Unidad de Biotecnología y Prototipos.
- Dávila, P. et al., 1993, *Listados florísticos de México, X. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*, Instituto de Biología, UNAM, México.
- Drew, A., y M. Azimi, 2002, "Micropropagation of red Pitaya (*Hylocereus undatus*)", en *Fruits. Acta Hort* 575:93-98
- Gibson, C. y K. E. Horak, 1978, "Systematic anatomy and phylogeny of Mexican columnar cacti", en *Annals of the Missouri Botanical Garden* 65: 999-1057.
- Granados, D. et al., 1999, "Las Pitayas de México", en *Ciencia y Desarrollo* 145 (2): 58-67.
- INEGI, 2007, *Anuario Estadístico. Puebla*, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.
- Kaiser, R. y L. Tollsten, 1995, "An introduction to the scent of cacti", en *Flavor and Fragrance Journal* 10 (3):153-164

- Loza, S., T. Terrazas y L. López, 2003, *Características Morfo-Anatómicas y Metabolismo Fotosintético en Plántulas de Stenocereus queretaroensis (Cactaceae): Su Significado Adaptativo*, vol. 28, núm. 2, p.83-89.
- Luna, C. y R. Aguirre, 2001, "Clasificación tradicional, aprovechamiento y distribución ecológica de la pitaya mixteca en México", en *Inter-ciencia* 26(1): 18-24.
- Maiti, K. *et al.*, 2002, *Variability in seed viability of seven species of cactaceae reserve biosphere of Tehuacán-Cuitlan, Mexico*, Crop Research (Hisar), vol. 23, núm. 3.
- Metz, C., *et al.*, 2000, "Viability of Pollen of Two Fruit Crop Cacti of the Genus *Hylocereus* is Affected by Temperature and Duration of Storage", en *HortScience* 35(2):199-201.
- Mohamed-Yasseen, 2002, "Micropropagation of Pitaya (*Hylocereus undatus* Britton *et* Rose)", en *In Vitro Cell. Dev. Biol.—Plant* 38:427-429
- Nerd, A. *et al.*, 1999, "Ripening and post harvest behavior of fruits of two *Hylocereus* species (Cactaceae)", en *Postharvest Biology and Technology* 17:39-45.
- Ortiz, D., 1995, *Avances en el conocimiento ecofisiológico de la Pitahaya (Hylocereus undatus)*, tesis de Doctorado, Programa de Fisiología Vegetal, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- Osorio-Beristain, O. *et al.*, 1996, "Tipos de vegetación y diversidad β en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México", en *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 59: 35-58.
- Pimienta-Barrios, E. (comp.), 2000, Simposio internacional sobre el cultivo y aprovechamiento de la Pitaya (*Stenocereus*) y la Pitahaya (*Hylocereus* y *Selenicereus*), Universidad de Guadalajara, México.
- Ramírez, F., 2006, *Manual de producción de pitaya*, Secretaría de Desarrollo Rural, Puebla, México.
- Reynoso, R. *et al.*, 1997, "Stability of betalain pigments from a cactaceae fruit", en *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45(8):2884-2889.
- Raveh, E. *et al.*, 1993, Pitayas (Genus *Hylocereus*): a new fruit crop for the Negev Desert of Israel, Proceedings of the Second National Symposium, John Wiley and Sons, Nueva York.

- Raveh, E. *et al.*, 1995, "CO₂ Uptake and fluorescence responses for a shade-tolerant cactus *Hylocereus undatus* under current and doubled CO₂ concentrations", en *Physiologia-Plantarum* 3:505-511.
- Rodríguez, A., 1996, "La Pitahaya, cultivo alternativo para Yucatán", en Castillo, R. y H. Cáliz (comps.), *Primer curso teórico práctico sobre el cultivo de la Pitahaya (Memorias)*, Universidad de Quintana Roo, México.
- Rodríguez, A. *et al.*, 1993, *El cultivo de Pitahaya en Yucatán*, Universidad Autónoma Chapingo-Gobierno del Estado de Yucatán, Yucatán, México.
- Rojas-Arechiga, M., 2001, "Seed germination of wild and cultivated *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) from the Tehuacán-Cuicatlan Valley, Central Mexico", en *Journal of Arid Environments*, vol. 49, (2)279-287.
- Valiente-Banuet A., *et al.*, 1996, "Ecological relationships between nectar-feeding bats and columnar cacti in Mexico", en *Journal of Tropical Ecology* 12:103-119.
- Valiente-Banuet, A. *et al.*, 2001, "La vegetación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán", en *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 67: 24-74.

Ts'umbal Xitalha'. La experiencia de una cooperativa de café. El camino de la sistematización¹

Benjamín Ortiz Espejel²

Para compartir esta obra dividiré mi exposición en dos etapas. En la primera realizaré un breve recorrido por la experiencia de la cooperativa de café Ts'umbal Xitalha, destacando aspectos relevantes en el contexto de la construcción de redes sociales de servicio y de ciudadanía participativa. En una segunda parte expondré elementos que contextualizan esta experiencia dentro de un amplio movimiento nacional y mundial de organizaciones sociales hacia la sustentabilidad.

El trabajo de Graciela Mesina y Enrique Pieck trata de la sistematización de la cooperativa de café Ts'umbal Xitalha' organizada por el Cediac (Centro de Derechos Indígenas A.C)³ en la zona de Chilón, Chiapas. El Cediac, a su vez, se inscribe en el marco de la misión jesuita de esa región. El propósito del texto, como bien señalan los autores, es dar cuenta del proceso de constitución y desarrollo de la cooperativa

¹ Pieck, Enrique. y Graciela Messina. 2009. Ts'umbal Xitalha' La experiencia de una cooperativa de café. El camino de la sistematización, Ed. Universidad Iberoamericana, Cd. De México.

² Profesor-investigador de la Universidad Iberoamericana, Campus Puebla, e-mail: Benjamín.ortiz@iberopuebla.edu.mx

³ El Cediac es un asociación civil (A.C) surgida desde la misión jesuita de Bachajón; además desde la misión se fundaron otras dos Asociaciones Civiles.

que surgió del diálogo entre las comunidades indígenas y el proyecto del Cediac.

Desde mi punto de vista, el sentido de fondo del texto radica en construir un relato que permite reflexionar acerca de las relaciones entre la cooperativa y el Cediac con la finalidad de abrir nuevas posibilidades de interacción. Resulta importante señalar que el trabajo se esforzó en la apropiación del relato hecha por los miembros del equipo de Ciedac y de la cooperativa.

La obra se organiza básicamente, en ocho partes, todas ellas interconectadas y por momentos reiterativas, pero eso le imprime un mayor valor pedagógico. En la primera parte los autores caracterizan su esfuerzo de sistematización y expresan cuál fue su intencionalidad, y cómo se desarrolló; en la segunda, se describe el método de trabajo, apuntando las distintas formas en que se elaboraron los testimonios de los participantes; en la tercera, se ofrece el contexto de la experiencia, enfatizando la situación económica, cultural y política de las comunidades pertenecientes a la cooperativa; en la cuarta, nudo central de la obra, se presenta el proyecto del Cediac, su enfoque y los principios orientadores, así como las características del equipo; en una quinta parte, se da cuenta de la cooperativa, haciendo referencia a su origen y desarrollo, oportunidades y las agendas pendientes desde la propia óptica de sus actores; en la sexta, se hace una mención particular al lugar que ocupan en la cooperativa las mujeres, los jóvenes y los adultos; en una séptima parte, se realiza una síntesis de la experiencia, en particular sus principales aprendizajes y tensiones; y por último en una octava parte, se esbozan algunas posibilidades hacia el futuro.

Un aspecto a destacar es la de que el Cediac optó por una política “emancipadora”, ya que se alineó en el campo de la investigación participativa. Decidió que los miembros de la cooperativa no fueran “objeto de estudio” sino constructores de un relato. Así mismo, señalan los autores, el Cediac adoptó un tipo de investigación “colaborativa”, que es también una opción política de apertura al buscar también

la presencia y el acompañamiento de un equipo de investigadores externos.⁴

Las preguntas centrales de la sistematización se orientaron a mostrar el sentido y los procesos de cambio de la cooperativa: ¿En qué condiciones surgió y para qué? ¿Cómo se creó la cooperativa a partir de las comunidades? ¿Qué cambios llegaron con el Cediac? ¿Qué significa el café para los productores? (qué significado le atribuye cada actor) ¿Cómo la experiencia transformó a los miembros del equipo del Cediac? ¿Cómo seguir?

Paso ahora a señalar algunos temas eje:

El Trabajo. En la sociedad tzeltal, el trabajo camina, sigue un rumbo, se busca, se transforma, se construye, se resignifica... Además, el trabajo está estrechamente relacionado con la familia, en forma tal, que “el trabajo teje las relaciones entre la familia”, y la familia es el lugar desde donde se realiza el trabajo. En el caso de la cooperativa, se ha recuperado esta forma de vivir el trabajo por parte de las comunidades. Consecuentemente, la familia es el lugar desde donde se hace el trabajo de la cooperativa, mientras el trabajo en esta organización se caracteriza por ser colectivo y solidario.

El conocimiento. En las comunidades involucradas en la cooperativa, la manera de conocer, de aprender, adopta un patrón cultural que se sintetiza en los siguientes rasgos, según los miembros del Cediac: “el conocimiento es conocimiento de las cosas”; el conocimiento tiene lugar según la tradición, se observa “apego” a las maneras de hacer y

⁴ Equipo de la línea de investigación “Educación, Trabajo y Pobreza” del INIDE/Universidad Iberoamericana, que estuvo coordinado por Enrique Pieck, profesor-investigador del INIDE, y contó con la colaboración de Graciela Messina durante todo el proceso.

pensar tradicionales: “hacen las cosas como ellos lo saben”; en el mismo sentido: “no consideran que la maquinaria sea indispensable”; al mismo tiempo, se hace presente “el deseo de aprender y experimentar cosas nuevas”, tales como los abonos orgánicos; aún más, “todo es saber en la comunidad”, “la organización es un saber”. Esta idea de que el saber está en todos lados, y en todos los comuneros implica una diferencia radical con la lógica occidental.

La confianza y los cargos. Como la cooperativa fue una iniciativa del Cediac, este origen generó confianza en los productores. Aún más, el contexto de la cooperativa, dentro de la misión jesuita, se expresa o refleja en algunos procesos que hacen a la organización, es decir, la cooperativa funciona a través de los cargos comunitarios, civiles y religiosos. Los autores señalan que es importante destacar que la estructura de los cargos eclesiales, si bien fue introducida por la iglesia, recupera la estructura y tradición comunitaria indígena sin limitarse a reproducir cargos tradicionales, sino que incorpora otros nuevos como el promotor de salud, el cuidador de la Madre Tierra o el promotor comunitario de derechos indígenas. Así pues, la estructura de cargos da cuenta de la síntesis entre las dos culturas, y justamente es esta estructura la que se puso a disposición de la cooperativa.

El enfoque intercultural. El Cediac se ha propuesto metas más inclusivas, en particular la potenciación de la cultura y la lengua originaria, un enfoque intercultural explícito, y la participación de toda la familia y de los jóvenes. Un aspecto en el proceso de la cooperativa es apostar a superar la experiencia de fracaso de intentos organizativos propios, muy extendida en la región, ya que esto ha generado una cultura de trabajo y actitudes que impiden un compromiso a fondo en favor de su trabajo colectivo, como han sido la dependencia del subsidio gubernamental y la desconfianza al estar expuestos a actos de corrupción por parte de sus mismos compañeros.

El enfoque complejo. El trabajo del Cediac en Chilón se presenta como un diálogo con las comunidades, que da origen a la cooperativa.

En este sentido, una organización de servicio espiritual y social como el Cediac, al dialogar con las comunidades, hace posible la emergencia de una organización nueva: la cooperativa de café. Así se construyen tres realidades o tres colectivos sociales complejos que se diferencian y son interdependientes: la comunidad, el Cediac y la cooperativa.

Señalo a continuación algunos componentes que ofrece la obra en su proceso de sistematización en relación a la construcción de un enfoque de “desarrollo comunitario sustentable”. En primer lugar, se reconoce la presencia orientadora de guía metodológica del trabajo de Enrique Gutiérrez para la elaboración de proyectos alternativos populares con un enfoque de transformación social. Así mismo se asume el concepto de sustentabilidad en dos vertientes:

La Sustentabilidad cultural, que busca preservar la cultura, la madre tierra, la participación de las mujeres y de los hijos, en última instancia, la propia comunidad, la condición de comunidad; y la *Sustentabilidad “técnico productiva”*, referida a no depender de tecnologías externas.

En este sentido, me parece importante señalar la relación con la sustentabilidad, donde la experiencia de la sistematización aporta conceptos específicos y originales de las propias comunidades tzeltales, que son una alternativa a la lógica occidental, conceptos tales como: “la buena vida” y “el corazón”.

El enfoque del Cediac, al recuperar la categoría de “el corazón”, se inscribe en la tradición de la comunidad como donación recíproca, donde se da sin esperar recibir, simplemente se da, donde se aprende el compartir con el otro, y las fronteras entre el yo y el otro se diluyen en el nosotros. Donde se viven los valores tzeltales de la hospitalidad, el servicio y la solidaridad.

La obra señala también importantes pistas de la experiencia, y que me parece que pueden ser muy útiles para otras experiencias sociales en proceso. No me detendré a profundizar en ellas tan sólo las señalo: el inicio y el desarrollo gradual, la capacitación permanente e integral, la reivindicación de los derechos de la mujer, la diversificación productiva,

la incorporación de nuevas tecnologías, el empleo de la lengua tzeltal y las reuniones y los círculos de reflexión.

LAS TENSIONES

La sistematización ofrece también un sinnúmero de retos y tensiones, donde el sentido de apropiación del proyecto permanece como una agenda pendiente, ya que los productores y sus mujeres siguen esperando que el Cediac “les resuelva”. Aún más, hombres y mujeres ven como algo normal que sea el Cediac quien se haga cargo de la comercialización del café o de la miel. De aquí se desprende la pregunta, aún en el aire, acerca de la medida en que se realiza la apropiación del proyecto de la cooperativa por las comunidades participantes. Por ello, resulta clave para el futuro construir mecanismos que fortalezcan instancias colectivas y dispuestas a compartir y rotar el ejercicio del poder. Otro desafío es la autosuficiencia alimentaria que se plantea ya, como un campo de trabajo hacia el futuro por parte del Cediac, y que espera lograr promoviendo la producción de la milpa y el huerto de traspatio. Otra reto es buscar mercados protegidos o amigos, como algunas universidades, gobiernos estatales, sindicatos de maestros y cámaras empresariales, entre otros, en vistas de propiciar nuevas alianzas.

Vinculados con el café, se hacen presentes un conjunto de desafíos técnicos, tales como conservar la certificación orgánica, garantizar que la producción sea realmente orgánica, especialmente en el caso de la miel donde los límites son tan difusos, incorporar tecnología de punta sin destruir ni lo orgánico ni las estructuras comunitarias, abordar con una perspectiva igualitaria el hecho de que la producción orgánica utiliza más mano de obra que la tradicional.

Finalmente, otro desafío consiste justamente en hacer realidad que, tanto el equipo de Cediac y los socios de la cooperativa constituyan comunidades de aprendizaje, donde se aprenda y se comparta con y para los

otros. De este modo, no sólo se realizaría en plenitud la tradición de los pueblos originarios, sino el proyecto mismo del Cediac, que es en última instancia, el de la iglesia autóctona, abierta al otro en su singularidad.

Me permito ahora formular algunas reflexiones que este trabajo me ha inspirado. En este contexto, y siguiendo la propuesta de Nortbert Lechner, es preciso reorientar nuestra mirada para dimensionar las implicaciones de la existencia de múltiples organizaciones civiles que trabajan en favor de la sustentabilidad y que representan sistemas emergentes en un tiempo crítico de la modernidad. Sugiero que dichas organizaciones influirán de manera decisiva en el horizonte de un futuro incierto. Estas formas de organización social alternativas implican complejos sistemas de valores, significados, prácticas productivas y estilos de vida, que a lo largo de sus historias, han logrado sobrevivir, y hoy día, constituyen experiencias alternativas frente a la racionalidad imperante del mercado globalizado.

EL PRESENTE CONTINUO

Vivimos un presente continuo que, en la mayoría de los casos, no deja de producir una perplejidad en el campo de lo teórico, así como un inmovilismo en el campo de la acción social. Parto de sugerir, junto con autores como Boaventura Souza Santos y Giovanna Mazzoti, que tanto las disciplinas como las metodologías, que comúnmente son reconocidas en el campo de las ciencias sociales y naturales, no dan cuenta del tiempo adecuadamente. El tiempo social, atrapado en una circularidad sin fin, constituye la trampa de un discurso legitimador de la uniformización y de la regulación de la homogenización natural y cultural. En este sentido, la noción de tiempo es un tiempo viejo, un tiempo maquinal que no da cabida a experiencias alternativas. Con esto, las múltiples experiencias marginales de organizaciones sociales reclaman una refundación o reconstitución profunda de los marcos conceptuales utilizados común-

mente desde la academia y, al respecto, la sistematización de la cooperativa de café constituye todo un aporte.

PRESENTES AMPLIADOS

Por su parte, el tiempo presente debería dar cabida a la emergencia de las múltiples experiencias sociales que hoy día son despreciadas, marginadas, desacreditadas, silenciadas, por no corresponder con la monocultura del saber y de la práctica dominante. Desde la marginalidad de los centros dominantes han surgido múltiples experiencias organizativas que reclaman un derecho a construir sus propias historias, bajo sus propios marcos de temporalidad.

EL FUTURO EXALTADO

Durante mucho tiempo el futuro fue y, en muchos casos, sigue siendo promesa de progreso y desarrollo. Se exaltaba la confianza en un estilo de vida y valores que inexorablemente llevarían a la humanidad al mejor de los estados posible. El paso del tiempo irreversible no ha dejado dudas, nos ubicamos hoy día en el peor de los escenarios posibles. La superación de esta promesa de futuro es condición indispensable de la búsqueda de alternativas utópicas y a la vez realistas.

RECUPERAR EL PASADO

La memoria es fuente de la experiencia social por encima de preceptos eurocéntricos, nortecéntricos y occidentecéntricos. Recuperar las múltiples historias de resistencia cultural a la colonialidad del poder y del saber es el espacio epistemológico crucial a resolver, para salir de la

racionalidad de la modernidad occidental. Recuperar el pasado es recuperar las diferencias y formas de alteridad social profundamente enraizadas en la cultura. En este sentido, acaso la experiencia de sistematización de la cooperativa de café nos dejó algo a deber.

LA SUSTENTABILIDAD COMO CONSTRUCCIÓN SOCIAL

El paradigma de la sustentabilidad surge en respuesta al agotamiento del modelo de desarrollo modernizador. Sin embargo, es preciso distinguir que este paradigma se construye no sólo en los escenarios de política internacional o en los discursos académicos, sino que emerge también de las múltiples experiencias concretas de grupos sociales organizados que trabajan cotidianamente en favor de un desarrollo más justo y humano. De esta forma, recuperar, documentar, acompañar a estas organizaciones sociales implica también un esfuerzo inédito de construcción de nuevos enfoques teóricos. Las organizaciones sociales hacia la sustentabilidad, como es el caso de la cooperativa de café, construyen al menos cinco dimensiones de futuro:

La dimensión cognitiva. Se constituye como un espacio de revaloración de los saberes locales que se diferencian de la monocultura del saber y del rigor científico. Son saberes bajo otros criterios de rigor y que operan creíblemente en contextos y prácticas sociales históricamente establecidas. Establecer estos contextos históricos de credibilidad debe ser condición suficiente para que estos saberes tengan legitimidad epistemológica frente a otros saberes, entre ellos el científico. Así mismo, siguiendo a Edgar Morin, el saber nunca es total, este principio de reconocer los límites del conocimiento abre a su vez la posibilidad de diálogo y disputa epistemológica entre los diferentes saberes.

La dimensión cronológica. La racionalidad del tiempo lineal se rompe en las dinámicas de las organizaciones sociales. El tiempo, lejos de ser

una esencia, es una condición indisociable de la complejidad de la materia y que tiene su máxima expresión en la mente humana. Así pues, el tiempo lineal es una entre muchas concepciones del tiempo. El dominio del tiempo cronométrico no resulta de su primacía en cuanto concepción temporal, sino de su imposición desde la modernidad.

La dimensión de la escala. Esto implica avanzar en un reconocimiento de que toda experiencia histórica está ligada a un territorio, incluso en los momentos actuales de globalización, donde lo virtual lleva a perder de vista la ineludible dependencia de nuestra condición física. La experiencia de las acciones territorializadas es a la vez afirmación de una identidad propia no homogeneizada, sino construida localmente. Esto significa que lo local sea conceptualmente desglobalizado de la hegemonía, y a la vez sea reglobalizado en la ampliación de la diversidad de las prácticas y experiencias sociales.

La dimensión productiva. Las organizaciones sociales hacia la sustentabilidad se distinguen, en primera línea, por una lógica de producción basada en sistemas alternativos de baja dependencia de insumos provenientes del petróleo. Se trata de estrategias milenarias de producción que la lógica de producción capitalista ocultó o desacreditó. Es sin embargo, evidente que hoy día el discurso de producción capitalista ha llegado a su límite. Existen múltiples ejemplos de sistemas de producción alternativos que son practicados por estas organizaciones sociales hacia la sustentabilidad.

La dimensión del control. Esta dimensión de la sustentabilidad está relacionada con los procesos de democracia y poder al interior de estas organizaciones. Se trata de experiencias políticas alternativas al centralismo de decisiones, la corrupción y, a la ausencia de mecanismos efectivos de control. Frente a esta situación, las organizaciones sociales como la experiencia aquí reseñada, están explorando viejos y novedosos instrumentos de participación efectiva, ya no sólo para casos de puestos de dirección, sino en prácticamente cada puesto de la vida social.

ORGANIZACIONES SOCIALES HACIA LA SUSTENTABILIDAD: NUEVOS HORIZONTES DE FUTURO Y DEMOCRACIA

Las evidencias empíricas e implicaciones teóricas que ponen de relieve las experiencias organizativas sociales hacia la sustentabilidad apuntan al tema de las condiciones de acceso y control sustentable de sus recursos naturales. En este sentido, el principio de gestión participativa de los ecosistemas incorpora las formas de manejo de éstos y da reconocimiento a una democracia desde las propias comunidades rurales.

Esta democracia en la sustentabilidad, como lo señalan Leff y Escobar, transita por un camino más allá de la democracia formal y representativa, y señala hacia una reapropiación del concepto mismo de recurso natural y hacia formas diversas de gestiones colectivas de los bienes y servicios ambientales. Se trata de movimientos sociales que representan formas novedosas de decisión sobre el desarrollo económico, pero que incorporan también propuestas creativas desde la esfera política y cultural.

Estos movimientos rurales emergentes se unifican en su rechazo a las políticas neoliberales que generan explotación económica, marginación política, segregación cultural y degradación de los ecosistemas; en opinión de González Casanova, se trata de organizaciones que apuntan hacia un nuevo orden social y hacia una renovación de las condiciones de distribución de la riqueza, de igualdad en derechos étnicos, ambientales y laborales.

CONSIDERACIONES FINALES

Hoy día, afirman Toledo y Boada, la sociedad se enfrenta al difícil dilema de elegir entre el paradigma esgrimido por el neoliberalismo, en donde “el mercado es todo”, bajo una lógica de economía totalmente globalizada, dominado por las corporaciones transnacionales y el nuevo paradig-

ma del desarrollo sustentable, basado en una movilización social, en las capacidades de organización colectiva, la cohesión familiar, los recursos locales y las potencialidades de los ecosistemas.

Paralelo al dominio de la racionalidad económica, en los últimos 20 años se han desarrollado procesos sociales locales afianzados sobre principios de una "Cultura de la Sustentabilidad". Estos movimientos locales se basan en formas de organización simbólica y productiva propias de los pueblos campesinos e indígenas.

Las prácticas productivas, fundadas en la simbolización y en significados sociales asignados a la naturaleza, han generado diferentes formas de percepción y apropiación, reglas de acceso a los recursos, prácticas de gestión de ecosistemas y patrones específicos de producción y consumo. Sin embargo, todo ello no ha estado exento de fuertes tensiones de valores, de presiones económicas y políticas, de corrupción, de cooptación y de represión, lo que da como resultado formas "híbridas o intermedias" de "negociación" con el entorno social y económico, en las cuales están inscritas las comunidades rurales y los proyectos alternativos de desarrollo.

La intensidad con la cual los pueblos campesinos de todo el mundo están viviendo el proceso de globalización, pone de manifiesto un silencioso, pero vigoroso proceso de asimilaciones culturales, cambios tecnológicos y procesos de reafirmación y transformación de rasgos identitarios. De esta forma las múltiples organizaciones sociales que trabajan a favor de la sustentabilidad representan semillas de futuro civilizacional y de nacimiento de nuevos futuros posibles.

Política Territorial en México. Hacia un modelo de desarrollo basado en el territorio¹

Elizabeth Montaña Becerri²

En este libro colectivo se revisa, a través de distintas e interesantes aportaciones, la apremiante necesidad de un modelo de desarrollo que centre su atención en el “es” y menos en el “debe ser”, lo que amplía la posibilidad de entender como suceden las cosas. Es decir, en la perspectiva que corresponde a contextos históricos y geográficos específicos con el objetivo general de mejorar las condiciones sociales.

Por ello, la insistencia del análisis basado en los territorios. Entendido éste como el soporte espacial que expresa los múltiples efectos en cada una de las dimensiones (natural, humana, social), con sus capacidades reales y potenciales para incentivar o restringir las actividades económicas. De entre sus ventajas, permite apreciar las capacidades ambientales que posee un determinado ámbito territorial, para capitalizar la proximidad de los actores en forma de aptitudes y comportamientos orientados a la transmisión y acumulación de saberes vinculados a la principal actividad económica. Pero, tal carácter se adquiere sólo si es posible afrontar la competencia del mercado y garantizar al mismo

¹ Javier Delgado Macías (coord.), 2008, Sedesol, IIEC-UNAM y Plaza y Valdés, México.

² Doctorante en Geografía por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM),
e-mail: emontanob@hotmail.com

tiempo la viabilidad ambiental, aplicando, ya sea lógicas de red o de articulación interterritorial.

Lo anterior supone una competitividad que toma en cuenta los recursos territoriales e implica a los actores –entre ellos las instituciones–, así como la incorporación de los diferentes sectores de la actividad, en una lógica de innovación y cooperación con el resto de los territorios. Esto último, para el caso mexicano, resulta vital, ya que la dimensión institucional es sin duda la de mayor conflicto.

La obra se presenta en tres grandes secciones; la primera, aborda conceptualmente el ordenamiento territorial y la dimensión espacial del desarrollo, lo que da cuenta, por un lado, de la complejidad en el tratamiento del tema territorial, y por el otro, del entramado que configura la distribución de la población y sus actividades, así como de los factores determinantes para el ejercicio de la planeación.

En los textos de esta sección se permea la priorización al componente social en el concepto de ordenamiento territorial, destacándose que más allá de la acción política el componente físico tiene una fuerte relación con el proceso de identidad, que se puede considerar abiertamente como un elemento de regionalización. Así como las redes sociales que se establecen en la apropiación del espacio y la organización colectiva, ambas como las determinantes de la transformación progresiva del territorio.

Igualmente los autores sostienen que ha sido decisivo el papel de las relaciones actuales de funcionalidad metropolitana y los sistemas intermedios de ciudades para la configuración territorial. De hecho, los trabajos apuntan a un enfoque prospectivo, con especial interés en la construcción del andamiaje legal, político e instrumental, en concordancia con los principios de participación.

En la segunda parte, se revisan los aspectos más significativos de la experiencia internacional, así como en la nacional, para la posible construcción de herramientas normativas y de la gestión del desarrollo. De entre los estudios de caso, se da cuenta de tres tendencias relevantes:

la estabilización en la velocidad del crecimiento urbano; la complementariedad entre lo urbano y lo rural y por último, la metropolización.

En paralelo se aborda la desigualdad a partir de la hipótesis de que el sector primario ejerce presión directa sobre los ecosistemas. Especialmente, aborda la tendencia decreciente de la actividad agrícola y el efecto en el ingreso de esa población. De manera que algunos autores concluyen que el mayor reto al cual se enfrenta el ordenamiento territorial, para reorientar el desarrollo rural, es hacia un uso sustentable de los recursos y en franca compatibilidad con lo urbano.

Ahora bien, es a partir de estos trabajos que se da pie al corolario de la obra, donde se integran diversas propuestas para la elaboración e instrumentación de política territorial. De entre las ideas resaltan los componentes de gobernanza y federalismo, ambos sobre una base legal, financiera e institucional que permitiera lograr los mecanismos de coordinación y cooperación entre los diferentes niveles gubernamentales y entre los actores públicos y privados.

Específicamente, se considera al ordenamiento territorial, en la tercera parte de la obra, como medio para el impulso de la política de desarrollo regional, explorando cuidadosamente los niveles meso en pro de lograr espacios de negociación y construcción de acuerdos sobre estrategias competitivas. En la búsqueda de potenciar la interacción entre población, recursos e instituciones, en una forma de gobernar que precise la eficacia, la calidad, y sobre todo, una mejor orientación en la intervención del Estado, lo que muy posiblemente le proporcionaría a él buena parte de su legitimidad en lo que se ha definido como “la nueva forma de gobernar”.

En inferencia personal, este libro acerca al lector no sólo a los componentes del enfoque territorial, sino que además se esfuerza, a través de sus páginas, en poner de manifiesto que el ordenamiento territorial es un concepto operativo que tiene su expresión plena en la planificación, entendida como la búsqueda dinámica de un mejor aprovechamiento del espacio físico y humano. En ese sentido, una de las enseñanzas clave se

conduce en el fortalecimiento de la planificación, incluso como un imperativo del ordenamiento. Al favorecer la corrección de desequilibrios regionales, en donde la meta sea dirigir y acondicionar los mecanismos de innovación en el territorio, para dar solución a las múltiples necesidades. El ordenamiento territorial también como noción rectora, al implicar rigor científico, multidisciplinario y en capacidad para la organización física del espacio, expresado en políticas, normas e instituciones. Estas últimas como algunos de los principales factores del orden social que se manifiestan en costumbres, reglas y leyes.

Respectos a los desafíos, sin duda dos encabezan la lista:

- 1) El saldo territorial en la aplicación de las políticas sectoriales en México. Lo antes señalado, con base en la experiencia de que el país sufre la falta de comunicación entre Secretarías, donde cada una decide lo que le favorece, sin una coordinación plena en beneficio de la sociedad. En el mismo tenor, se parte de una realidad de estructura socio-espacial antagónica, donde se da cuenta de una concentración urbana metropolitana y la peligrosa dispersión rural. Un sistema de ciudades, que obviamente ha propiciado elevada concentración económica y demográfica, lo que trae consigo dificultades para el ordenamiento territorial. Esta realidad nacional es aún más hosca, y como ejemplo, los siguientes datos: la mitad del PIB está concentrado en sólo cinco entidades; existen diferencias de 7 a 1 en el ingreso per cápita estatal; y el hecho de que 1,714 municipios del país se ubican en alta o muy alta marginación. De lo antes citado, cabe destacar el desequilibrio demográfico, donde 25% de la población nacional habita sólo en cuatro grandes zonas metropolitanas y otro 25% de esa población se encuentra dispersa en 195 mil localidades. Y por si fuera poco, el estado general de la vegetación en México plantea 24% del país con una erosión severa, 31% que se asocia exclusivamente a actividades agrícolas de riego y 45% a prácticas agrícolas de temporal en lugares inadecuados.

- 2) Encaminar la deseable colaboración de acción pública y privada, en pro del desarrollo, de forma que para el ordenamiento territorial se contemplen premisas básicas como la determinación de la funcionalidad, o sea las fortalezas y debilidades del territorio y la "realidad social" de las actividades económicas. Asimismo, la asignación de los recursos, que si fuera progresiva, equitativa y solidaria con la población de las regiones más atrasadas, podría evitar mayores desequilibrios y riesgos de fractura nacional; razón por la cual es indispensable promover política territorial de desarrollo con crecimiento económico, redistribución equitativa de la riqueza, y que sea competente a la seguridad nacional.

Guía para autores ¹

Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente

Tipo de contribución

1. Artículos de investigación
2. Notas de investigación
3. Ensayos y revisiones bibliográficas
4. Reseñas de libros y comentarios

Los *Artículos de investigación* deben reportar resultados de investigaciones originales y no haber sido entregados para su publicación en cualquier otro medio. Los artículos no deben rebasar más de 30 cuartillas manuscritas incluyendo figuras, cuadros, referencias, etc.

Las *Notas de investigación* son una descripción concisa y completa de una investigación limitada, la cual no puede ser incluida en un estudio posterior.

La *Nota científica* debe estar completamente documentada por referencias bibliográficas y describir la metodología empleada como en un artículo de investigación. No deberá exceder las 15 cuartillas, incluyendo figuras, cuadros y referencias.

Los *Ensayos y revisiones bibliográficas* deben incluir un tema de interés actual y relevante. Estos trabajos no deben exceder las 20 cuartillas.

¹ Para mayores detalles revisar esta guía en extenso en la página web de la revista: <http://xoc.uam.mx/>

Las *Reseñas de libros* pueden ser incluidas en la revista en un rango de libros relevantes que no tengan más de 2 años de haber sido publicados. Las reseñas no deben exceder las 6 cuartillas.

Presentación de textos

La presentación implica que todos los autores autorizan la publicación del documento y que están de acuerdo con su contenido. Al aceptar el artículo la revista puede cuestionar a el (las, los) autor(as, es) para transferir el derecho de su artículo a la editorial.

Los trabajos para consideración pueden ser enviados de dos formas:

1. Archivo electrónico. Se enviará en documento de word como un archivo adjunto al correo electrónico aalvarez@correo.xoc.uam.mx. Mediante la misma vía se realizará el acuse de recibo.
2. Documento impreso (papel). Se enviarán las copias impresas por mensajería a:

Adolfo Álvarez Macías

Director Editorial

Revista *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*

Edificio 34, 3° piso, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.

Calzada del Hueso 1100, Colonia Villa Quietud, CP 04960, México, D.F.

Tel: 5483-7230 y 31

Archivo electrónico

Se enviará el trabajo en dos archivos adjuntos. El primero incluirá el texto completo; el segundo, en caso de existir, las gráficas, tablas o figuras. El documento deberá tener los cuatro márgenes de 2.5 centímetros y nume-

rarse de manera continua todos los renglones. El tipo de letra será Arial, tamaño 12 puntos a espacio de 1.5 de interlínea. Las cuartillas deberán estar numeradas.

Documento impreso

Para la consideración inicial del texto, es necesario enviar tres copias impresas en total, adjuntando las versiones electrónicas. Posterior a la aceptación final, deberá enviarse en un disco compacto (CD) con dos archivos: la versión final y una sugerencia de cómo quedaría impreso. En la etiqueta del disco, es necesario indicar el nombre de los archivos así como de los autores.

Preparación y consideraciones generales para el manuscrito

1. El texto deberá ser escrito en español, inglés o francés.
2. Si se decide enviar el documento impreso, es necesario adjuntar las ilustraciones originales y dos juegos de fotocopias (tres impresiones de una fotografía).
3. Deberá tener las líneas numeradas, incluyendo resumen, pies de página y referencias.
4. El texto deberá tener el siguiente orden:
 - Título (Claro, descriptivo y corto).
 - Nombre de el (las, los) autor (as, es).
 - Teléfono, correo electrónico y fax del primer autor para recibir correspondencia.
 - Dirección actual de el (las, los) autor (as, es).
 - Resumen.
 - Palabras clave (términos indexados) de 3 a 6.
 - Introducción.
 - Descripción del área, métodos y técnicas.

- Resultados.
- Discusión.
- Conclusión.
- Agradecimientos y reconocimientos.
- Referencias.
- Cuadros.
- Mapas o anexos diversos.

Nota: El título y subtítulo deberán estar en líneas diferentes sin sangrías. Se utilizarán altas y bajas; se escribirá con mayúsculas el carácter inicial y los nombres propios.

5. Se deben utilizar unidades del Sistema Internacional (SI).

Resumen

El resumen deberá ser claro, descriptivo y contener no menos de 800 ni más de 900 caracteres sin considerar los espacios para cada uno de los idiomas en que se presente. Se deberá incluir el resumen en español.

Es conveniente incluir en el resumen los resultados más significativos así como las principales conclusiones.

Cuadros

1. El autor deberá tener en cuenta las limitaciones en tamaño y presentación de la revista. Deberán evitarse cuadros largos, y exceder las dimensiones de una cuartilla (21 x 27,9 centímetros). El cambiar columnas y renglones puede reducir la dimensión del cuadro.
2. Los cuadros se enumeran de acuerdo a su secuencia en el texto y en números arábigos. El texto debe incluir la fuente de todos los cuadros.
3. Cada cuadro estará impreso en una cuartilla separada del texto.
4. Cada cuadro debe tener un título corto y autoexplicativo. El tipo de

letra deberá ser el mismo que el utilizado en el texto (arial, 12 pts.) y colocarse al centro y arriba.

5. Los cuadros elaborados deberán ser propios con base en la información generada por los (as) autores (as). Si llegasen a utilizar información secundaria, deberá darse el crédito correspondiente a la fuente utilizada.

Ilustraciones

1. Todas las ilustraciones (mapas, líneas de dibujo y fotografías) deberán enviarse por separado, sin marco y ajustarse al tamaño de una cuartilla (21 x 27.9 cm).
2. Las ilustraciones deberán ser secuenciadas con números arábigos de acuerdo al texto. Las referencias deben ser hechas en el texto para cada ilustración.
3. Las ilustraciones que contengan texto deberán estar en Indian ink o en etiquetas impresas. Asegurarse que el tamaño del caracter sea lo bastante grande para permitir una reducción del 50% sin volverse ilegible. Los caracteres deberán estar en español, inglés y francés. Usar el mismo tipo de caracter y estilo de la revista.
4. Cada ilustración debe tener una leyenda.
5. Las fotografías sólo son aceptables si tienen un buen contraste e intensidad. Las copias deben ser nítidas y brillantes.
6. Pueden enviarse ilustraciones a color, pero deberá tomarse en cuenta que serán convertidas en escala de grises para su publicación.
7. El formato de entrega será tiff o eps en alta resolución (300 dpi a tamaño carta o proporcional para su manejo).

Referencias

1. Todas las publicaciones citadas a lo largo del documento deberán ser presentadas con datos en la lista de referencias al final del texto.

2. Dentro del texto, al referirse a un autor (as, es) deberá hacerse sin inicial seguido del año de publicación y, de ser necesario, por una referencia corta sobre las páginas. Ejemplo: “Desde que Martínez (2007) demostró que...”, “Esto coincide con resultados posteriores (Sánchez, 2009: 20-21)”.
3. Si la referencia que se indica en el texto es escrita por más de dos autores, el nombre del primer autor será seguido por “et al.” o “y colaboradores”. Esta indicación, sin embargo, no deberá ser usada en la lista de referencias ni en itálicas.
4. La lista de referencias deberá indicarse en orden de acuerdo al apellido de el (as, os) autor (as, es), y cronológicamente por autor.
5. Usar el siguiente sistema para indicar las referencias:

a. De publicación periódica

Gligo, N., 1990, “Los factores críticos de la sustentabilidad ambiental del desarrollo agrícola”, *Comercio Exterior*, 40(12):135-142.

b. Editado en Simposium, edición especial etc, publicación en periódico

CIAT-UNEP, 1995, Marco conceptual para el desarrollo y uso de indicadores ambientales y de sustentabilidad para toma de decisiones en Latinoamérica y el Caribe, Documento de discusión, Taller regional sobre uso y desarrollo de indicadores ambientales y de sustentabilidad, PNUMA, México.

c. De libros

Sassen, S., 1999, *La ciudad global*, EUDEBA/Universidad de Buenos Aires, Argentina.

d. De un capítulo en libro

Muñoz, O., 1991, “El proceso de industrialización: teorías, experiencias y políticas”, en Sunkel, O., (comp.), *El desarrollo desde dentro*, Lecturas, núm. 71, FCE, México.

e. De tesis

Evangelista, O. y C. Mendoza, 1987, *Calendarios agrícolas en cuatro ejidos del Municipio de Coxquibui, Veracruz*, tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM. México.

f. De referencias de sitios

Banco Central de la República Argentina, 2005. "Entidades Financieras: Información por entidad", disponible en <http://www.bcr.gov.ar/comunes/p0003.asp>, consultado el 23/01/2005. Fecha última actualización: 07/01/2005. Unión Cívica Radical: Comité Nacional (UCR Web). Disponible en: <http://www.ucr.org.ar/>, consultado el 28/10/2000.

g. De artículos de publicaciones periódicas en bases de datos

Schrader, A., 1999, "Internet Censorship: Issues for teacher-librarian", en *Teacher Librarian*, vol. 26, núm. 5, Academic Search Elite, pp. 8-12, disponible en <http://www.epnet.com/ehost/login.html>, consultado el 28/11/2000.

Para otros ver detalles en página web de la revista.

Fórmulas

1. Las fórmulas deberán ser escritas de acuerdo a los estándares de la revista. Dejar un espacio amplio alrededor de las fórmulas.
2. Los subíndices y superíndices deberán ser claros.
3. Los caracteres griegos y otros no latinos o símbolos escritos a mano deberán ser explicados e indicar su significado al margen de la página en donde aparecen por primera vez. Tener especial cuidado para mostrar claramente la diferencia entre un cero (0) y el caracter O y entre el 1 y el caracter I.
4. Para indicar fracciones simples, utilizar la diagonal (/) en lugar de una línea horizontal.

5. Enumerar, en paréntesis, las ecuaciones a la derecha. En general, sólo las ecuaciones explícitamente referidas en el texto, necesitan ser numeradas.
6. Se recomienda el uso de fracciones en lugar de signos de raíz.
7. Los niveles de significancia estadística que son mencionados sin más explicación son $P < 0.05 = *$, $P < 0.01 = **$ y $P < 0.001 = ***$
8. En las fórmulas químicas, las valencias de los iones deberán indicarse, por ejemplo, como Ca^{2+} y no como Ca^{++} .

Pie de página

1. Se recomienda hacer los pies de página a través de un procesador de textos.
2. En caso de utilizarlos, deberán numerarse en el texto, indicando el número como superíndice y que sean tan cortos como sea posible. El tamaño del carácter será de 8 pts.

Nomenclatura

1. Los autores y editores aceptarán las normas de nomenclatura biológica vigente.
2. Todos los seres vivos (cultivos, plantas, insectos, aves, mamíferos, etc.) deberán ser identificados por sus nombres científicos, con excepción del nombre común de animales domésticos.
3. Todos los seres vivos y otros compuestos orgánicos deberán ser identificados por sus nombres genéricos cuando son mencionados por primera vez en el texto. Los ingredientes activos de todas las formulaciones deberán ser igualmente identificadas.

Derechos de autor

1. Cuando el autor cite algún trabajo de otra persona o reproduzca una ilustración o tabla de un libro o artículo de revista debe estar seguro de no estar infringiendo los derechos de autor.
2. Aunque en general un autor puede citar de otro trabajo publicado, debe obtener permiso del poseedor del derecho de autor si se requiere reproducir tablas, placas u otras ilustraciones.
3. El material en trabajos no publicados o protegidos, no podrá ser publicado sin obtener el permiso por parte del poseedor de los derechos.
4. Deberá incluirse un agradecimiento por algún material autorizado para su publicación.

Criterios de ditaminación y pruebas del formato del trabajo

1. Una vez revisado, conforme a las políticas de la revista, cada texto será sometido para su dictamen al menos a dos revisores miembros del Comité Editorial. Para ser publicado cada trabajo deberá contar con dos dictámenes aprobatorios.
2. Si el documento cuenta con observaciones, se regresará el texto para la corrección. Una vez realizadas las correcciones conforme a los criterios de evaluación del Comité Editorial de la revista, se enviará una prueba de formación al autor correspondiente. Sólo los errores tipográficos serán corregidos; no se harán cambios o adiciones al documento.

Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente.

Revista electrónica

Se terminó de formar en octubre de 2010,