



Vol. 5 Núm. 1
ENERO - JUNIO 2018

vidsupra

visión científica

ÁREA DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES
DE INVESTIGACIÓN EN POSGRADO, DESARROLLO, INNOVACIÓN, GESTIÓN Y GOBIERNO CIENTÍFICO



"vidsupra, Visión Científica",
Vol. 5, No. 1, ENERO-JUNIO de 2013

Es una publicación semestral editada por el Instituto Politécnico Nacional, a través del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional CIIDIR-IPN Unidad Durango. Calle Sigma No. 119, Fracc. 20 de Noviembre II. C.P. 34220. Teléfonos: 618 8142091 y 618 814 45 40.

Editor responsable: José Antonio Ávila Reyes.

Editores Asociados: Rebeca Álvarez Zagoya y Norma Almaraz Abarca

Producción Editorial: Linda Verónica Adame Amador

Certificado de reserva de derechos: No. 04-2010-112211305700-102, ISSN: 2007-3127, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Certificado de licitud de título número: 14715.

Certificado de licitud de contenido número: 12288, ambos otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación.

Impresa por: Nuestro Entorno, Beatriz Prado No. 32, Col. Benjamín Méndez, Durango, Dgo., C.P. 34020.

Este número se terminó de imprimir el 30 de Junio de 2013 con un tiraje de 500 ejemplares. Distribución: CIIDIR-IPN Unidad Durango. Distribución gratuita a Instituciones de Educación Superior.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Politécnico Nacional.

Foto Portada: Marco Márquez Linares

Directorio
Instituto Politécnico Nacional

Yoloxóchitl Bustamante Díez

Directora General

Fernando Arellano Calderón

Secretario General

Daffny J. Rosado Moreno

Secretario Académico

Norma Patricia Muñoz Sevilla

Secretaria de Investigación y Posgrado

Óscar Jorge Súchil Villegas

Secretario de Extensión e Integración Social

María Eugenia Ugalde Martínez

Secretaria de Servicios Educativos

José Jurado Barragán

Secretario de Gestión Estratégica

Dely Karolina Urbano Sánchez

Secretaria de Administración

Cuauhtémoc Acosta Díaz

Secretario Ejecutivo de la Comisión de Operación y

Fomento de Actividades Académicas

Salvador Silva Ruvalcaba

Secretario Ejecutivo del Patronato de Obras e Instalaciones

Adriana Campos López

Abogada General

Jesús Ávila Galinzoga

Presidente del Decanato

Ana Laura Meza Meza

Coordinadora de Comunicación Social

Juan Rivas Mora

Director del Centro de Difusión de Ciencia y Tecnología

Directorio del CIIDIR-IPN
Unidad Durango

José Antonio Ávila Reyes

Director

Marco Antonio Márquez Linares

Subdirector Académico y de Investigación

Agustín Ángel Meré Rementería

Subdirector Administrativo

Néstor Naranjo Jiménez

Subdirector de Servicios Educativos e Integración Social

Roberto Villanueva Gutiérrez

Jefe del Departamento de Investigación y Desarrollo Tecnológico

Ma. Angélica Hernández Ávila

Jefa de la Unidad Politécnica de Integración Social

Linda Verónica Adame Amador

Jefa de la Unidad de Tecnología Educativa y Campus Virtual

Adán Villarreal Márquez

Jefe de la Coordinación de Enlace y Gestión Técnica

Noelita Rivero Quintero

Jefe del Departamento de Posgrado

Mayra Edith Burciaga Siqueiros

Jefe del Departamento de Servicios Educativos

Víctor Daniel Ríos García

Jefe de la Unidad de Informática

Diana Carolina Alanís Bañuelos

Jefe del Departamento de Recursos Financieros y Materiales

Dora Ma. Clara Aguilar Reyes

Jefe del Departamento de Capital Humano

- 1 **MICROSATÉLITES DE *Phaseolus vulgaris* L. COMO HERRAMIENTA CON POTENCIAL PARA TIPIFICACIÓN DE CULTIVARES**
Alfonso Reyes-Martínez, Eli Amanda Delgado-Alvarado, Luis Gerardo Barriada-Bernal, José Roberto Medina-Medrano, Marcos Cobaleda-Velasco.
- 8 **ANÁLISIS DEL COMPLEJO *Amanita caesarea*, Revisión**
Laura Anabel Páez Oliván, Néstor Naranjo Jiménez, María Daniela Mares Quiñones, Eli Amanda Delgado Alvarado
- 12 **LA RUTA DEL MEZCAL EN LA NUEVA VIZCAYA**
Aurelio Colmenero-Robles, Imelda Rosas-Medina, Néstor Naranjo-Jiménez
- 19 **COMPONENTES ANTIOXIDANTES EN ESPECIES DE HONGOS SILVESTRES COMESTIBLES**
María Daniela Mares Quiñones, Néstor Naranjo Jiménez, Laura Anabel Páez Oliván, Eli Amanda Delgado Alvarado
- 25 **USO DE ESPECIES VEGETALES COMO INDICADORES DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA: REVISIÓN**
Alejandro Fabián Orona Meza, Martín Omar Gutiérrez, Víctor Ortega Martínez, Isaías Chairez Hernández, Laura Silvia González
- 30 **CALIDAD Y RENDIMIENTO DE FRUTOS DE DURAZNERO Y PERAL EN SANTIAGO PAPANQUIARO**
Joel Díaz-Martínez, Gerardo Pérez-Santiago, Isaías Chairez-Hernández, Karina Lisbet Resendez-Velázquez
- 35 **ASPECTOS BIOLÓGICOS, ECOLÓGICOS Y USOS DEL MEZQUITE**
Karina Lisbet Reséndez Velázquez; María P. González Castillo; Isaías Chairez Hernández; Oscar Díaz Martínez
- 39 **VISIÓN DEL MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**
Martín Omar Gutiérrez Montenegro, Alejandro Fabián Orona Meza, Víctor Manuel Ortega Martínez, Sandra Viviana Jáquez Matas
- 44 **BIOFERTILIZANTES EN EL CULTIVO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.)**
Oscar Díaz Martínez, J. Navidad Gurrola Reyes, Gerardo Pérez Santiago y Joel Díaz Martínez
- 50 **ACTIVIDAD FOTOQUÍMICA DE LA 9,10 ANTRAQUINONA Y SUS DERIVADOS**
José Rafael Irigoyen Campuzano, José Bernardo Proal Nájera, Sandra Viviana Jáquez Matas, Alejandro Fabián Orona Meza
- 58 **CONSECUENCIAS AMBIENTALES EN EL TERRITORIO DEBIDAS AL CRECIMIENTO URBANO, UNA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**
Víctor Manuel Ortega Martínez, Sandra Viviana Jáquez Matas, Martín Omar Gutiérrez Montenegro
- 65 **COMPORTAMIENTO DE PLAGUICIDAS PERSISTENTES EN EL MEDIO AMBIENTE**
Sandra Viviana Jáquez Matas, Laura Silvia González Valdez, Rafael Irigoyen Campuzano, Víctor Ortega Martínez
- 77 **ESTADO DEL ARTE SOBRE RESIDUOS EN PLANTACIONES FORESTALES COMERCIALES Y SU APROVECHAMIENTO**
Ariana Berenice Santos García, Martha Rosales Castro

MICROSATÉLITES DE *Phaseolus vulgaris* L. COMO HERRAMIENTA CON POTENCIAL PARA TIPIFICACIÓN DE CULTIVARES

Alfonso Reyes-Martínez, Eli Amanda Delgado-Alvarado, Luis Gerardo Barriada-Bernal, José Roberto Medina-Medrano, Marcos Cobaleda-Velasco.

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional unidad Durango, Instituto Politécnico Nacional Sigma 119, Fraccionamiento 20 de Noviembre II, Durango, Durango, México, 34220

Tel/Fax: 618 8142091

Correo electrónico: alfito2819@yahoo.com

RESUMEN

Los microsatélites son marcadores moleculares que han permitido el estudio y el análisis de la variabilidad genética de un gran número de especies vegetales. En el presente trabajo, esos marcadores se utilizaron para caracterizar 11 cultivares y tres formas silvestres de *Phaseolus vulgaris*. Los pares de iniciadores BM210/AF483902 y BM53/AF483849 permitieron detectar un total de 51 alelos, con secuencias de tamaños entre 52 a 976 pb. Los perfiles de amplificación variaron de 2 a 6 alelos y fueron únicos para cada cultivar, por lo que esos marcadores podrían ser una herramienta de discriminación y autenticidad de cultivares de frijol común.

PALABRAS CLAVE: *Phaseolus vulgaris*, caracterización molecular, microsatélites.

ABSTRACT

Microsatellites are molecular markers highly used to study and analyze the genetic variability of many plant species. In the present work, those markers were used to characterize 11 cultivars and three wild forms of *Phaseolus vulgaris*. The pair of primers BM210/AF483902 and BM53/AF483849 detected a total of 51 alleles, varying in size from 52 to 976 bp. The amplification profiles were unique for each cultivar; therefore those markers can be a tool of discrimination and authentication of common bean cultivars.

KEY WORD: *Phaseolus vulgaris*, molecular characterization, microsatellites.

INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris*) es una especie de leguminosa económicamente muy importante a nivel nacional e internacional, de la que actualmente existe un gran número de variedades cultivadas (Reyes et al., 2008), de variedades que se han vuelto silvestres (Coelho et al., 2009; González-Torres et al., 2006), y de formas silvestres (Koenig y Gepts (1989).

México forma parte de uno de los centros de origen y domesticación del frijol común, el llamado centro Mesoamericano. Dentro de ese centro se reconocen cuatro razas: Durango, Jalisco, Mesoamérica y Guatemala (Chacón et al., 2005). Esas cuatro razas, y tres más, las razas Perú, Nueva Granada, y Chile, reconocidas como parte del otro centro de origen y domesticación de esa especie, el llamado centro

Andino, han sido analizadas con marcadores bioquímicos, como las isozimas (Debouck *et al.*, 1993), y con una serie de marcadores moleculares, como RAPD (Marotti *et al.*, 2007; Martins *et al.*, 2006), RFLP (Nodari *et al.*, 1992), ISSR (Svetleva *et al.*, 2006), y microsatélites (Guerra-Sanz, 2006; Gaitán-Solis *et al.*, 2002.; Yu *et al.*, 2000; Coelho *et al.*, 2009). En la actualidad, los microsatélites se encuentran entre los marcadores moleculares más usados para evaluar la diversidad genética en diferentes variedades de plantas, debido a que son altamente polimórficos y sus resultados son de fácil interpretación (Coelho *et al.*, 2009).

En el INIFAP Durango se ha desarrollado y liberado para su cultivo un gran número de variedades de frijol, que han sido caracterizadas de manera morfológica y agronómica, pero no de manera molecular. La caracterización molecular de variedades de especies cultivadas es relevante porque representa una herramienta de autenticidad de las mismas (Métais *et al.*, 2002; Masi *et al.*, 2003), y un mecanismo para monitorear el grado de cruzamiento entre variedades cultivadas de manera cercana; esto último es importante para frijol porque, aunque es una especie autopolinizable, se ha reportado que entre el 1 y el 8% (Ferreira *et al.*, 2000; Park *et al.*, 1996; Ortega, 1974; McGregor, 1976) de los cultivares puede presentar polinización cruzada, dependiendo del tipo de cultivar, de condiciones ambientales, y de factores regionales, entre otros (McCormack, 2006). La caracterización de especies vegetales también es una valiosa herramienta para estimar el nivel de pureza genética de variedades, para estimar la variabilidad genética dentro y entre variedades, para el mapeo asistido de genes, y para realizar estudios evolutivos (Vázquez-Domínguez *et al.*, 2009). El objetivo del presente estudio fue evaluar

el potencial de los marcadores microsatélites para caracterizar y detectar variabilidad en 11 cultivares y tres formas silvestres de frijol común.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Las semillas de 11 variedades de frijol común fueron proporcionadas, en febrero de 2011, por el Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria (INIFAP) Durango y por el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR IPN) Sinaloa. Las semillas de las tres formas silvestres fueron proporcionadas por el M. en C. Oscar Homero Velasco, del CIIDIR IPN Durango, y fueron colectadas en la Barranca del Cordón de Bueyes, Guanaceví, Durango. La Tabla 1 muestra los nombres de las variedades y su procedencia. Las semillas fueron germinadas y el material foliar de 30 plántulas de cada cultivar de entre 7 y 10 días, fue colectado y usado para la extracción de ADN. Debido a un bajo porcentaje de germinación, únicamente cinco, tres, y 29 plántulas de frijol silvestre negro, frijol silvestre café, y frijol silvestre amarillo, respectivamente, se utilizaron para obtener ADN. El total de individuos analizados fue de 367.

Extracción de ADN

La extracción de ADN se llevó a cabo utilizando el protocolo estandarizado por Reyes-Martínez *et al.* (2011) para frijol. El ADN total de 30 plántulas por variedad se extrajo de manera individual a partir de tejido foliar.

Amplificación de microsatélites por PCR

La amplificación de loci de microsatélites se realizó de acuerdo al método modificado de Svetleva

Tabla 1. Variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris*) utilizado en el presente estudio

Número de Referencia	Variedad	Procedencia
V1	Negro Zacatecas	INIFAP – Durango
V2	Negro San Luis	INIFAP – Durango
V3	Negro Altiplano	INIFAP – Durango
V4	Negro Vizcaya	INIFAP – Durango
V5	Negro V – 8025	INIFAP – Durango
V6	Negro Frijozac 101	INIFAP – Durango
V34	Negro Plus	CIIDIR – IPN Sinaloa
V11	Pinto Mestizo	INIFAP – Durango
V12	Pinto Saltillo	INIFAP – Durango
V30	Bayo Madero	INIFAP – Durango
V31	Bayo Victoria	INIFAP – Durango
VsN	Frijol Silvestre Negro	Barranca del Cordón de Bueyes, Guanaceví, Durango
VsC	Frijol Silvestre Café	Barranca del Cordón de Bueyes, Guanaceví, Durango
VsA	Frijol Silvestre Amarillo	Barranca del Cordón de Bueyes, Guanaceví, Durango

et al. (2006) con los pares de iniciadores BM210 (5' – ACC ACT GCA ATC CTC ATC TTT G – 3')/AF483902 (5' – CCC TCA TCC TCC ATT CTT ATC G – 3') y BM53 (5' – AAC TCA CCT CAT ACG ACA TGA AA – 3')/AF483849 (5' – AAT GCT TGC ACT AGG GAG TT – 3'). Para cada muestra individual se preparó una mezcla de reacción conteniendo iniciadores, cada uno a una concentración de 10 µM; 4 µL de regulador 1X de Green GoTaq Flexi Buffer (Promega); MgCl₂ 1.5 mM; mezcla de nucleótidos 0.2 mM; GoTaq DNA plimerasa (Promega) 1U; ADN molde 25 nM; y agua para ajustar el volumen de reacción a 20 ml. Las condiciones de amplificación fueron las siguientes: un paso inicial de desnaturalización a 94°C durante cuatro minutos; 40 ciclos, comprendiendo un paso de desnaturalización a 94°C durante 30 segundos, uno de alineación a 46°C durante 45 segundos, y uno de extensión a 72°C durante dos minutos; finalizando con 7 minutos a 72°C.

Separación y visualización de los loci amplificados

Los loci amplificados se separaron por electroforesis en geles de agarosa al 2%, sometidos a un voltaje constante de 45 Volts. Los loci se tiñeron con SybrGreen y se visualizaron en luz UV, en un fotodocumentador UVP MultiDoc – It Digital Imaging System.

Análisis de datos

Los perfiles de los loci amplificados por los microsatélites para los individuo de cada cultivar y forma silvestre fueron utilizados para construir una matriz binaria de presencia (1)/ausencia (0). La matriz fue sometida a un análisis de cluster con el software PAST 2.10 (Hammer *et al.*, 2001) y para estimar las características genéticas, la matriz se analizó con el programa Porgene 1.32 (Yeh *et al.*, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los dos pares de iniciadores de microsatélites utilizados fueron polimórficos y revelaron un total de 49 alelos, 25 con el par de iniciadores

BM210/AF483902 y 24 con el par BM53/AF483849. Los perfiles de cada variedad estuvieron formados por 2 a 6 alelos. Ese número de formas alélicas por marcador fue mayor que el reportado por Coelho *et al.* (2009), quienes informaron un valor de cinco como el número máximo de alelos revelado con un microsatélite individual de entre seis microsatélites evaluados en 20 razas de frijol; y fue menor al reportado por Svetleva *et al.* (2006), quienes encontraron 16 para un microsatélite individual de entre 150 analizados con 78 genotipos de esa misma especie. El frijol silvestre amarillo fue el que presentó el número más alto de alelos (seis), el resto de las muestras presentó dos formas alélicas.

El tamaño molecular de los alelos para el microsatélite BM210/AF483902 varió de 77 a 976 pb y para el microsatélite BM53/AF483849 varió de 52 a 588 pb. Estos intervalos de tamaño fueron más amplios que el reportado por Coelho *et al.* (2009), que fue de 114 a 345 pb. El loci más pequeño encontrado en el presente estudio (52 pb) fue de menor tamaño que el más pequeño reportado por Svetleva *et al.* (2006) (200 pb) y el más grande (976 pb) fue también de menor tamaño que el más grande reportado por Svetleva *et al.* (2006) (1900 pb).

Los perfiles de amplificación fueron únicos a cada cultivar y forma silvestre (Figuras 1 y 2), por lo que podrían ser utilizados para tipificar a cada uno y discriminar entre ellos. Las relaciones entre las variedades analizadas con el par de iniciadores BM210/AF483902 se muestran en el dendrograma de la Figura 1. En ella se distinguen tres grupos principales (grupos I, II y III), de acuerdo al algoritmo de Ward. El grupo I estuvo formado por los cultivares Negro Altiplano, Silvestre Negro y Silvestre Café; el grupo II por los cultivares Pinto Mestizo, Pinto Saltillo, Negro Frijozac 101, Negro Zacatecas y Negro V-8025, y el grupo III por los cultivares Bayo Victoria, Negro San Luis, Negro Plus (Sinaloa), Negro Vizcaya, Bayo Madero y Silvestre Amarillo.

Las relaciones genéticas reveladas con el par de iniciadores BM53/AF483849 se muestran en el dendrograma de la Figura 2. En ella se distinguen también tres grupos principales (grupos I, II y III). El grupo I estuvo formado por las variedades Pinto Saltillo, Bayo Madero, Negro Frijozac 101, Bayo Victoria y Negro V-8025; el grupo II por Negro San Luis, Negro Zacatecas, Negro Altiplano, Negro Vizcaya y Silvestre Amarillo; y el grupo III por Negro Plus, Silvestre Negro, Silvestre Café y Pinto Mestizo. Los grupos formados con cada par de iniciadores no coinciden exactamente; sin embargo, una misma tendencia de agrupamiento se puede observar entre el grupo I del par BM210/AF483902 y el III del par BM53/AF483849, entre el II del par BM210/AF483902 y el I del par BM53/AF483849, y entre el III del par BM210/AF483902 y el II del par BM53/AF483849.

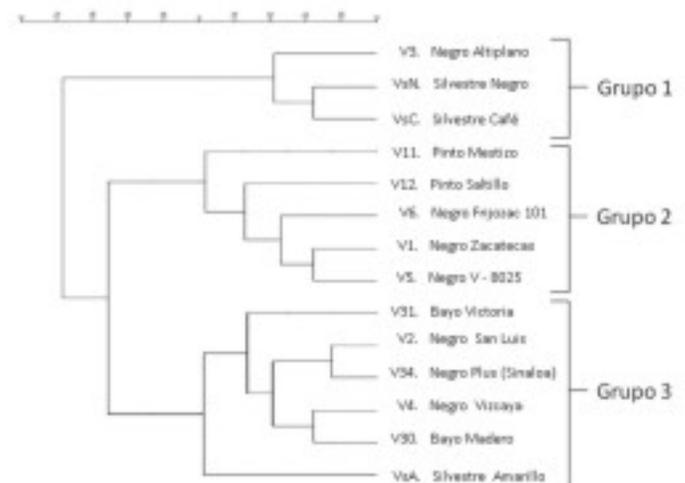


Figura 1. Dendrograma de la relación genética entre los 11 cultivares y tres formas silvestres de *Phaseolus vulgaris*, usando el par de iniciadores para microsatélites BM210/AF483902.

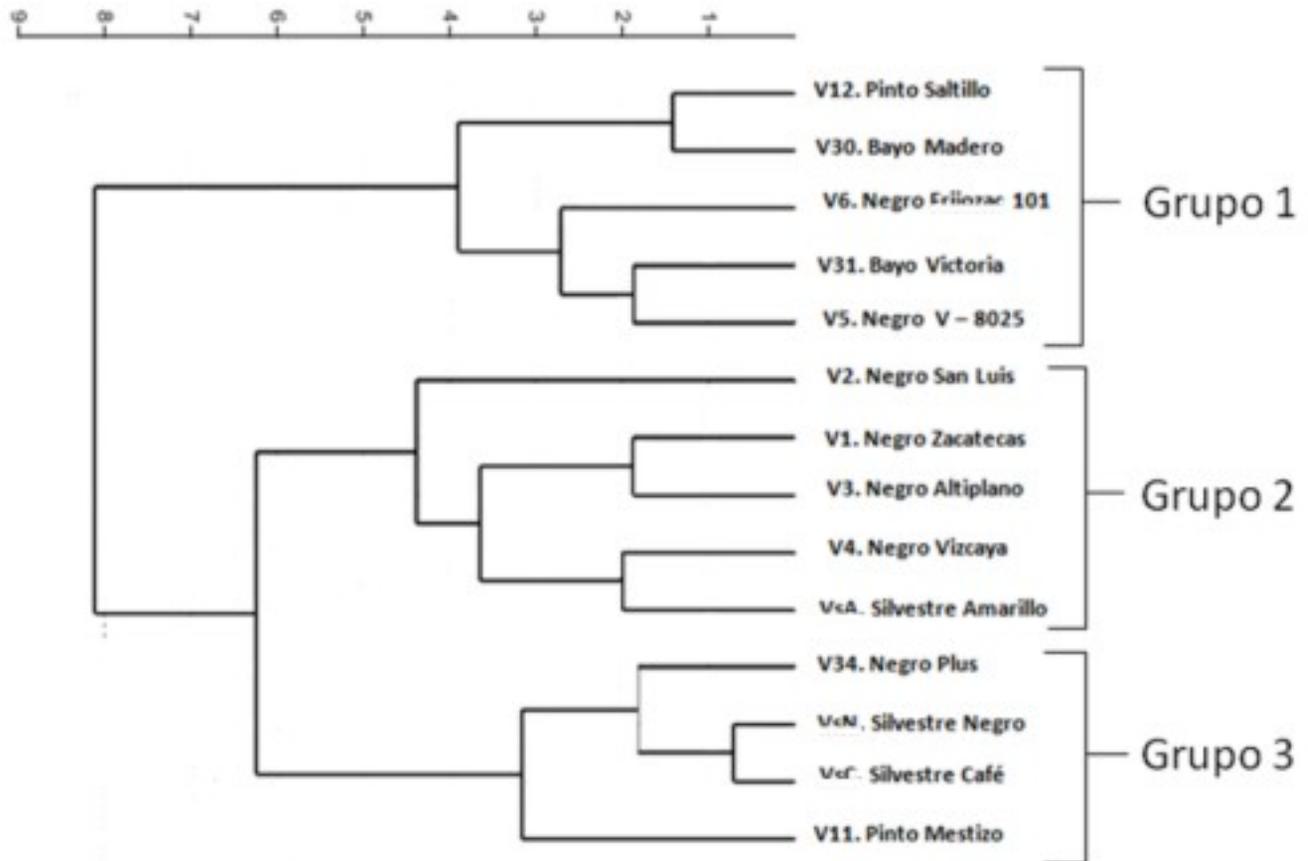


Figura 2. Dendrograma de relación genética entre los 11 cultivares y tres formas silvestres de *Phaseolus vulgaris*, usando el par de iniciadores para microsatélites BM53/AF483849.

CONCLUSIONES

Cada cultivar y forma silvestre de *Phaseolus vulgaris* presentó un perfil de amplificación particular con cada uno de los dos pares de iniciadores de microsatélites utilizados, eso refleja la capacidad de esos marcadores para discriminar entre los diferentes grupos de frijol común analizados. Aunque un número mayor de microsatélites deben ser evaluados por su capacidad de detectar variabilidad y discriminar entre variedades de *P. vulgaris*, nuestros resultados sugieren que los representados por los dos pares de iniciadores, BM210/AF483902 y BM53/AF483849, pueden incluirse entre los valiosos para estudios de variabilidad genética, para tipificar, y para determinar la autenticidad de cultivares de *Phaseolus vulgaris*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Debouck, D. G., O. Toro, O. M. Paredes, W. C. Johnson, P. Gepts. 1993. Genetic diversity and ecological distribution of *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae) in Northwestern South America. *Economic Botany* 47: 408–423.
- Chacón, S. M. I., B. Pickersgill, D. G. Debouck. 2005. Domestication patterns in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and the origin of the Mesoamerican and Andean cultivated races. *Theoretical and Applied Genetics* 110: 432–444.
- Coelho, R. C., M. A. Faria, J. Rocha, A. Reis, M. B., P. P. Oliveira, E. Nunes. 2009. Assessing genetic variability in germplasm of *Phaseolus vulgaris* L. collected in Northern Portugal. *Scientia Horticulture* 122: 333-338.

- Ferreira, J. J., E. Álvarez, M. A. Fueyo, A. Roca, R. Giraldez. 2000. Determination of the outcrossing rate of *Phaseolus vulgaris* L. using protein markers. *Euphytica* 113: 259–263.
- Gaitán-Solís, E., M. C. Duque, K. J. Edwards, J. Thome. 2002. Microsatellite repeats in common bean (*Phaseolus vulgaris*): Isolation, characterization, and cross-species amplification in *Phaseolus* spp. *Crop Science* 42: 2128–2136.
- González-Torres, R. I., M. Carvajal, O. Toro., M. C. Duque, R. Araya, D. G. Debouck. 2006. Evidence of gene flow among bean species of section *Phaseoli* in Colombia and Costa Rica using microsatellite markers. *Annual Report-Bean Improvement Cooperative* 49: 135–136.
- Guerra-Sanz, J.M., 2006. New SSR markers of *Phaseolus vulgaris* from sequence databases. *Plant Breeding* 123: 87–89.
- Hammer, O., D. A. T. Harper, P. D. Ryan. 2001. PAST Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontologia Electrónica* 4: 9. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Koenig, R., P. Gepts. 1989. Allozyme diversity in wild *Phaseolus vulgaris*: further evidence for two majors centers of genetic diversity. *Theoretical and Applied Genetics* 78: 809–817.
- Marotti, I., Bonetti, A., Minelli, M., Catizone, P., Dinelli, G., 2007. Characterization of some Italian common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces by RAPD, semirandom and ISSR molecular markers. *Genetic Resources and Crop Evolution* 54: 175–188.
- Martins, S.R., Vences, F.J., Miera, L.E.S., Barroso, M.R., Carnide, V. 2006. RAPD analysis of genetic diversity among and within Portuguese landraces of common white bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Scientia Horticulturae* 108: 133–142.
- Masi, P., P. L. S. Zeuli, P. Donini. 2003. Development and analysis of multiplex microsatellite markers set in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Molecular Breeding* 11: 303–313.
- McCormack, J. H. 2006. Bean seed production—An organic seed production manual for seed growers in the Mid-Atlantic and Sothern U.S. http://www.savingourseed.org/pdf/pepper_sample_page.pdf [February 2012].
- McGregor, S. E. 1976. Legumes and Some Relatives. Insect Pollination of Cultivated Crop Plants, *Agriculture Handbook* No. 496, U.S. Government Printing Office, Washington.
- Métais, I., B. Hamon, R. Jalouzot, D. Peltier. 2002. Structure and level of genetic diversity in various bean types evidenced with microsatellite markers isolated from a genomic enriched library. *Theoretical and Applied Genetics* 104: 1346–1352.
- Nodari, R. O., E. M. K. Koinange, J. D. Kelly, P. Gepts. 1992. Towards an integrated linkage map of common bean: 1. Development of genomic DNA probes and levels of restriction fragment length polymorphism. *Theoretical and Applied Genetics* 84: 186–192.
- Ortega, S. V. 1974. Polinización cruzada natural de la caraota (*P. vulgaris* L.) en Venezuela. *Agronomía Tropical* 24: 27–32.
- Park, S. J., T. E. Michaels, J. R. Myers, D. W. A. Hunt, K. Stewart-William. 1996. Outcrossing rates of common beans grow in Ontario and Idaho. *Annual Report-Bean Improvement Cooperative* 39: 90–91.
- Reyes-Martínez, A., L. G. Barriada-Bernal, D. M. Rivera-Rodríguez, A. Pajarito-Ravelero, E. A. Delgado-Alvarado, N. Almaraz-Abarca, J. Herrera-Corral, J. N. Uribe-Soto, N. Naranjo-Jiménez. 2011. Comparación de dos métodos para obtener ADN

- total de *Phaseolus vulgaris* para análisis de ISTR. Vidsupra 3: 23–29.
- Reyes, R. E., L. E. Padilla Bernal, O. Pérez Reyna, P. López Jaquez. 2008. Historia, naturaleza y cualidades alimentarias del frijol. Investigación Científica 4: 1-21.
- Svetleva, D., G. Pereira, J. Carlier, L. Cabrita, J. Leitaõ, D. Genchev. 2006. Molecular characterization of *Phaseolus vulgaris* L genotypes included in Bulgarian collection by ISSR and AFLP analyses. Scientia Horticulturae 109: 198–206.
- Vázquez-Domínguez, E., S. Castañeda-Rico, T. Garrido-Garduño, T. A. Gutiérrez-García. 2009. Avances metodológicos para el estudio conjunto de la información genética, genealógica y geográfica en análisis evolutivos y de distribución. Revista Chilena de Historia Natural 82: 277–297.
- Yeh, F. C, R. C Yang, T. Boyle. 1999. Popgene version 1.31. Microsoft windows-based freeware for population genetic analysis. Quick user guide. Alberta, Canada.
<http://www.ualberta.ca/~fyeh/popgene.pdf>
- Yu, K., S. J. Park, V. Poysa, P. Gepts. 2000. Integration of simple sequence repeat (SSR) markers into a molecular linkage map of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Hereditas 91: 429–434.

ANÁLISIS DEL COMPLEJO *Amanita caesarea*, Revisión

Laura Anabel Páez Olivan, Néstor
Naranjo Jiménez, Maria Daniela
Mares Quiñones, Eli Amanda Delgado
Alvarado

Centro Interdisciplinario de Investigación
para el Desarrollo Integral Regional Unidad
Durango del Instituto Politécnico Nacional,
Sigma 119, Fraccionamiento 20 de
Noviembre II, Durango, Dgo., 34200.
Tel/Fax: 618 8142091
Correo electrónico: anapaezoli@hotmail.com

RESUMEN

En los últimos años se ha presentado una discrepancia sobre las especies que integran el complejo *Amanita caesarea*. En esta recopilación bibliográfica se muestra información sobre cómo es considerada la conformación de dicho complejo en dos de los más relevantes estudios taxonómicos sobre el tema, la "Iconografía de Macromicetos de México I *Amanita*", en donde se menciona que 13 especies conforman dicho complejo, el cual se divide en dos géneros: *Caesareae* y *Hemibaphae*; y el trabajo titulado "The *Amanita caesarea*-complex", basado en un estudio más detallado, que sugiere que las especies mexicanas pertenecientes al complejo son seis: *A. basii*, *A. caesarea*, *A. laurae*, *A. tecomante*, *A. tullossii* y *A. yema*.

PALABRAS CLAVE: Complejo *Amanita caesarea*, basidiomicetos, hongos.

ABSTRACT

In recent years there has been a discrepancy about the species that make up the complex *Amanita Caesarea*. In this review, information about the number of species forming that complex, according two of the most relevant taxonomic studies is present. We analyzed the publication entitled "Iconography of Macromycetes of Mexico I *Amanita*", in which 13 species are mentioned as belonging to the complex, which is divided into two genera: *Caesareae* and *Hemibaphae*; and the paper entitled "The *Amanita Caesarea*-complex", which include the results of a more detailed study, that suggests that the Mexican species belonging to the complex are six: *A. basii*, *A. caesarea*, *A. laurae*, *A. tecomante*, *A. tullossii* and *A. yema*.

KEY WORDS: *Amanita caesarea* complex, basidiomycetes, fungi.

INTRODUCCIÓN

Existe una controversia taxonómica actual con relación al número de especies que forman el complejo *Amanita caesarea* (Guzmán y Ramírez, 2001; Pérez y Herrera, 1991). En el presente trabajo se describen brevemente algunos de los más importantes aspectos biológicos del complejo y las principales propuestas relacionadas al número de especies que lo forman.

ASPECTOS BIOLÓGICOS

El enigmático mundo de los hongos ha despertado gran interés y curiosidad desde las más antiguas civilizaciones. Como antiguamente no

se conocía ni comprendía su naturaleza ni su sistema de reproducción, fueron objeto de múltiples leyendas. Se llegó a creer que se formaban por el encuentro de un rayo de sol y una gota de rocío; incluso se pensaba que podían proceder de los encantamientos de los brujos. A partir de los siglos XVI y XVII comenzó verdaderamente el estudio de la micología con la introducción, por parte del sueco Linneo (1707-1778), de la nomenclatura binomial para clasificar las especies. Algunos años más tarde nace Elías Fries (1794-1878), considerado el padre de la micología moderna, quien describió lo largo de su vida más de 3000 especies de hongos y realizó una clasificación sistemática que fue la base de trabajos posteriores (Castilla y de la Cruz de la Villa, 2008).

Los griegos y los romanos fueron de las primeras civilizaciones que comenzaron a utilizar los hongos como alimento y medicinas. Conocían la comestibilidad y toxicidad de determinadas setas y desde entonces han quedado ejemplos notables de estos usos. *Amanita caesarea* era una de las especies más apreciadas entre estas civilizaciones; fue nombrado de éste modo porque se consideraba un manjar propio de los césares. El emperador Claudio fue aficionado a esta seta, y esa afición permitió que Agripina lo envenenara, al sustituir esa especie por la venenosa *Amanita phalloides*, para así lograr que su hijo Nerón accediera al trono (Castilla y de la Cruz de la Villa, 2008).

El término *Amanita* (*A.*) pudo haber derivado del nombre del monte Amanon situado en Cilicia, o bien, de la palabra griega amanía que significa locura, ya que varias especies del género *Amanita* son alucinógenas y ocasionalmente venenosas (Pérez y Herrera, 1991).

El nombre *Amanita*, derivado del griego amanítai, usado en la antigüedad clásica por

por Tournefort y Dilenio, desde finales del siglo XVII y principios del XVIII, fue asignado por Persoon, en 1797, a las especies con velo universal o volva, segregadas por él del género *Agaricus*, en el que habían sido clasificadas por Linneo (Pérez y Herrera, 1991).

Más tarde Fries aceptó el género *Amanita* en el sentido de Persoon, pero en 1821, lo relegó al rango de tribu del género *Agaricus* y separó a las especies con volva y esporas rosadas en la tribu *Volvaria*, las cuales, en la actualidad, quedan incluidas en el género *Amanita* con la delimitación que ahora tiene. Varios autores han tratado de cambiar esta delimitación e hicieron descripciones de otros géneros como *Vaginata* S.F. Gray, *Amanitopsis* roze, *Pseudofarinaceus* O. Kuntze, y *Amanitella* Earle, que incluyen especies carentes de anillo, estructura que, como resto del velo parcial o interno, generalmente, permanece en la parte superior del estípe en las especies del género *Amanita*; no obstante, las especies sin anillo, también se siguen incluyendo actualmente en éste último género (Pérez y Herrera, 1991).

Earle, en 1909, sustituyó el nombre *Amanita* por el de *Venenarius* y propuso el género *Leucomyces* para las especies tradicionalmente incluidas en el primer género, que presentan anillo y volva en forma de saco; pero los géneros *Venenarius* Earle y *Leucomyces* Earle no tuvieron una aceptación general entre los micólogos y en la actualidad no se usan (Pérez y Herrera, 1991).

Amanita caesarea es un hongo común, caracterizado por ser un basidiomiceto, con un atractivo basidioma naranja o rojizo, píleo umbonado, anillo amarillo o blanco y una volva (Figura 1). Estos hongos tienen un alto valor económico entre las setas comestibles, y es el hongo

silvestre de mayor consumo en México (Guzmán y Ramírez, 2001).



Figura 1. *Amanita caesarea* (Tomado de Pérez et al., 1991)

Los hongos pertenecientes al género *Amanita* son micorrícicos, lo que le confiere una importancia ecológica ya que establecen una relación simbiótica con la mayoría de plantas. Ellos les aportan beneficios, dándoles ventajas con respecto a las plantas no micorrizadas, por ejemplo facilitándole a la planta la toma de nutrientes de baja disponibilidad o de poca movilidad en el suelo, evitando la acción de microorganismo patógenos en la raíz, aumentando la tolerancia de la planta a condiciones de stress abiótico en el suelo, entre otros beneficios (Barrera, 2009).

Amanita caesarea es una especie de amplia distribución, se encuentra en bosques de *Quercus*, de *Pinus* y *Abies*, por lo general solitaria, pero a veces gregaria. En México se extiende por los bosques del Distrito Federal, Durango, Chihuahua, México, Hidalgo, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí y Veracruz. Es una especie comestible excelente, con gran tradición, y la más comercializada. Puede ser confundida con *Amanita muscaria*, sobre todo cuando, por efecto de la lluvia, se le desprenden las escamas del píleo, pero ésta siempre presenta el estípite blanco con la volva anillada (Pérez y Herrera, 1991).

Es necesario realizar un estudio cuidadoso del sub-himenio para este complejo en varias etapas de desarrollo del basidioma para evaluar el valor taxonómico del espesor del sub-himenio con relación al problema presentado con *A. jacksonii* vs. *A. tullossii* (Guzmán y Ramírez, 2001).

Los rasgos taxonómicos para distinguir la especie son el tamaño de las esporas y la forma (considerado aquí como la variación normal de la longitud dividida por la anchura, sin los extremos), si el píleo es escaldado y su color, la longitud y la descamación de estípite. El resto de las características microscópicas, como cheilocystidia, elementos de la volva y anillo, pilepellis, entre los más importantes (Guzmán y Ramírez, 2001).

La nueva especie, *A. basii*, fue descrita con base en ejemplares de *A. caesarea* de México y Europa que presentaron esporas más pequeñas. *Amanita laurae* es separada de *A. arkansana* por la descamación visible sobre el estipe, cambiándolo de amarillo a blanco, el rasgo no ha sido observado en *A. arkansana* y confusamente fue observado en *A. masasiensis*. *Amanita yema* es una especie mexicana con una pizca de rojo, convexo, no umbonado, píleo moderadamente escaldado y estipete mucho más largo, que lo separan de *A. caesarea*. *Amanita tecomante* su diferencia sólo de *A. yema* por tener esporas más pequeñas. Es probable que ambos crezcan en los EE.UU. y Guatemala. En México, *A. jacksonii*, es la especie más común, seguida por *A. yema*, *A. tecomante*, *A. tullossii*, *A. caesarea* y *A. basii*. La especie más rara es *A. laurae* (Guzmán y Ramírez, 2001).

CONSIDERACIONES FINALES

Según Pérez y Herrera (1991) el complejo *Amanita caesarea* se integraba por 13 especies que

LA RUTA DEL MEZCAL EN LA NUEVA VIZCAYA

Aurelio Colmenero-Robles¹, Imelda Rosas-Medina¹, Néstor Naranjo-Jiménez²

¹Secretaría de Investigación y Posgrado, Instituto Politécnico. Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Zacatenco, Delegación Gustavo A. Madero, México, D. F. C. P. 07738.

²Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Instituto Politécnico Nacional, Sigma 119, Fraccionamiento 20 de Noviembre II, Durango, Durango, México, 34220.
Correo electrónico:
acolman55@yahoo.com.mx

RESUMEN

Los hallazgos recientes de la elaboración del mezcal parecen indicar que ya formaba parte de la cultura precolombina tlaxcalteca, entre esos hallazgos se encuentran restos arqueológicos de la cerámica y vestigios de los hornos donde se hacía el cocimiento de las piñas del agave, y de estructuras para el machacado, fermentación y destilado del mosto. La destilación con alambiques llegó a América, con los conquistadores españoles. El mezcal fue catalogado como bebida prohibida, por órdenes de la Corona Española su producción fue considerada ilegal. La autorización para el libre consumo del aguardiente se da el 9 de diciembre de 1796 por órdenes del entonces virrey de la Nueva España, Revillagigedo. En los albores del siglo XIX, en el periodo de 1800 a 1804, se autoriza la fabricación de mezcal y el establecimiento de sitios con licencia para la venta del mezcal en la ciudad de Durango, a fin de recabar suficientes impuestos para obras destinadas a diversas funciones públicas. La producción de mezcal en el estado de Durango es una actividad eminentemente artesanal, con algunas adecuaciones técnicas, pero conservando en esencia su forma de producción apegada a los sistemas tradicionales.

PALABRAS CLAVE: Mezcal, sistemas tradicionales de producción, Nueva Vizcaya.

ABSTRACT

Archeological evidences suggest that mescal was already elaborated by the ancient "tlaxcalteca" culture. Distillation, by using distillation tools, arrived to America with the Spaniards. Mescal was a banned beverage by the Spanish government. It was considered as legal until 1796, when the virrey Revillagigedo authorized its production and consumption in the Nueva España. Between 1800 and 1804, the legal manufacturing and consumption of mescal in Durango City were established. At the present, in Durango, the mescal manufacturing is an artisanal activity, some technical and modern implementations have been introduced, but in essence the traditional way of production is conserved.

KEY WORDS: Mescal, traditional systems of production, Nueva Vizcaya

INTRODUCCIÓN

Una de las interrogantes en la vida contemporánea de los actuales productores de mezcal o vino mezcal en el Estado de Durango es la historia del arraigo de esta bebida que se pierde en la memoria del tiempo en aquellos actores que día a día la elaboran. Muchos de ellos no

se distribuían en el Oriente de Canadá y EE.UU., México, Europa, Asia y África. Posteriormente, Guzmán y Ramírez (2001), con base en un análisis morfológico detallado, propusieron que las especies que conformaban el complejo *Amanita caesarea* sólo eran seis.

Las especies que integran el complejo *Amanita caesarea* son de gran importancia ya que es la especie silvestre de hongos de mayor consumo en México. Es importante tener una clasificación taxonómica correcta de estas especies para determinar la diversidad de especies y la variación que el impacto antropogénico ejerce sobre cada especie, para implementar planes de manejo y aprovechamiento de ese recurso. Como se muestra en la presente revisión bibliográfica, el número de especies del complejo *Amanita caesarea* ha variado. El número actualmente reconocido podría ser cambiado otra vez, si estudios basados en marcadores químicos y moleculares, complementando los morfológicos, así lo sugirieran.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barrera, B. 2009. El uso de hongos micorrizicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. *Revista Biotecnológica en el Sector Agropecuario y Agroindustria* 1: 123-132.
- Castilla, L. F., R. de la Cruz de la Villa. 2008. Hongos del Arboreto y del Monte Abantos. Cuadernos del Arboreto Luis Ceballos 3. Consejería del Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio. España.
- Guzmán, G., F. Ramírez. 2001. The *Amanita caesarea*-complex. J. Cramer. Germany.
- Pérez, S. E., S. T. Herrera. 1991. Iconografía de Macromicetos de México I *Amanita*. UNAM.

México.



imaginan los fascinantes eventos y hechos siempre ligados a esta “bebida prohibida” dada por los gobernantes a lo largo y ancho de la Nueva España. La región norte o Septentrión, como era conocida por aquellos osados viajeros, comerciantes y religiosos que transitaban por el “Camino Real de Tierra Adentro”, hacían el recorrido desde la capital novohispana hasta finalmente llegar a Santa Fe en el actual estado Norteamericano de Nuevo México. Uno de los motivos principales de las autoridades novohispanas era la exploración de la frontera norte en la búsqueda de oro, plata y la conversión a la nueva religión de las múltiples tribus que poblaban esa región, de condiciones climáticas extremas, de escasez de agua, y de altas y bajas temperaturas en el ambiente.

En el presente ensayo se revisaron los escritos o fuentes bibliográficas sobre los primeros asentamientos y pobladores que habitaron las llanuras del Valle del Guadiana y aquellos documentos relativos al período de producción de vinos, aguardientes y vino mezcal en los territorios de la Nueva Vizcaya y en la región norte de Nueva Galicia en los siglos XVI, XVII, XVIII y principios del siglo XIX.

LOS POBLADORES DEL SEPTENTRIÓN Y SU ACULTURACIÓN

En el siglo XVI la Nueva Vizcaya comprendía un gran territorio conformado por los actuales Estados de Durango, sur de Coahuila, Sonora, Sinaloa y Chihuahua, y colindaba con la región norte de Nueva Galicia, en lo que hoy se conoce como Zacatecas. Nuestra historia comienza aquí donde muchos de los cronistas en las primeras incursiones ordenadas por el régimen colonial novohispano hacen referencia a grupos de pobladores belicosos y salvajes, sin

imaginar que ya poseían una vasta cultura. Así lo atestiguan las investigaciones de Álvarez (2003) y Giudicelli (2006) al denotar que en la región de la Nueva Vizcaya no se trataba de los “chichimecas”, sino más bien de los Tepehuanos y una serie de grupos de pobladores contiguos a esa zona como los Tarahumaras, Laguneros, Zacatecos y Huachichiles, que ya formaban parte de un extenso conjunto cultural variado y complejo, con diferencias marcadas entre estilos de vida y estrategias de adaptación a diferentes ambientes.

Estos grupos practicaban una agricultura permanente, ligada a pequeñas obras de riego. Así mismo, los habitantes del altiplano septentrional, cercanos al pie de la Sierra Madre Occidental, cultivaban el maíz y otras plantas en pequeños campos cercanos a los ríos y arroyos, cuya humedad aprovechaban, y complementaban su régimen de vida con prácticas de caza y recolección de plantas diversas.

El descubrimiento de la altiplanicie donde se encuentra la actual Ciudad de Durango la realizó en primera instancia Francisco de Ibarra lo cual ocurrió en tres momentos. La primera expedición comandada por el propio Francisco de Ibarra a la “Tierra Adentro” salió de Zacatecas en septiembre de 1554, cuando no había poblaciones españolas delante de las minas de Zacatecas; la segunda etapa tuvo lugar a finales de la década de 1550 y a principios de la de 1560, cuando Francisco de Ibarra ayudó a los frailes franciscanos a entrar en la “Tierra Adentro”; y el tercer momento en el año de 1562, con la expedición definitiva de conquista y poblamiento lo que permitió fundar la provincia de Nueva Vizcaya. Durante este intervalo el explorador Ginés Vázquez de Mercado en 1552, llegó a un valle que bautizó como “Guadiana” y encontró una supuesta montaña de plata. Sin embargo, este

cerro resultó ser una montaña de hierro a cielo abierto que en la actualidad lleva el nombre de su descubridor. No fue sino hasta el 8 de julio de 1563 cuando se funda la Villa de Durango.

LAS PRIMERAS HACIENDAS EN LA VILLA DE DURANGO

Los conquistadores españoles modificaron drásticamente los paisajes de la Nueva Vizcaya, antes eran cotos de caza para los grupos indígenas residentes. Con la introducción de ganado pasaron a ser sitios restringidos de tránsitos hacia las planicies aledañas, así entre los primeros asentamientos que se erigieron en esas tierras destacan las villas de Nombre de Dios, Durango, Indé, y La Victoria. A los distintos grupos conquistados les conminaban, con la entrega de semillas de maíz y calabaza, a establecerse con fines de residencia para practicar una agricultura (Álvarez, 2003). Estos primeros colonizadores, también desviaron múltiples cursos de arroyos para el riego de sus cultivos; el pensamiento de los conquistadores era agrupar a distintas tribus nómadas, para su rápida conversión al catolicismo y forzarlos a trabajos esclavizantes, como el de la minería; sin embargo, muchos de ellos aún se resistieron a permanecer en lugares fijos (Guevara, 2011). En los alrededores de la Villa de Durango se asentaron muchas estancias ganaderas y agrícolas, donde los principales conquistadores erigieron sus casas, las más importantes fueron Topia, Navacoyán, y El Nayar, entre otras, las cuales se encontraban sobre elevaciones que dominaban la mayor parte del Valle de Guadiana (Punzo, 2009).

LA TRILOGÍA DE LAS BEBIDAS EN LA NUEVA VIZCAYA: VINO, AGUARDIENTE Y MEZCAL

La introducción y cultivo de *Vitis vinifera* (para

elaborar la bebida conocida como vino de Castilla) en el septentrión novohispano fue un acontecimiento que acompañó a la colonización de las tierras situadas al norte de capital novohispana. En el año de 1597 surge la plantación de vid en la Hacienda San Lorenzo, en Parras Coahuila, y en el pueblo de indios de San Juan del Río (Durango) se producían uvas blancas, tintas, y moscateles, vino, y vinagre (Corona, 2002).

Desde finales del siglo XVI y hasta el siglo XVIII, en la Intendencia de Nueva Vizcaya y en el norte de la de Nueva Galicia existían pequeños viñedos, como el de la Hacienda de Medina, en Fresnillo (Zacatecas), la cual producía vino tinto, así como en las cercanías de minas de Nieves, también en Zacatecas, se hacía un vino "aceptable". Situación similar ocurre en la mitad del siglo XVII en la región de Presidio del Paso del Norte, cuando se autoriza la producción de vino por decreto del Virreinato de la Nueva España (Corona, 2001; Corona, 2003). La producción y venta de vino de uva solo podían realizarlas los monjes de los monasterios para celebrar o bien recibirlo en calidad de limosna pero no se permitía su entrega a todos aquellos religiosos que residían en los pueblos como equivalencia a sus salarios. Un hecho revelador acerca de la elaboración de vino de Castilla ocurre en la villa de Aguascalientes, cuando a partir de 1642 se otorga un permiso real para la disposición de agua para los cultivos de vid y chile (Rojas, 1986).

La destilación con alambiques llegó a América con los conquistadores españoles, que a su vez lo tomaron de la cultura árabe cuando España fue dominada por los moros, dio causa a la producción del aguardiente que se obtenía a partir de la destilación de orujos de la vid y estaba regulada en la Nueva Vizcaya, pero en general su elaboración estaba prohibida en el resto del territorio novohispano, dado que iba en detrimento de las bebidas que eran traídas

desde España (Corona, 2001). Sin embargo, hallazgos recientes sugieren que la elaboración del mezcal ya formaba parte de la cultura precolombina tlaxcalteca, como lo sugieren resultados de las investigaciones realizadas por Lazcano *et al.*, (2006) y Serra y Lazcano (2009), basadas en y vestigios de los hornos donde se hacía el cocimiento de las piñas del agave y en restos arqueológicos de la cerámica en la que se realizaba el machacado para extraer el jugo azucarado que se ponían a fermentar para posteriormente “destilar el mosto” y obtener dicha bebida. En el siglo XVI el franciscano Toribio de Benavente, Motolinia, en 1528, declaró que había oído acerca de la fabricación del licor por cocimiento del corazón del maguey, el cual era llamado *mescalli*, que los españoles dicen que es de mucha sustancia y saludable (Serra y Lazcano, 2010). No hay duda de que el mezcal antecedió al aguardiente de orujo en la historia de la destilación de la Nueva Vizcaya, en palabras de Corona (2002) *“Sabemos de cierto que en la villa del Saltillo era una práctica común la obtención del aguardiente de mezcal en la primera mitad del siglo XVII. El mezcal se confeccionaba ...[de la siguiente forma]. Unas cabezas de magueyes medianos de que no puede extraerse pulque, se asan, majan y echan en infusión con el agua correspondiente, de cuyo fermento toma punto para alambicarlo”*.

Años antes, por órdenes de la Corona, mediante las Cédulas Reales del año de 1529 y del 24 de enero de 1545, se confirmó la orden de no permitir la producción a indios y españoles de *“vinos de la tierra con raíces”*, quedando asimismo prohibida su venta pública o secreta en toda la Nueva España. Las bebidas prohibidas comprendieron: aguardiente de maguey, aguardiente de caña (conocido como chinguirito), aguardiente de miel, cantincara, guarapo, oloinque, mistelas contrahechas (imitación

de aguardiente a partir de uva), vinos de coco, sangres de conejo, binguíes, tepaches, mezales (conocido también como bingarrote), guarapo, pulques amarillos y otras más con semillas de árbol del Perú (Corona, 2001). La prohibición incluía la venta a los indios, negros y esclavos en el territorio novohispano (Cruz, 2004). Sin embargo, dada las condiciones infrahumanas en la que vivían estos mineros, gran parte de los dueños de las minas, permitían que sus trabajadores consumieran aguardiente y mezcal con el fin de soportar las extenuantes jornadas en la extracción de los minerales preciosos, aunque en algunas ocasiones terminaran en reyertas alterando la vida social (Flores, 1997). La autorización para el libre consumo del aguardiente se da el 9 de diciembre de 1796 por órdenes del entonces Virrey de Revillagigedo y el 4 de septiembre de 1811 se emite un nuevo Bando para la libre fabricación y venta del vino mezcal (Bazán, 1964).

La excepción a la prohibición de fabricación y venta de las bebidas mencionadas se circunscribió al área de la Villa de Guadalajara, que pertenecía a la Intendencia de Nueva Galicia, donde se autorizó la libre producción, distribución y venta del vino mezcal a partir del año de 1673, el objetivo era allegarse de los recursos financieros necesarios para la construcción de obras de abasto de agua a la ciudad. Particularmente en el año de 1621, en la región de Tequila, ya se producía el vino mezcal que a decir de algunos testimonios esta bebida era tan clara como el agua y más fuerte que el aguardiente (Muriá, 1994).

LA MINERÍA Y EL CONSUMO DE LAS BEBIDAS PROHIBIDAS

Los pueblos mineros novohispanos eran considerados unidades multiculturales constituidas por un conjunto de hechos y códigos morales que le

daban un sentido peculiar al desarrollo social. A finales del siglo XVIII, los pueblos mineros estaban habitados por indios, españoles, mestizos, mulatos, negros y otras castas. Las diversiones prohibidas o ilícitas encontraron un espacio donde se fomentaban los juegos de azar como naipes, peleas de gallos, lotería, pelota, dados, biribís, billar y el alto consumo de bebidas embriagantes prohibidas como el aguardiente y el mezcal (Flores, 1997; García, 2008). Aun cuando no se han encontrado evidencias documentales sólidas de los inicios en la producción de mezcal durante los primeros años de la fundación de la Villa de Nombre de Dios y alrededores, resulta importante destacar su intensa actividad religiosa y mercantil, por su relación con la villa de Zacatecas y sus comarcas como Sombrerete, Fresnillo, Ramos y Jerez; con la Villa de San Luis Potosí; y su estrecha relación con las Villas de Poanas, San Martín, Nieves, y Durango, ya que muchos de los acontecimientos ocurridos en esos lugares eran objeto de atención por altos personajes eclesiásticos y gubernamentales de la capital de Nueva España (Alberro, 1985; Porras, 1980).

En el año de 1725 ya era evidente el alto consumo de mezcal en la región de Nombre de Dios, dado que sale a la luz un edicto episcopal en la Villa de Durango que condena la embriaguez con bebidas elaboradas de alcoholes ilegítimos o no vínicos, entre los cuales se incluía al mezcal (Corona, 2001). A pesar de este edicto, para algunos resultaba ser un negocio ya desde entonces redituable, como lo sugiere la referencia contenida en el archivo que data del año de 1776 en el documento de las compilaciones de referencias para la historia de la Nueva Vizcaya, 1563-1821, registrada por Quiñones (2010), donde se cita la *“Orden para que se haga un nuevo curso al comandante general de estas provincias Caballero de*

Croix solicitando la declaración de la excepción de alcabala en la venta pública de mezcales que se verifican en la Villa del Nombre de Dios y el pueblo de San Francisco del Mezquital. Durango. México”.

En 1783, se produjeron en estas dos regiones (Villa del Nombre de Dios y San Francisco del Mezquital, Durango) la cantidad de 53 000 cuartillos de mezcal (aproximadamente 26 500 litros), que tenían como destino las principales regiones mineras de Zacatecas y El Parral (Chihuahua). En el año de 1789 se registraron los primeros introductores de mezcal a través de la garita de Torre Blanca, Durango, a la Villa de Durango, a nombre de Gregorio de la Carrera, Juan María Rodríguez, José Antonio Rodríguez, Joaquín García Mariano de Heras, y Pedro Terrones (Quiñones, 2010).

En los albores del siglo XIX, en el periodo de 1800 a 1804, ya se vislumbraba la autorización de la fabricación y sitios con licencia para venta de mezcal en la ciudad de Durango, a fin de recabar suficientes impuesto para destinarlos a la edificación de casas consistoriales, casas reales, cárceles, alhóndigas y otras dependencias. Aun cuando en el año de 1809, Pedro de Irigoyen es objeto de la *“alcabala del mezcal”* en Tierra Blanca, Durango (Archivo General de la Nación, 1809), y más tarde, 1816, en plena lucha armada por la independencia de México, se pretendió estancar el mezcal en la todavía Nueva Vizcaya. La producción de mezcal provenía de ranchos mezcaleros situados en San Francisco del Malpaís, cercanos a la Villa de Nombre de Dios (Quiñones, 2010).

CONSIDERACIONES FINALES

El conocimiento sobre la producción y consumo del mezcal se remonta a las culturas precolombinas y probablemente con la conquista del

norte de México, a través del camino de tierra adentro, se haya dispersado dicho conocimiento en la Nueva Vizcaya, actualmente Durango, lo que explicaría el porqué de la distribución actual de la producción del mezcal en el estado, que coincide en gran parte con la ruta de ese camino. La producción de mezcal en el estado de Durango continúa siendo una actividad eminentemente artesanal, con algunas adecuaciones técnicas, pero conservando en esencia su forma de producción apegada a los sistemas tradicionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alberro, S. 1985. Zacatecas, zona frontera, según los documentos inquisitoriales, siglos XVI y XVII. *Estudios de Historia Novohispana* 8: 139-170.
- Álvarez, S. 2003. El pueblo de indios en la frontera Septentrional Novohispana. *Relaciones* 95: 115-164.
- Archivo General de la Nación. 1809. *Instituciones Coloniales/ Indiferente Virreinal/ Cajas 6000-6743/ Caja 6314. Título: Expediente 032 (Alcabalas Caja 6314).*
- Bazán, A. A. 1964. El Real Tribunal de la acordada y la delincuencia en la Nueva Vizcaya. *Historia Mexicana* 13: 317-345.
- Corona, P. S. A. 2001. Las bebidas prohibidas en la Nueva Vizcaya. Mensajero del Archivo Histórico de la Universidad Iberoamericana Campus La Laguna. 6 páginas. www.lag.uia.mx. Consultado 25 de abril de 2013.
- Corona, P. S. A. 2002. La vitivinicultura en el pueblo de Santa María de las Parras. Producción de vinos, vinagres y aguardientes bajo el paradigma andaluz. Siglos XVII y XVIII. Tesis de Doctorado. Universidad Iberoamericana. México, D. F., México.
- Corona, P. S. A. 2003. Viñedos y vendimias en la Nueva Vizcaya. Los privilegios otorgados a sus cosecheros por la Corona Española. Colección Lobo Rampante Número 7. Universidad Iberoamericana, Campus La Laguna. Torreón, Coahuila, México.
- Cruz, B. O. 2004. El régimen jurídico de la producción, consumo y comercio del vino en México: S. XVI y XIX. *Memorias del II Congreso de Historia Económica. La Historia Económica Hoy, entre la Economía y la Historia. Del 27 al 29 de octubre. México, D. F., México*, pp. 30 www.economia.unam/amhe/memoria/simp osio09. Consultado 10 de abril de 2013.
- Flores, C. E. 1997. El lado oscuro de la plata. La vida en los reales mineros novohispanos a finales del siglo XVIII. *Anuario de Estudios Americanos* 54: 89-106.
- García, B. E. I. 2008. Los comerciantes mayoristas en Zacatecas a mediados del siglo XVII: riqueza y poder. *Estudios de Historia Novohispana* 39: 81-116.
- Guidicelli, C. 2006. Un cierre de fronteras...taxonómico. Tepehuanes y tarahumaras después de la guerra de los tepehuanes (1616-1631). <http://nuevomundo.revues.org/25913>. Consultado el 2 de abril de 2013.
- Guevara, S. A. 2011. Presidio y población indígena en la Nueva Vizcaya. Siglos XVII y XVIII. Tesis de Doctorado. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.
- Lazcano A. J. C., M. C. Serra Puche, M. L. Adán. 2006. Proyecto Etnoarqueológico: la Ruta del

- Mezcal. Etnoarqueología de la Prehistoria: más allá de la analogía. *Treballs d'Etnoarqueologia* 6: 371-384.
- Muriá, J. M. 1994. El agave histórico. Momentos del tequila. El tequila. Arte tradicional de México. *Artes de México* 27: 17-25.
- Porras, M. G. 1980. Iglesia y Estado en Nueva Vizcaya (1562-1821). Instituto de Investigaciones Jurídicas. Serie C. Estudios históricos 7. UNAM. México, D. F., México.
- Punzo, D. J. L. 2009. Los habitantes del Valle de Guadiana 1563-1630. Apropiación agrícola y ganadera. Universidad Juárez del Estado de Durango, Durango, México.
- Quiñones, H. L. C. 2010. Compilación de referencias documentales para la historia de la Nueva Vizcaya. 1563-1821. Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, México.
- Rojas, B. 1986. El cultivo de la vid y la fabricación del chinguirito. *Relaciones* 26: 35-57.
- Serra, P. M. C., J. C. Lazcano. 2009. Producción, circulación y consumo de la bebida del mezcal arqueológico y actual. En: *Caminos y Mercados de México*. (Coords. Long, T. J., A. L. Attolini). UNAM-Instituto de Nacional de Antropología e Historia. Serie Historia General. México, D. F., México, pp. 169-183.
- Serra, P. M. C., J. C. Lazcano. 2010. The drink mescal: Its origin and ritual uses. In: *Pre-Columbian Foodways. Interdisciplinary Approaches to Food, Culture, and Markets in Ancient Mesoamerica* (Eds. Staller, J., M. Carrasco). Springer-Verlag. New York, USA, pp. 137-156.

COMPONENTES ANTIOXIDANTES EN ESPECIES DE HONGOS SILVESTRES COMESTIBLES

María Daniela Mares Quiñones,
Néstor Naranjo Jiménez, Laura
Anabel Páez Olivan, Eli Amanda
Delgado Alvarado

Centro Interdisciplinario de Investigación
para el Desarrollo Integral Regional,
Unidad Durango, Instituto Politécnico
Nacional,
Sigma 119, Fraccionamiento 20 de
Noviembre II, Durango, Dgo., 34200.
Tel/Fax: 618 8142091
Correo electrónico:
dany_mares10@hotmail.com

RESUMEN

El aprovechamiento de los hongos silvestres comestibles se realiza de manera informal y de subsistencia para los habitantes de la región de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango lo que refleja en general una subvaloración del recurso fungícola. Las especies que principalmente se colectan son macromicetos micorrizicos y lignícolas. El objetivo del presente trabajo fue mostrar el estado del conocimiento acerca de los componentes antioxidantes presentes en hongos silvestres comestibles, así como las técnicas empleadas para su determinación y evaluación. Reportes previos indican que los hongos silvestres y cultivados en general, contienen compuestos fenólicos con actividad antioxidante, entre los que destacan diversos ácidos fenólicos y la catequina. Para evaluar la actividad antioxidante, algunos autores utiliza métodos como el de la determinación de la capacidad inhibidora del radical 2,2-difenil-1-picrihidrazilo (DPPH*) y el de decoloración de β -caroteno. La gran diversidad de especies de hongos comestibles de El Salto, Pueblo Nuevo debería ser estudiada en ese sentido para evaluar su potencial como alimentos funcionales.

PALABRAS CLAVE: Hongos silvestres comestibles, antioxidantes, actividad antioxidante

ABSTRACT

The use of wild edible fungi is performed informally and livelihood for the habitants of the region of El Salto, Pueblo Nuevo, Durango generally reflecting undercutting fungicola resource. The species most collected are macromycetes, mycorrhizal and lignicolous. The aim of the present study was to present the state of knowledge about the antioxidant compounds synthesized by the edible wild mushrooms, as well as the techniques used for its determination and evaluation. Some reports indicate that wild and cultivated fungi generally contain phenolic compounds with antioxidant activity like several phenolic acids and catechin. The free radical scavenging activity, using 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH*), and the β -carotene bleaching are two of the most common methods used by several authors to evaluate the antioxidant activity. The great diversity of edible mushrooms of El Salto, Pueblo Nuevo should be studied to evaluate its potential as functional foods.

KEY WORDS: Edible wild mushrooms, antioxidants, antioxidant activity.

INTRODUCCIÓN

Los hongos son organismos que pertenecen al reino Fungi, no

realizan la fotosíntesis, pueden ser macromicetos o micromicetos, unicelulares o pluricelulares, y pueden presentar estructuras filiformes septadas o no, llamadas hifas. Se estima que existe más de un millón de especies de hongos en el planeta, pero tan sólo unas 70,000 de ellas han sido descritas por especialistas. Muchas especies de hongos se han extinguido y otras se encuentran amenazadas en todo el mundo (Raven, 1995).

Con respecto a la diversidad de hongos en México, se estima que existen 200,000 especies (Guzmán, 1996). En el país se han descrito al menos 6000 de ellas, 2000 son micromicetos y 4000 son macromicetos, incluyendo líquenes y mixomicetos (Tovar, 2001). La recolección de hongos por comunidades rurales es llevada a cabo principalmente como una actividad extra a la agricultura, asociada a otras actividades de recolección (leña, plantas medicinales y otros productos no maderables) como una estrategia de sobrevivencia (Martínez-Carrera *et al.*, 2002).

En México los hongos silvestres comestibles con más demanda y buscados son: *Amanita caesarea* (yema, tecomate, amarillo), *A. rubescens* (mantecado), *Lactarius deliciosus* (enchilado), *L. indigo* (azul), *Morchella* spp. (elotito, mazorquita, colmena, chipotle), *Boletus aff edulis* (pambazo, panadero, cema), *B. erithropus*, *B. luridus* (galambo, hongorado), *Suillus* spp. (panzas de encino, pancita), *Cantharellus cibarius* (duraznillo), *Gomphus floccosus* (corneta, corneta de oyamel), *Lyophyllum descastes* (clavitos, xolete), *Ramaria flava*, y *Ramaria* spp (patitas de pájaro, escobetas), entre otros (Zamora-Martínez, 1999).

En el estado de Durango se sabe que los habitantes de la región de El Salto, Pueblo Nuevo, consumen hongos silvestres comestibles (HSC) en la

temporada de lluvias; las especies que principalmente colectan son macromicetos micorrizicos y lignícolas. A continuación se mencionan las especies que principalmente se colectan según su orden de prioridad. *Amanita caesarea* (Socp. ex Fr.) Grev., cuyo nombre común es hongo de huevo o rojo, es la especie que principalmente se colecta; le sigue *Hypomyces lactifluorum* (Schw.) Tulasne, llamado por los habitantes orejas de cochino, *Agaricus campestris* (Linnaeus: Fries), conocidos como hongos blancos o llaneros; *Ramaria flava* (Fr.) Quel, nombre común arrocitos, patitas de pájaro; *Boletus edulis* Bull. ex Fr. llamados marquesotes, pelos de lobo, *Hericium erinaceus* Persoon (melena de león); y *Lactarius deliciosus*, L. ex Fr. Gray, conocido como níscolo (Naranjo-Jiménez *et al.*, 2008); en la Figura 1 se presentan ejemplares de cada una de esas especies.



Figura 1. Principales especies de hongos silvestres comestibles, ordenadas según su prioridad de consumo, de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango.

En Durango, el aprovechamiento de los HSC se realiza de manera informal y de subsistencia para los habitantes de la región de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango lo que refleja en general una subvaloración del recurso fungícola así como un desconocimiento de normas que regulen el recurso, lo cual crea problemas con su explotación. El objetivo de la presente revisión fue mostrar el estado del conocimiento de los componentes antioxidantes encontrados en los hongos silvestres comestibles así como las técnicas más comúnmente empleadas para su determinación y evaluación que han sido reportadas.

DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN DE EL SALTO, PUEBLO NUEVO, DURANGO

Los hongos silvestres comestibles pueden poseer actividad antioxidante significativa (Fui *et al.*, 2002).

La región de El Salto se localiza en el municipio Pueblo Nuevo del estado de Durango, México y se encuentra en las coordenadas: longitud 105° 36' 02", latitud 23° 77' 83". Presenta una altura media de 2520 metros sobre el nivel del mar, es una cañada con gran diversidad de bosques templados, con vegetación de bosque de pino-encino. Posee clima templado, la temperatura media anual oscila entre 12°C y 18°C, y la precipitación anual entre 200 y 1,800 mm.

FENOLES, ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE HONGOS, Y TÉCNICAS DE ANÁLISIS

El Manual de Identificación de Hongos de Laessoe (2005) es interesante debido a que incluye definiciones y descripciones de diferentes especies de hongos comestibles y tóxicos donde se señala el género, la especie, descripción morfológica, hábitat,

formas de diferenciar especies comestibles de especies tóxicas, temporadas en las cuales se encuentran con mayor frecuencia, color de espora, diámetro y altura del carpóforo, y, si es el caso, especies de árboles con las cuales frecuentemente establecen relaciones micorrizicas.

Algunos hongos poseen compuestos con propiedades analgésicas, anti-inflamatorias, antioxidantes, protectoras del sistema cardiovascular, antivirales, e hipoglucemiantes (Royse y May, 2003).

Los antioxidantes son compuestos que inhiben o retrasan la oxidación de otras moléculas mediante la iniciación de la inhibición de la propagación de reacciones en cadena oxidativas. Estos antioxidantes actúan principalmente en reacciones de terminación de cadenas de radicales libres, impidiendo la oxidación de lípidos y otras moléculas cediendo átomos de hidrógeno (Rivero y Betancort, 2006). Los antioxidantes pueden eliminar o bloquear los radicales libres e inhibir la peroxidación lipídica (Mikheil, 2010). La actividad de los compuestos antioxidantes depende de las propiedades redox de sus grupos hidroxifenólicos y de su estructura química (Royse y May, 2003).

Barros *et al.* (2009) determinaron la actividad antioxidante de hongos *Agaricus sp.* por ensayos bioquímicos y voltametría. Sus resultados mostraron que las especies *A. silvicola* y *A. silvaticus* tienen una relevante actividad antioxidante. Entre los compuestos que se encontraron destacan el ácido hidroxibenzoico, ácido coumarico y ácido cafeico. Sus conclusiones fueron que en general, todas las especies analizadas sintetizan compuestos con propiedades antioxidantes como bloqueadores de radicales libres y con capacidad de inhibición de la peroxidación lipídica.

Mau *et al.* (2002) realizó un estudio de extractos del hongo *Coriolus versicolor* y observó entre un 60-80% de inhibición de la peroxidación lipídica, esa capacidad de inhibición fue mayor que la encontrada para extractos de *Ganoderma lucidum* *asta* y *Ganoderma tsugae*, que presentaron valores de 40% y 10%, respectivamente.

Bueno *et al.* (2010) realizaron estudios sobre la evaluación de la actividad antioxidante y el contenido de polifenoles en el hongo Shiitake, y encontraron que el contenido de polifenoles aumentó tres veces, aproximadamente, sometiendo el hongo a un tratamiento térmico.

Algunos autores han encontrado una correlación entre el contenido de fenoles totales y la actividad bloqueadora de radicales libres (Dobre *et al.*, 2011). En la actualidad hay diversos métodos para medir la capacidad antioxidante, un método muy usado se basa en la estabilidad del radical 2, 2-difenil-1-picrihidrazilo (DPPH*), y es ampliamente usado para determinar la actividad antioxidante en alimentos (Lee *et al.*, 2008).

El DPPH* es un radical libre soluble en metanol y presenta coloración morada. Cuando un antioxidante es mezclado con DPPH* en la solución de metanol, el radical libre es reducido y la solución cambia de color morado a amarillo. Este cambio es medido a través de la disminución de la absorbancia a 515 nm, usando un espectrofotómetro, la magnitud de la disminución indica la eficiencia del antioxidante añadido para bloquear el radical (Brand-Williams *et al.*, 1995). El método de inhibición de β -caroteno consiste en su decoloración (oxidación) inducido por la degradación oxidativa de productos de ácido linoleico. Este método estima la habilidad de los componentes antioxidantes de fuentes de extractos naturales para recoger radicales peróxido del ácido

linoleico que oxida al β -caroteno presente en una emulsión. La reacción no ocurre a altas temperaturas y puede ser usada para determinar los compuestos termolábiles con actividad antioxidante. La determinación se realiza por espectrofotometría, registrando los valores de absorbancia de las emulsiones a 470 nm.

Siddhuraju y Becker (2003) determinaron la actividad antioxidante por medio del método de la decoloración del β -caroteno, la oxidación de liposomas por medio de las sustancias reactivas del ácido tiobarbitúrico (TBARS) y la capacidad de capturar radicales superóxido y DPPH*. El método usado comúnmente para análisis del contenido de fenoles totales en alimentos y vegetales es el de Folin-Ciocalteu. Este método se basa en la capacidad de los fenoles para reaccionar con agentes oxidantes. El reactivo de Folin-Ciocalteu contiene molibdato y tungstato sódico, que reaccionan con cualquier tipo de fenol, formando complejos fosfomolibdico-fosfotúngstico. La transferencia de electrones a pH básico reduce los complejos fosfomolibdico-fosfotúngstico en óxidos (Gutierrez *et al.*, 2008).

La cromatografía de líquidos de alta presión es la técnica analítica de separación, identificación, y cuantificación, más ampliamente utilizada. El perfil individual de los compuestos fenólicos se puede evaluar por cromatografía de líquidos con arreglo de diodos (HPLC-DAD) (Palacios *et al.*, 2011). La variación de polaridades (altas, intermedias y bajas) de los diferentes flavonoides permite su extracción con disolventes polares, solos o en mezclas (agua, etanol y metanol generalmente). Algunos métodos implican la extracción primaria con disolventes no polares para eliminar grasas y ceras principalmente, y en seguida se utilizan mezclas acuosas con etanol, que se fraccionan con disolventes orgánicos de diferente

polaridad (Lock y Cabello, 2006).

En diversas especies de hongos se ha encontrado que los principales compuestos antioxidantes son: los ácidos cafeico, clorogénico, coumarico, ferúlico, fállico, gentísico, hidroxibenzoico, homogentísico, y protocatéquico, además de la catequina, el pirogalol, y la miricetina; esos compuestos son solubles en alcohol (Palacios *et al.*, 2011; Barros *et al.*, 2009).

CONSIDERACIONES FINALES

De acuerdo a los reportes revisados en el presente estudio, las diferentes especies de hongos son fuente importante de compuestos fenólicos con actividad antioxidante. La mayoría de esos compuestos son ácidos fenólicos, aunque algunos flavonoles, como la catequina y la miricetina, también han sido detectados usando métodos de HPLC-DAD. En la región de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango, existe una diversidad considerable de especies de hongos, los cuales deberían ser estudiados para conocer su composición fenólica y evaluar sus propiedades antioxidantes, lo que podría dar valor como alimentos funcionales a las especies comestibles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asatiani, M. D., V. Elisashvili, G. Songulashvili, A. Z. Reznick, S. P. Wasser. 2010. Higher basidiomycetes mushrooms as a source of antioxidants. In: Progress in Mycology (Eds. Rai, M, G. Kövics). Scientific Publishers. India, pp.311-326.
- Barros, L., M. Dueñas, I. Ferreira, P. Baptista, C. Santos-Buelga. 2009. Phenolic acids determination by HPLC-DAD-ESI/MS in sixteen different Portuguese wild mushrooms species. Food and Chemical Toxicology 47: 1076-1079.
- Brand-Williams, W. M. E. Culever, C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensmittel Wissenschaft and Technologie 28:25-30.
- Bueno C, M. Sánchez, L. Tapia, S. Luna. 2010. Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de polifenoles del hongo Shiitake (*Letinula edodes*) tratado térmicamente <http://www.tuinventas.com/attachments/article/2800/Resumen.pdf>
- Dobre, I., G. Dâdei, L. Patrascu, A. M. Elisei, R. Segal. 2011. The antioxidant activity of selected Romanian honeys. The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati-Food Technology 34: 67-73.
- Fu, H. Y., D. E. Shieh, C. T. Ho. 2002. Antioxidant and free radical scavenging activities of edible mushrooms. Journal of Food Lipids 9: 35-43.
- Gutiérrez, O. A., A. Mendoza. 2008. Medición de fenoles y actividad antioxidante en maleza usada para alimentación animal. Memorias del simposio de Metrología, Universidad Autónoma de Querétaro, México, 1-5, https://www.cenam.mx/simposio2008/sm_2008/memorias/M2/SM2008-M220-1108.pdf
- Guzmán, G. 1996. ¿Cuántos hongos crecen en México? Ciencia y Desarrollo 21: 86-89.
- Laessoe, T. 2005. Manual de Identificación de Hongos. Omega. Barcelona, España.
- Lee, I., B. H. Kang, J. K. Roh, J. R. Kim. 2008. Lack of carcinogenicity of lyophilized *Agaricus blazei* Murill in a F344 rat two year bioassay. Food and Chemical Toxicology 46: 87-95
- Lock, O., D. Cabello. 2006. Práctica VI análisis de flavonoides en plantas. Pontificia Universidad

- católica de L Perú, 1 - 7 ,
http://old.iupac.org/publications/cd/medicinal_chemistry/Practica-VI-6.pdf
- Martínez-Carrera, C., P. Morales, E. Pellicer-González, H, León, A. Aguilar, P. Ramírez, P. Ortega, A. Largo, M. Bonilla, M. Gómez. 2002. Studies on the traditional management and processing of *matsutake* mushrooms in Oaxaca, México. *Micología Aplicada Internacional* 14: 25-42
- Mau, J. L., H. C. Lin, C. C. Chen. 2002. Antioxidant properties of several medicinal mushrooms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 6072-6077.
- Naranjo-Jiménez, N., N. Almaraz-Abarca, J. Herrera-Corral, N. Uribe-Soto. 2008. Propuesta metodológica para el aprovechamiento de hongos silvestres comestibles en Durango. *Memorias del VII Congreso Internacional, XIII Congreso Nacional, III Congreso Regional de Ciencias Ambientales Cd. Obregón, Sonora, México.*
- Palacios, I. M. C. Lozano, M. Moro, M. D. Arrigo, M. A. Rostagno, J. A. Martinez. 2011. Antioxidant properties of phenolic compounds occurring in edible mushrooms. *Food Chemistry* 128: 674-678.
- Raven, P. 1995. What is biological diversity and why is important to us? *Environmental Review* 2, <http://www.environmentalreview.org/archives/vol02/raven.html>
- Rivero Rosales, A., J. R. Betancort Rodríguez. 2006. Evaluación de la actividad antioxidante de polifenoles de algas marinas. www.iupac.org/publications/cd/medicinal_chemistry/
- Royse, D. J., B. May. 2003. Multilocus enzyme electrophoresis for the genetic analysis of edible mushrooms. In: *Genetics and breeding of edible mushrooms* (Eds. Chang, S. T., J. A. Buswell, P. G. Miles). Gordon and Breach Science Publishers. The Netherlands, pp. 225-248.
- Siddhuraju, P., K. Becker. 2003. Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agroclimatic origins of drumstick tree (*Moringa oleifera* Lam.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 2144-2155.
- Tovar, V. J. A. 2001. Qué tan diversos son los hongos. *Memorias del IV Congreso Mexicano de Etnobiología. Asociación Etnobiológica Mexicana (AEM). México.*

USO DE ESPECIES VEGETALES COMO INDICADORES DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA: REVISIÓN

Alejandro Fabián Orona Meza, Martin
Omar Gutiérrez, Víctor Ortega
Martínez, Isaías Chairez Hernández,
Laura Silvia González

Centro Interdisciplinario de Investigación
para el Desarrollo Integral Regional Unidad
Durango del Instituto Politécnico Nacional,
Sigma 119, Fraccionamiento 20 de
Noviembre II, Durango, Dgo., 34200.

Tel/Fax: 618 8142091

Correo electrónico: alefaorona@hotmail.com

RESUMEN.

Esta revisión aborda de manera general el uso de organismos vegetales como indicadores de la contaminación atmosférica. Se describen los diferentes tipos de monitoreo utilizando especies vegetales y los factores a considerar para llevar a cabo el monitoreo de contaminantes atmosféricos. Se presenta una descripción general de algunos estudios que han utilizado las especies vegetales para ese fin.

PALABRAS CLAVE: Organismo vegetal, indicadores, contaminantes atmosféricos, monitoreo.

ABSTRACT

This review addresses in general the use of plants as indicators of air pollution. The different types of plant monitoring and the factors to be taken in consideration to carry out the monitoring are described. A general description of some studies, in which the plants have been used as indicators, is present.

KEY WORDS: Plant organism, indicators, air pollutants, monitoring

INTRODUCCIÓN

El uso de organismos vegetales para llevar a cabo la valoración de la contaminación atmosférica se ha incrementado notablemente en los últimos años debido a que estos organismos son capaces de retener contaminantes en sus tejidos o superficie en proporción a los niveles ambientales, por lo cual pueden ser usados como indicadores (Aidid, 1988).

La relación que existe entre las emisiones y los niveles de contaminación atmosférica varían dependiendo de la ciudad ya que la planificación de la infraestructura de ésta determina el patrón de emisión, mientras que factores como la meteorología y la topografía determinan la dispersión de los contaminantes (Rucadio *et al.*, 2010). El uso de métodos de indicación, monitoreo y ensayo utilizando organismos vegetales son una herramienta de gestión y diagnóstico que deben ser adaptados a las condiciones climáticas y económicas de los distintos países (Anze *et al.*, 2007).

Los árboles, líquenes y musgos pueden ser usados como indicadores para determinar la distribución y concentraciones de los contaminantes a los que pueden estar expuestos. Las plantas debido a

su follaje son un efectivo recolector de contaminantes atmosféricos que son transportados en el aire ya que éstos se acumulan dentro de sus tejidos o en la superficie en proporción a los niveles ambientales (Falla y Laval-Gilly, 1999). Los líquenes y musgos se han utilizado como indicadores de la contaminación atmosférica debido a que sus funciones vitales se relacionan con los efectos ambientales tanto naturales como antropogénicos (Hawksworth *et al.*, 2005).

El objetivo de este trabajo fue presentar un panorama general del uso de especies vegetales para su aplicación como indicadores de la contaminación atmosférica. Los trabajos citados se tomaron en cuenta porque describen las interacciones que existen entre los distintos contaminantes atmosféricos y las especies vegetales.

TIPOS DE MONITOREOS

El monitoreo utilizando especies vegetales puede clasificarse en dos grupos según el modelo que se emplea para determinar los contaminantes, que son:

- Monitoreo pasivo, es aquel en el que se utilizan plantas nativas de los ecosistemas a evaluar y está relacionado con la necesidad de cubrir zonas amplias de investigación, además, estas plantas no necesitan ningún cuidado especial dado que ya están adaptadas al medio. En esta clase de monitoreo hay que tomar en cuenta criterios relacionados con la heterogeneidad de las condiciones de vida, como la calidad del suelo, las condiciones climáticas y la temporada, la variabilidad genética y el estado metabólico, y la heterogeneidad de la distribución espacial de las especies seleccionadas (Falla y Laval-Gilly, 1999).

- Monitoreo activo, que se lleva a cabo con

especies que se introducen (transplantes) y/o se utilizan en sistemas de exposición controlada dentro de un laboratorio (Anze *et al.*, 2007).

De acuerdo a Rucadio *et al.* (2010), se deben tomar en cuenta los siguientes criterios cuando se lleva a cabo un monitoreo usando especies vegetales: que acumulen altos niveles de contaminantes sin morir, que tengan amplia distribución y abundancia para que el muestreo pueda compararse y hacerse de manera repetida, que sean de vida larga para comparar entre distintas edades la cantidad de contaminantes, y que sean de fácil muestreo y trato en el laboratorio.

De acuerdo a Alcalá *et al.* (2011) con las plantas se deben de priorizar los siguientes aspectos: la temporalidad del follaje, el tipo de hoja, y la resistencia de las especies a agentes contaminantes y biológicos.

A la capacidad de un organismo de resistir factores ambientales desfavorables, como lo pueden ser factores abióticos (clima, radiación, contaminantes atmosféricos) o factores bióticos (parásitos, plagas), se le llama tolerancia o resistencia. Esta capacidad está dada por la susceptibilidad de los organismos a esos factores, por lo cual la sensibilidad es baja si la tolerancia o resistencia a un factor de estrés ambiental es alto, mientras que la sensibilidad es alta si la tolerancia a estos factores es baja (Petrovsek y Batic, 2007). Estos cambios de adaptación pueden ser observados y debido a esto los organismos vegetales pueden ser utilizados para llevar a cabo monitoreos de contaminantes atmosféricos (Market y Wunschamnn, 2010).

El estrés se refiere al estado en el cual se provoca una desestabilización de funciones del organismo debido a una actividad o fuerza que

ocurre porque la capacidad de tolerancia es superada, lo cual produce daños irreparables e incluso la muerte de los tejidos y órganos del organismo vegetal provocando la desaparición o aparición de algunas especies en el ecosistema (Petrovsek y Batic, 2007). Lo anterior sugiere que los organismos vegetales empleados como indicadores pueden ofrecer dos clases de información, la primera un daño en el organismo y la segunda en la cual un determinado contaminante puede estar relacionado con una reacción fisiológica de la planta como puede ser necrosis en las hojas por exceso de SO_2 , de esta forma se obtiene información más general del medio ambiente (Market y Wunschamnn, 2010).

Algunas de las limitantes que se pueden presentar durante la realización de los monitoreos utilizando especies vegetales son las siguientes:

- Para un gran número de problemas de monitoreo un solo indicador no proporciona ninguna información significativa (Market y Wunschamnn, 2010).

- Al utilizar unidades de monitoreo que solo miden algunos parámetros fisicoquímicos, no se pueden evaluar compuestos imprevistos y los efectos de interacción de los contaminantes con el medio (Falla y Laval-Gilly, 1999).

- Para el monitoreo pasivo se necesita contar con una o varias especies indicadoras que se encuentren distribuidas por toda la zona de estudio.

PLANTAS Y LÍQUENES COMO INDICADORES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

En investigaciones donde fueron utilizados los líquenes para determinar concentraciones de dióxido de azufre (SO_2) tanto Lijteroff *et al.* (2009) como Giordani (2007) hacen referencia a que cuando no se observa presencia de líquenes en el área de estudio es

debido a altas concentraciones de SO_2 en el medio ambiente.

Algunas otras investigaciones como las llevadas a cabo por Cepeda y García (1998) y Anze *et al.* (2007), hacen referencia a que cuando existe una alta presencia de parque vehicular dentro de las ciudades la diversidad de líquenes es menor o nula debido a los altos índices de contaminación atmosférica.

Las plantas se han usado como indicadores de partículas suspendidas en el aire debido a que éstas se depositan en la vegetación cercana a la fuente de emisión (Wannaz *et al.*, 2012).

Varias especies de plantas han sido utilizadas en diferentes estudios de contaminantes atmosféricos entre ellas se pueden mencionar a *Acacia melanoxylon* R. Br., *Hedera hélix* L., *Acacia caven* (Mol.) Mol., *Geoffroea decorticans* Hook. & Arn., *Prosopis nigra* (Griseb.), *Ulmus procera* Salisb., *Platanus occidentalis* L., *Junglas nigra* L., *Eucalyptus globolus* Labill., *Tilia europea* (Common Linden), *Abies alba* Mill., *Larix decidua* Mill., *Melia azedarach* L., *Fraxinus spp.*, *Cupressus arizonica* Greene y *Morus spp.*, todos esos estudios bajo condiciones diferentes (Alcalá *et al.*, 2011).

Fidalgo *et al.* (2005) mencionan que las concentraciones de contaminantes son menores en las plantas durante la temporada de invierno-primavera, mientras que durante la temporada de verano se registran mayores concentraciones debido a la apertura estomática. Falla y Laval-Gilly (1999) mencionan que la mayoría de los gases entran por las estomas, donde se solubilizan en el aparato estomático, por lo cual al existir mayor apertura del estoma es mayor la concentración de los contaminantes.

Al entrar los contaminantes por el complejo

estomático muchas de las plantas están expuestas a gases oxidativos fuertes, lo cual se observa por una lesión en el lado superior de la hoja, mientras que el lado inferior permanece intacto (Falla y Laval-Gilly, 1999). Amitosh y Singh (2006) reportaron que las plantas expuestas a altos niveles de contaminación pueden modificar su metabolismo, sufrir lesiones y cambiar la arquitectura de las hojas para adaptarse a su entorno.

Las plantas de hojas perenes experimentan mayor exposición a los contaminantes atmosféricos, los cuales son asimilados en esas estructuras y ayudan a purificar el medioambiente (Amitosh y Singh, 2006). Falla y Laval-Gilly (1999) mencionan que los árboles de coníferas (*Abies spp.*, *Pinus sylvestris*) son usados para destacar el impacto de la contaminación por dióxido de azufre (SO₂) y ozono (O₃).

Rosbach y Jayasekera (1996) demostraron en su estudio que *Pinus sylvestris* es una eficiente trampa para capturar metales pesados y la contaminación orgánica debido a su cutícula cerosa y a que sus agujas retienen por varios años los contaminantes, lo cual abre una posibilidad de seguir las tendencias por comparación de muestreo del mismo árbol con un historial de diferentes exposiciones. Petrovsek y Batic (2007) determinaron que las acículas de *Abies spp.* pueden ser un útil indicador para detectar cambios en las emisiones de SO₂ debido a que los procesos metabólicos de las acículas reaccionan a la contaminación de SO₂ en el aire de acuerdo al tiempo y cantidad de exposición.

Se ha establecido que las hojas y partes expuestas de las plantas actúan como amortiguadores persistentes de un ambiente contaminado (Alcalá et al., 2011).

CONSIDERACIONES FINALES

Las especies vegetales son un buen indicador de las condiciones atmosféricas del planeta porque están asociadas a su distribución y abundancia. Los líquenes y los daños fisiológicos en las plantas permiten estimar los niveles de ciertos contaminantes atmosféricos. Estos organismos son benéficos, ya que retienen en sus tejidos contaminantes que son dañinos para el planeta y las poblaciones de los diferentes organismos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aidid, S. 1988. Determinación de elementos traza en hojas de árboles tropicales en Malasia por análisis de activación neutrónica. *Radiation and Nuclear Chemistry* 120: 335-344.
- Alcalá, J., J. C. Rodríguez, M. Á. Tiscareño, A. Hernández, J. Tapia, A. Hernández, C. Loredó, E. Villaseñor. 2011. Mitigación del impacto ambiental del polvo atmosférico a través de *Prosopis laevigata* y *Schinus molle*, San Luis Potosí, México. *Multequina* 20: 83-96.
- Amitosh, V., S. N. Singh. 2006. Higher plants as bioindicators of sulphur dioxide emissions in urban environments. *Environmental Monitoring and Assessment* 120: 585-602.
- Anze, R., F. Margot, P. Rene. 2007. Bioindicadores en la detección de la contaminación atmosférica en Bolivia. *Revista Virtual Redesma* 1: 1-3.
- Cepeda, J., J. García. 1998. The effect of air pollution from nitrogen dioxide (NO₂) on epiphytic lichens in Seville, Spain. *Aerobiología* 14: 241-247.
- Falla, J., P., Laval-Gilly. 1999. Monitoreo biológico de la calidad del aire: una revisión. *Genic Biologique* 45: 628-642.

- Fidalgo, C., P. Dokres, R. Garcia. 2005. Plantas superiores como bioindicadores de SO₂ en entornos urbanos. *Environmental Monitoring and Assessment* 111: 75-88.
- Giordani, P. 2007. Is the diversity of epiphytic lichens a reliable indicator of air pollution? A case study from Italy. *Environmental Pollution* 146: 317-323.
- Hawksworth, D., T. Iturriaga, A. Crespo. 2005. Líquenes como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medio-ambientales en los trópicos. *Revista Iberoamericana de Micología* 22: 71-82
- Lijteroff, R., L. Lima, B. Prieri. 2009. Uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en la ciudad de San Luis, Argentina. *Revista Internacional de la Contaminación* 25: 111-120.
- Market, B., S. Wunschamnn. 2010. El uso de organismos para observar la influencia de las sustancias químicas en el medioambiente. *Editions Thechniques de L'ingenieur* 170.
- Petrovsek, S. A., F., Batic. 2007. Norway spruce needles as bioindicator of air pollution in the area of influence of the Sostanj Termal Power Plant, Slovenia. *Environmental Pollution* 151: 287-291.
- Rosbach, M.,R. Jayasekera. 1995. Air pollution monitoring at the Environmental Specimen Bank of Germany: spruce and pine shoots as bioindicators. *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry* 354: 511-514.
- Rucadio, I., M. D. Petity, C. Fidalgo. 2010. Biomonitoring of chemical elements in an urban environment using arboreal and bush plant species. *Environmental Science and Pollution Research* 18: 51-63.
- Wannaz, E.,J. Rodriguez , H. Carreras. 2012. Accumulation of aluminium and physiological status of tree foliage in the vicinity of a large aluminium smelter. *The Scientific World Journal* 7: 1-7.

CALIDAD Y RENDIMIENTO DE FRUTOS DE DURAZNERO Y PERAL EN SANTIAGO PAPASQUIARO

Joel Díaz-Martínez, Gerardo Pérez-Santiago, Isaías Chairez-Hernández, Karina Lisbet Resendez-Velazquez

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango del Instituto Politécnico Nacional, Sigma 119, Fraccionamiento 20 de Noviembre II, Durango, Dgo., 34200. Tel/Fax: 618 8142091 Correo electrónico: dimj_07@hotmail.com

RESUMEN

La región de Santiago Papasquiario, Durango, México es importante productor de durazno y pera en huertos de traspatio. El objetivo del presente trabajo fue presentar información actual sobre la calidad y el rendimiento de esos frutos en esa región, realizando una búsqueda de literatura primaria de diversas fuentes de divulgación científica, tesis de posgrado, y de datos de producción en fuentes oficiales del municipio de Santiago Papasquiario, para conocer la problemática a la que se enfrentan los productores, por el ataque de insectos plaga a los árboles frutales, demeritando la calidad del producto, notándose en el abandono de huertos. Es necesario realizar una evaluación de los atributos y del rendimiento de los frutos, y se requiere la aplicación de técnicas agronómicas y de manejo de huertos que incluyan la protección de los mismos para elevar la calidad del producto y disminuir las pérdidas económicas de los productores.

PALABRAS CLAVE: Calidad de frutos, rendimiento, durazno, pera.

ABSTRACT

Santiago Papasquiario, Durango, Mexico is an important peach and pear producer region, mostly in "traspatio" orchards. The aim of this study was to present current information about the quality and performance of these fruits in the region, by reviewing in several sources of primary documents, as scientific articles, graduate theses and production data from official dependences of Santiago Papasquiario, in order to know the problems which farmers face up to, caused by insect pests to fruit trees in "traspatio" orchards, which demerit quality products and cause that several orchards had been given up. It is necessary to evaluate the quality attributes, yield, and economic losses of those both fruits, and implement agronomic techniques and orchard management to improve fruit quality and production and reduce economic losses.

KEY WORDS: Quality fruits, yield, peaches, pears.

INTRODUCCIÓN

El municipio de Santiago Papasquiario, Durango es un importante productor de frutas de clima templado, dentro de las que destacan el durazno y la pera. Una parte importante de la producción se obtiene de huertos de traspatio, donde los frutos son procesados de manera artesanal, generando recursos económicos para los poseedores de los huertos. La producción de los artículos procesados por familia oscila de 25 a 30 frascos de 1 L de duraznos en almíbar y de 15 a 20 frascos de 1 L

de mermelada de pera. La superficie de huertos de traspatio en el municipio, registrada por el Sistema de Información Agropecuario (SIAP) en el año 2011, para estos cultivos fue de 28 Ha de duraznero y 36 Ha de peral, tanto de riego como de temporal (SIAP, 2013). Tomando en cuenta estas consideraciones, el objetivo del presente trabajo fue conocer el estado actual de la información respecto al tema de calidad y rendimiento en frutales de duraznero y peral en ese municipio de Durango.

PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN DEL DURAZNERO Y DEL PERAL EN LA REGIÓN

El desarrollo comercial de los cultivos de duraznero y de peral en el país, son relativamente nuevos, el incremento en los indicadores de producción, señalan la potencialidad que tienen, para el consumo en fresco e industrializado según el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA, 2010). La práctica de la fruticultura es una actividad comercialmente fructífera por las altas ventas, que tiene un impacto positivo en los ingresos de los productores y comercializadores, y que genera empleos rurales para la aplicación de técnicas agronómicas que demandan ambos frutales (Padilla y Pérez, 2008). Ocupando alrededor de 265 jornales por hectárea al año desde la poda hasta la recolección del fruto para la comercialización, y generando así una amplia derrama económica por la venta de los productos en fresco (Gutiérrez *et al.*, 2008).

Las prácticas de poda y raleo de frutos ayudan a regular su rendimiento y tamaño, influenciando en la calidad final del producto de durazno y pera (Zegbe y Esparza, 2007). El logro del rendimiento óptimo de los árboles frutales depende en gran medida del manejo, de la formación estructural y poda, y es

preciso establecer un manejo adecuado para que tenga una alta producción de fructificación (Torres *et al.*, 2008). Por consiguiente, el raleo de fruta es una práctica obligada por parte de los productores para favorecer la estructura, desarrollo del árbol y tamaño del fruto (Zegbe, 2005). La apariencia es uno de los principales parámetros de calidad, ya que para el consumidor es la primera impresión en la cadena de comercialización, incluye atributos como tamaño, forma, brillo y color (Ortiz *et al.*, 2007).

En zonas rurales, los huertos mixtos representan una opción para garantizar el acceso a una alimentación balanceada porque son fuente de frutales, hortalizas y granos, por esto es importante tener en cuenta el impacto real y económico de las plagas, que pueden causar una pérdida de hasta el 60% o más de la producción (Gómez, 2009). En la región Norte-Centro de México, en la que se encuentra el estado de Durango, las principales plagas que atacan el cultivo de duraznero son: *Anarsia lineatella*, *Eotetranychus lewisi*, *Brachycaudus persicae*, *Lygus lineolari*, *Frankliniella occidentalis* y *Corythucha* sp., y las del peral son: *Cydia pomonella*, *Eriosoma lanigerum*, *Amphidees latifrons* y *Quadraspidotus perniciosus* (INIFAP, 2005).

CARACTERÍSTICAS DE LOS HUERTOS DE TRASPATIO EN SANTIAGO PAPASQUIARO, DURANGO

En ese municipio, el cultivo de durazno y de pera han perdido importancia por el daño causado por insectos plaga, porque su combate genera altos gastos económicos a productores, lo cual se refleja en el abandono de huertas y eliminación de árboles. Sin embargo, a nivel Estado el durazno es un cultivo importante para las diferentes regiones, por la comercialización en fresco y elaboración de

conservas de manera artesanal, para lo cual es de vital importancia mantener la sanidad de los huertos y por ende aumentar la rentabilidad de los mismos (Sánchez *et al.*, 2012). El conocimiento de las propiedades fisicoquímicas del fruto, y el comportamiento fisiológico del peral, permitirán establecer técnicas adecuadas para el manejo y conservación postcosecha, facilitando aumentar la cantidad de producto de alta calidad, demandada por el consumidor (Parra *et al.*, 1998).

Los huertos de traspatio de duraznero se establecen a partir de semillas, lo cual genera una variedad de épocas de floración, brotación, maduración, cantidad y calidad en frutos, lo que origina problemas de manejo agronómico, disminuye la producción, y eleva la demanda de mano de obra durante un corto periodo para la cosecha, lo cual demerita la comercialización del producto y satura el mercado (Gutiérrez y Padilla, 2004).

La calidad de frutos considera la apariencia de la piel, ausencia de defectos y residuos químicos, textura, jugosidad, aroma, sabor, contenido de azúcares y ácidos orgánicos. La principal problemática detectada en los frutos de durazno producidos en traspatios son la maduración heterogénea e inadecuada, daños por frío y el pardeamiento interno, que ocurren durante el proceso de almacenaje bajo un sistema de refrigeración (Seibert *et al.*, 2009).

CRITERIOS DE CALIDAD Y RENDIMIENTO EN FRUTOS

En zonas de clima templado, la pera es una fruta de mayor importancia económica, junto con la manzana y el durazno. Dichas especies presentan estados definidos de crecimiento entre la floración y cosecha, como son: la división celular, diferenciación entre tejidos, aumento de tamaño y maduración. Una

vez que se alcanza la madurez, se realiza la cosecha mediante indicadores como coloración, tamaño y peso, parámetros que no son adecuados para definir la cosecha, debido a la irregularidad de los frutos (Parra-Coronado *et al.*, 2006)

Las características demandadas para el consumo del durazno comercial son: alto rendimiento, mayor tamaño del fruto, fechas escalonadas de maduración, para la manipulación en fresco y la formulación de preparados de la industria, además de que conserven las cualidades del durazno criollo como son: pulpa amarilla, textura firme y hueso pegado (Gutiérrez y Padilla, 2004). La valoración de la calidad de los frutos en el momento de cosecha y postcosecha son de importancia, en cuanto a apariencia, textura y sabor, que permiten estimar la aceptación que el fruto tendrá para el consumidor (Weber *et al.*, 2003). Se requiere de un balance óptimo entre las diversas características para una aceptación final.

Los sólidos solubles son un criterio de calidad para la cosecha, estos se van acumulando en el fruto conforme va adquiriendo la maduración, logrando alcanzar el índice de madurez. Después que son cosechados, se detiene esa acumulación y algunos contenidos se hidrolizan en azúcares, así gradualmente estos sólidos aumentan en el fruto (Ryugo, 1993). Los azúcares solubles presentes en el duraznero son afectados por la alimentación de las plagas como es el caso del ácaro *Eotetranychus lewisi*, demeritando la calidad del producto, evitando que se logre posicionar en el mercado, afectando la economía de los productores dejando sus cosechas en el mismo huerto (Pérez *et al.*, 2007). El daño ocasionado por los diversos insectos plaga afecta los elementos minerales como el N, P y K en diferentes órganos del duraznero, disminuyendo el rendimiento

en el fruto y haciendo que el productor extraiga los árboles frutales dañados (Pérez *et al.*, 2013, en prensa).

Las pérdidas en cosecha y postcosecha en la producción de traspatio de durazno y pera en Santiago Papasquiario se deben en parte al desconocimiento de las características físicas, químicas y fisiológicas de la maduración y almacenamiento postcosecha de los frutos, lo que conlleva a que no se les dé el tratamiento adecuado para mantener su calidad hasta que llegue al consumidor (Parra *et al.*, 1998). Las prácticas culturales, aplicadas a los frutales de clima templado, ayudan a regular el rendimiento y tamaño de fruto, influenciando en la calidad final del producto de durazno y pera (Zegbe y Esparza, 2007).

CONSIDERACIONES FINALES

El durazno y la pera son, por su alto consumo en fresco e industrialización de los frutos, de gran importancia para la región, por lo que evaluar la calidad de cosecha y postcosecha que estos frutos presentan en las diversas regiones del país, y particularmente en Santiago Papasquiario, es fundamental. La planeación de las temporadas de poda, raleo y recolección para lograr una buena comercialización y contribuir a cubrir el autoconsumo de las familias y la venta de productos con valor agregado también es una prioridad para la región. Se requiere la implementación de técnicas agronómicas aplicadas en la fruticultura para ayudar a fortalecer la producción de ambos frutales en Santiago Papasquiario para mejorar el rendimiento, la calidad y la reducción de daños provocados por plagas, lo que facilitará su colocación en el mercado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gómez, M. de O. M. E. 2009. Huertos caseros como una estrategia de manejo sostenible de tierra: estudio de caso en zonas semiáridas, en Zacatecas, México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Gutiérrez, A. F., R. J. S. Padilla. 2004. Rendimiento y calidad del fruto de durazno tipo San Gabriel de maduración temprana. *Agricultura Técnica en México* 30: 75-88.
- Gutiérrez, A. F., R. J. S. Padilla, M. L. Reyes. 2008. Fenología, producción y características de fruto de selecciones de durazno (*Prunus persica* L. Batsch.) Ana en Aguascalientes. *Revista Chapingo serie Horticultura* 14: 23-32.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2005. Prácticas culturales para producir durazno criollo en Zacatecas. Publicación Número 15. SAGARPA. México.
- Ortiz, Z. V. G., D. R. Güemes, A. M. Piagentini, N. F. Ariglio, M. E. Pirovani. 2007. Comparación de la calidad de duraznos de diferentes variedades cultivadas en la región centro-este de la provincia de Santa Fe, Argentina. *FAVE* 5: 27-33.
- Padilla, B. L. E., V. O. Pérez. 2008. El consumidor potencial de durazno (*Prunus persica*) orgánico en Zacatecas, Aguascalientes y San Luis Potosí. *Revista Agrociencia* 42: 379-389.
- Parra, A. C., L. J. Sánchez, C. Barragén. 1998. Características Físicas y Fisiológicas de La Pera Variedad Triunfo de Viena (*Pyrus communis* L.). *Ingeniería e Investigación* 41: 33-44.
- Parra-Coronado, A., J. E. H. Hernández, J. H. Camacho-Tamayo. 2006. Estudio de algunas propiedades físicas y fisiológicas precosecha de la pera variedad triunfo de Viena. *Revista*

- Brasileira de Fruticultura 28: 55-59.
- Pérez-Santiago, G., G. Otero-Colina, V. A. González Hernández, M. E. Ramírez Guzmán, H. González Hernández, A. López Jiménez. 2007. The population level of *Eotetranychus lewisi* and the concentration of carbohydrates in peach leaves. *Experimental and Applied Acarology* 43: 255-263.
- Pérez-Santiago, G., V. A. Otero-Colina, M. E. González Hernández, H. Ramírez Guzmán, A. López Jiménez, H. González Hernández. 2013. Concentraciones de N, P y K en hojas de duraznero infestado con diferentes densidades de *Eotetranychus lewisi*. *Revista Chapingo serie Horticultura* (en prensa).
- Ryugo, K. 1993. *Fruticultura Ciencia y Arte*. AGT. México.
- Sánchez, T. B. I., R. M. D. Amador, R. A. F. Rumayor, T. L. R. Reveles. 2012. Impacto económico, social y ambiental del manejo integral de huertos de durazno en Zacatecas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3: 373-379.
- Seibert, E., S. González, A. Orellana, L. Luchsinger, R. J. Bender. 2009. Calidad postcosecha y daños por frío en duraznos "NOS 21". *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 10: 51-60.
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2010. Información técnica de fruto de durazno fresco mexicano para exportación. SAGARPA. México.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2013. Estadísticas sistema producto durazno. En línea <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>. Consultado en marzo de 2013.
- Torres, Z. J. P., F. J. I. Cortés, F. A. Turrent, R. E. Hernández, L. A. Muratalla. 2008. Rendimiento de fruto y número de ramas principales en árboles de durazno intercalados con milpa. *Terra Latinoamericana* 26: 265-273.
- Weber, M., D. Güemes, M. Pirovani, A. Piagentini, A. Zanuttini, N. Gariglio. 2003. Características del fruto del duraznero "flordaking" cultivado en la zona centro-este de la provincia de Santa Fe, Argentina. *FAVE* 2: 30-35.
- Zegbe, D. J. A. 2005. Cambios estacionales de nutrimentos en hojas y caída de fruta en durazno "criollo" de Zacatecas, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28: 71-75.
- Zegbe, D. J. A., Esparza F. G. 2007. Poda de ramas mixtas y raleo de frutos: Prácticas culturales independientes en durazno "Victoria". *Revista Chapingo serie Horticultura* 13: 121-126.

ASPECTOS BIOLÓGICOS, ECOLÓGICOS Y USOS DEL MEZQUITE

Karina Lisbet Reséndez Velázquez;
María P. González Castillo; Isaías
Chairez Hernández; Oscar Díaz
Martínez

Centro Interdisciplinario de Investigación
para el Desarrollo Integral Regional, Unidad
Durango del Instituto Politécnico Nacional,
Sigma 119, Fraccionamiento 20 de
Noviembre II, Durango, Dgo., 34220.
Tel: 618 8142091
Correo electrónico:
Karina_lisbed@hotmail.com

RESUMEN

El mezquite es un recurso natural del género *Prosopis* de la familia Fabaceae. En México se encuentran diez especies de ese género, que crecen en un área de 3 555 500 Ha. En el estado de Durango se reportan dos especies *Prosopis laevigata* y *Prosopis glandulosa*, que crecen en un área de 44 211 hectáreas. El mezquite es importante por el papel que desempeña dentro del ecosistema de las zonas áridas, además, por que el árbol tiene diversos usos, tales como madera que puede ser utilizada en la elaboración de muebles, las vainas en alimentación humana o animal, y las flores para la producción de miel.

PALABRAS CLAVE: Mezquite, *Prosopis*, aprovechamiento, especies de zonas áridas.

ABSTRACT

The mesquite is a natural resource of genus *Prosopis*, of the Fabaceae family. Ten species of that genus grow in Mexico, occurring in an area of 3 555 500 Ha. In Durango State, two species, *Prosopis laevigata* and *Prosopis glandulosa*, are distributed in an area of 44 211 Ha. The mesquite is important because of the ecological role it plays in the ecosystems of arid zone, and also because of its several uses, such as source of wood to manufacture furniture, the pods as human or animal food, and the flowers as source of nectar for honey production.

KEY WORDS: Mesquite, *Prosopis*, development, arid zone species.

INTRODUCCIÓN

El mezquite es un recurso natural que crece principalmente en zonas áridas y semiáridas; en México, esas zonas abarcan una superficie de 1.9 % del territorio nacional, y representa un total de 3, 555, 000 Ha. Las diferentes especies de mezquite pertenecen al género *Prosopis*, de la familia Fabaceae, que se distingue por la producción de vainas con semillas. Este género consta de aproximadamente 44 especies a nivel mundial. En nuestro país, el mezquite existe en forma natural en varios estados, siendo abundante en los del norte y centro (Estrada, 1993; Villanueva, 2004).

En el estado de Durango se reportan 44 211 hectáreas de mezquite, distribuidas en 14 de los 39 municipios del estado: Cuencamé, Durango, General Simón Bolívar, Hidalgo, Indé, Mapimi, Nombre de Dios, Ocampo, Peñón Blanco, Poanas, San Juan de Guadalupe, San Juan del

Rio, San Pedro del Gallo y Tlahualilo; destacando con mayor superficie los municipios de Hidalgo San Juan de Guadalupe y Simón Bolívar (Ríos *et al.*, 2011). El objetivo de este trabajo fue realizar una revisión sobre algunos aspectos biológicos, ecológicos, y usos del mezquite con la finalidad de apoyar trabajos futuros en el desarrollo de estrategias de manejo.

DESCRIPCIÓN DEL GÉNERO *Prosopis*

El mezquite es un árbol espinoso que alcanza hasta los 10 metros de altura; sus raíces pueden tener más de 50 metros de profundidad y hasta 15 metros en sus laterales. Los tallos presentan corteza oscura y ramas con abundantes espinas axilares o terminales. Las hojas son compuestas, bipinnadas con 12 a 15 pares de folíolos oblongos o lineares, que miden de 5 a 10 mm de largo. Las flores presentan un color amarillo verdoso, están agrupadas en racimos, con medidas de 4 a 10 mm, son bisexuales, tienen cinco sépalos y diez estambres. El fruto es una vaina que puede ser de color paja o rojizo violáceo, con forma alargada, recta o arqueada, puede medir de diez a treinta centímetros de longitud, ser plano o cilíndrico en la madurez y contener de 12 a 20 semillas (Valenzuela, 2011).

En México se encuentran diez especies del género *Prosopis* (Arellano, 1996). En el estado de Durango, se reportan dos: *Prosopis laevigata* (Willd) M.C. Johnston y *Prosopis glandulosa* Torr. W. CH. I J (González *et al.*, 1991).

IMPORTANCIA ECOLÓGICA

El mezquite es importante por el papel que desempeña dentro del ecosistema de las zonas áridas, ya que es un excelente controlador de la erosión, fija el nitrógeno de la atmósfera al suelo mejorando su fertilidad, y proporciona alimento y

refugio a la fauna silvestre (Carrillo, 2006). Es un recurso que puede ser utilizado para la recuperación de tierras agrícolas con problemas de salinidad en suelo y agua, además se considera útil para estabilizar y mejorar el suelo al incrementar el contenido de materia orgánica, mejora la capacidad de almacenamiento de agua y la tasa de infiltración y posee una de las capacidades fotosintéticas más altas, esto por su buen aprovechamiento de agua y de nitrógeno (Ruiz, 2011).

USOS Y PROPIEDADES DEL MEZQUITE

El mezquite posee diversos usos industriales, alimenticios y medicinales, debido a que la mayoría de sus estructuras y algunos componentes químicos (goma, vainas, tronco, ramas, hojas y flores) son susceptibles de aprovechamiento (Estrada, 1993).

Actualmente sus principales usos son como forraje para ganado doméstico y fauna silvestre, las flores como fuente de polen y néctar para la producción de miel en explotaciones apícolas, la goma que excreta la planta como fuente de compuestos con efectos positivos en la salud y como sustituto de la goma arábiga (uso industrial). La madera del mezquite es fuerte y durable, por lo que puede ser utilizada para la fabricación de muebles, puertas y como leña y carbón (Meza y Osuna, 2003). La infusión de algunas partes de la planta es utilizada para combatir la disentería, el cocimiento de las hojas se emplea para combatir algunas afecciones de los ojos, el cocimiento de la corteza es vomitivo-purgante, los extractos en alcohol de las hojas frescas y maduras han mostrado acción antibacterial contra *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* (Ruiz, 2011).

Ruiz (2011) en su trabajo sobre el uso potencial de la vaina de mezquite para alimentación de animales domésticos del Altiplano Potosino

concluye que la vaina representa una opción para ofrecer como alimento al ganado; destacando su alto contenido de carbohidratos y proteínas.

A pesar de los diversos usos que se le puede dar al mezquite y de sus relevantes papeles ecológicos, la superficie de su distribución ha disminuido en varios estados de México a causa de cambio de uso de suelo, sobrepastoreo, y por sobreexplotación, principalmente para obtención de leña y carbón. Las áreas de mezquiales presentan una tasa de disminución de superficie de 5 054 Ha/año en el estado de Coahuila, 500 Ha/año para el estado de Durango, 70 Ha/año para el estado de Zacatecas, y 340 Ha/año en el estado de Chihuahua (Ríos *et al.*, 2011).

El establecimiento de plantaciones y la reforestación son dos estrategias que se han propuesto para frenar las tasas de disminución del área de distribución de las especies de *Prosopis* en México. Entre los trabajos que se han realizado referentes a la obtención de semilla y plantas están el de "Tecnología disponible para la obtención de semilla de mezquite en el norte de México", realizado por Hernández *et al.* (2010), y el de "Crecimiento de plántulas y productividad del mezquite en el estado de Durango", llevado a cabo por Ríos *et al.* (2009).

CONSIDERACIONES FINALES

Existe diversa información publicada sobre el aprovechamiento de la madera, vainas, y goma de mezquite, y sobre la mejor forma de obtener semillas y establecer plantaciones para realizar reforestaciones; sin embargo, las poblaciones naturales de ese recurso continúan disminuyendo, debido a que no se realiza un manejo adecuado del ese recurso y en otros casos se desconoce que se puede aprovechar y en otros casos, se desconoce que

se pueda aprovechar y se realizan cambios de uso de suelo para la agricultura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Arellano, D. S. 1996. Determinación del potencial productivo del mezquite (*Prosopis* spp) en el municipio de San Juan de Guadalupe, Dgo. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Bermejillo, Durango.
- Carrillo, F. R. 2006. Efecto de la poda sobre el potencial productivo de mezquiales nativos (*Prosopis glandulosa* torr, var. *glandulosa*) en la Comarca Lagunera. Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente 6: 47-54.
- Estrada, S. L. 1993. Estudios sobre el potencial técnico de aprovechamiento de la goma, vainas, hojas y madera del mezquite (*Prosopis* spp.) en México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Estado de México, México.
- González, E. M., E. S. González, A. Y. Herrera. 1991. IX Flora de Durango. Listados florísticos de México. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Hernández, L. J. A, S. J. C. Ríos, G. J. C. Monárrez, S. R. Rosales, B. J. M. Mejía, G. V. Bustamante. 2010. Tecnología disponible para la obtención de semilla de mezquite en el norte de México. Centro de Investigación Regional Norte Centro. Campo Experimental Valle del Guadiana Durango, Dgo. México. Folleto Técnico Núm. 45
- Meza, S. R, L. E. Osuna. 2003. Estudio dasométrico del mezquite en la zona de las Pocitas, B.C.S. Instituto Nacional de Investigaciones

- Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noroeste. Campo Experimental Todos Santos. La Paz, B.C.S. Folleto Científico No. 3. México.
- Ríos, S. J. C, B. E. Merlín, E. Soto, S. R. Rosales. 2009. Crecimiento de plántulas y productividad del mezquite en el estado de Durango, México. Memorias del VII Simposio Internacional sobre la Flora Silvestre en Zonas Áridas. Hermosillo, Sonora, pp. 48-61.
- Ríos, S. J. C, C. R. Trucíos, N. L. M. Valenzuela, P. G. Sosa, S. R. Rosales. 2011. Importancia de las poblaciones de mezquite en el norte-centro de México. CENID-RASPA. Durango, México.
- Ruíz, T. D. R. 2011. Uso potencial de la vaina de mezquite para la alimentación de animales domésticos del Altiplano Potosino. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México.
- Valenzuela, N. L. M., C. R. Trucios, S. J. C. Ríos, H. A. Flores, B. J. L. González. 2011. Caracterización dasométrica y delimitación de rodales de mezquite (*Prosopis* spp.) en el estado de Coahuila. Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente 17: 87-96.
- Villanueva, D. J., I. R. Jasso, O. E. Cornejo, T. C. Potisek. 2004. El mezquite en la Comarca Lagunera: su dinámica, volumen maderable y tasas de crecimiento anual. Agrofaz 4: 633-648.

VISIÓN DEL MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Martín Omar Gutiérrez Montenegro,
Alejandro Fabián Orona Meza, Víctor
Manuel Ortega Martínez, Sandra
Viviana Jáquez Matas

Centro Interdisciplinario de Investigación
para el Desarrollo Integral Regional Unidad
Durango del Instituto Politécnico Nacional,
Sigma 119, Fraccionamiento 20 de
Noviembre II, Durango, Dgo., 34200.
Tel/Fax: 618 8142091
Correo electrónico:
omargm_tinta@hotmail.com

RESUMEN

El presente trabajo estuvo enfocado en presentar una visión general de las características y componentes que describen una cuenca hidrográfica, así como de la relación de los distintos problemas que se despliegan en el manejo del recurso agua, con el fin de conocer las repercusiones generadas por las distintas actividades del ser humano en el medio ambiente. Ese tipo de información podría contribuir a mantener un equilibrio entre el entorno natural y las necesidades de los usuarios de una cuenca.

PALABRAS CLAVE: Cuenca hidrográfica, manejo integral, usuarios, recursos naturales.

ABSTRACT

This work was focused to present a general view about the features of watersheds and its components, as well as about the problems around the management of water in order to know the impact of human activities on the environment and try to keep a balance between users of watershed and environment.

KEY WORDS: Watershed, integrated management, users, natural resources.

INTRODUCCIÓN

Una cuenca hidrográfica es un área natural en la cual la precipitación forma una serie de cauces que convergen en uno principal, es la unidad fisiográfica integrada por sistemas de drenaje de agua definida por el relieve de la zona. Sus límites se establecen naturalmente por las partes de mayor altura del área que encierra un río (Ramakrishna, 1997).

La cuenca está conformada por componentes abióticos (agua y suelo, entre otros), biológicos (flora y fauna) y antropogénicos (socioeconómicos, culturales, institucionales), manteniéndose en una constante interrelación y equilibrio. Los recursos naturales con los que cuenta la cuenca son renovables, esto quiere decir que pueden ser remplazados de manera natural o por la intervención del ser humano. No se consideran renovables cuando no pueden ser remplazados en un periodo de tiempo significativo, de acuerdo a la presión sometida por las distintas actividades humanas (Ramakrishna, 1997).

La capacidad de carga de la cuenca es una relación que nos explica cuáles son los límites de extracción de agua que puede soportar y que no comprometen la satisfacción de las necesidades sociales, económicas y ambientales (Vargas Velazco, 1998).

La búsqueda y selección de la información se realizó de acuerdo a la información publicada de los distintos estudios realizados en base a las características y componentes que describen una cuenca hidrográfica, así como el manejo integral del recurso agua.

CUENCAS HIDROGRÁFICAS

El concepto de cuenca hidrográfica se adoptó como la manera más apropiada para delimitar un territorio y en base a esto poder realizar un ordenamiento. Esta delimitación ha permitido la interpretación del medio natural y la interacción con la sociedad y el uso que se le da a las cuencas. Partiendo de esa regionalización se ha realizado una planificación integral de desarrollo por parte de políticos y economistas, basada en los principios de la relación agua-suelo-vegetación, trayendo consigo conflictos con determinaciones políticas, administrativas, económicas y sociales (Natenzon, 1999; Cotler, 2004; Ruelas-Monjardín y Chávez-Cortés, 2006).

Las cuencas hidrográficas se encuentran sometidas a una constante presión ocasionada principalmente por las distintas acciones humanas, presentando así efectos negativamente acumulativos al medio ambiente, de igual manera el cambio climático, disturbios al paisaje, aumentos en el desarrollo de infraestructura hidráulica para el uso y aprovechamiento del recurso (presas, tuberías, riego) y los distintos desarrollos industriales han contribuido

En el subsuelo existen formaciones receptoras de agua que reciben el nombre de acuífero, definida por Walton (1970) y Tarbuck y Lutgens (2006) como estratos de roca o sedimentos permeables que almacenan y transmiten libremente el agua subterránea. El agua subterránea representa la mayor fuente de agua dulce aprovechable como recurso para uso humano, encontrándose disponible en el planeta tierra un total de 15.158% (Tarbuck y Lutgens, 2006).

Lerner et al. (1990) determinaron que existen factores ambientales y antropogénicos que influyen en los procesos naturales para permitir la presencia de agua en las cuencas; entre los primeros destacan el régimen de precipitación, la topografía, el suelo, roca, la evapotranspiración y los flujos de ríos presentes en el área; entre los antropogénicos mencionan la extracción de agua subterránea, los patrones de cultivo, horarios de riego, así como la infraestructura hidráulica establecida en la zona.

Las alteraciones a las cuales puede estar sometida una cuenca están relacionadas con las actividades que involucran el uso de suelo, ya que esas actividades modifican parámetros ambientales, como la topografía y la vegetación, cambiando así el flujo de agua, sedimentación, materia orgánica y contaminantes, que por acciones de arrastre llegan a acumularse en las corrientes de agua superficiales (Noble *et al.*, 2011); por lo que conocer las condiciones naturales de las cuencas, permite manejar un modelo conceptual de la dinámica hidrológica de la cuenca.

Las alteraciones a las cuales puede estar sometida una cuenca están relacionadas ampliamente con las actividades que involucran el uso de suelo, ya que las actividades realizadas en el suelo de las cuencas modifican parámetros

ambientales como la topografía y la vegetación, cambiando así el flujo de agua, sedimentación, materia orgánica y contaminantes, que por acciones de arrastre llegan a acumularse en las corrientes de agua superficiales (Noble et al., 2011); por lo que conocer las condiciones naturales de las cuencas, permite manejar un modelo conceptual de la dinámica hidrológica de la cuenca.

EVALUACIÓN Y GESTIÓN DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS

La Ley de Aguas Nacionales define la disponibilidad media de las aguas superficiales como “el valor que resulta de la diferencia entre el volumen medio anual de escurrimiento de una cuenca aguas abajo y el volumen medio anual comprometido aguas abajo”, nombrada como disponibilidad legal, entendiéndose como el recurso agua disponible para la población (Diario Oficial de la Federación, 2012).

Ante el reflejo del agua como recurso vital se manifiesta una creciente necesidad de implementar sistemas de evaluación y gestión de los efectos acumulativos en las cuencas hidrográficas causadas por las distintas actividades humanas (Noble *et al.*, 2011).

Estados Unidos de América estableció un programa para evaluar los efectos de la conservación para poder proveer y llenar vacíos de información que pudieran ayudar a mejorar el balance de los costos-beneficios en los programas de conservación. El objetivo de ese programa se enfocó principalmente en identificar los beneficios públicos a partir de las prácticas de conservación, debido a que el agua es un recurso de asunto público, más aún en lugares donde se cuentan con extensos ríos y corrientes, ya que éstos son proveedores de agua para consumo humano, áreas de pesca y fuentes recreacionales.

Programas como el anterior permiten establecer un control para disminuir los efectos acumulativos en las cuencas, a partir de un conjunto de prácticas de conservación evaluadas a través de modelos de aproximación, experimentos, monitoreo en campo y estudios de cuenca (Tomer y Locke, 2011).

El manejo del agua tiene como principio asegurar la disponibilidad de este recurso, por lo que el mantener un abastecimiento en cantidad y calidad es fundamental para conservar el desarrollo y bienestar humano. Este fundamento ha perdurado durante muchos años, por lo que problemas de escases se resuelven incrementando la oferta. Estas políticas de satisfacción de las crecientes necesidades de la agricultura de riego, de la actividad industria y de la población en aumento han ocasionado que algunas regiones geográficas presenten una escasez de agua más aguda. Debido a lo anterior se busca establecer un giro en el manejo del agua, y poder pasar del actual incremento-oferta de agua a uno basado en la demanda, buscando con ello una sustentabilidad (Ruelas-Monjardín y Chávez-Cortés, 2006; Oswald, 2011).

Uno de los principales retos de la gran variedad de estudios realizados está enfocado a disminuir la extracción de agua subterránea evitando consecuencias negativas a las actividades sociales y económicas, obteniendo así un equilibrio de la extracción de las recargas de agua del subsuelo y permitiendo con ello una explotación sustentable (Oswald, 2011), fijando como base la disponibilidad actual que se tiene del recurso para llevar a cabo un plan de uso del agua (Ruelas-Monjardín y Chávez-Cortés, 2006).

Ante la sobreexplotación de las aguas subterráneas, los acuíferos responden de distinta maneras, entre ellas podemos encontrar la

modificación del medio natural, la reducción de agua disponible para la vegetación, la disminución del agua dulce que sostienen la fauna herbívora, y el cambio de los patrones de inundación en los humedales, transformándolos de humedales permanentes a temporales, de estacionales a interanuales y en casos extremos a su disipación (Manzano y Custodio, 2005).

Existe una convergencia en la idea de realizar un manejo integrado y holístico del agua, orientado tanto a prevenir como a satisfacer las necesidades ambientales y sociales, contemplando al agua superficial y al agua subterránea en los aspectos de cantidad y calidad, trabajando de manera conjunta con disciplinas que aporten sus conocimientos, tanto ecológicos como técnicos y entrelazando dichos conocimientos con los usuarios y las instituciones a las cuales les compete el manejo del recurso agua (Ruelas-Monjardín y Chávez-Cortés, 2006).

Se debe considerar a la cuenca como la unidad básica de planeación y de la conservación de los recursos naturales para elaborar planes de manejo integral del agua que presenten beneficios a los productores y con fines conservacionistas (Oswald, 2011).

Las características principales llevadas a cabo en planeaciones de materia de conservación de los recursos naturales da un reconocimiento de plan resultante en beneficio a los productores y con fines conservacionistas dentro de su propiedad, debe partir de un manejo integral del agua y de la cuenca como unidad básica de planeación principalmente (Oswald, 2011).

Dourojeanni (el documento no indica año) expone que se obtienen mayores beneficios al conciliar diversos intereses entre los usuarios del recurso, a pesar de ser una tarea difícil, ya que se deben involucrar a todos los actores, conocer sus

necesidades e intereses para poder aplicar soluciones, se debe crear un compromiso por parte de los usuarios, que debe ser vigilado bajo leyes en instrumentos que verifiquen el cumplimiento de los acuerdos presentados. Para facilitar este tipo de trabajo se debe considerar una descentralización de funciones desde un nivel central a uno estatal o local, con esto se beneficia el acceso a la participación del sector privado que lleve a una gestión integrada del agua.

CONSIDERACIONES FINALES

Con base en la revisión anterior se puede concluir que es de la mayor importancia realizar una investigación que involucre a todos los factores que afectan y conforman una cuenca hidrográfica, es decir, el medio ambiente, como el proveedor de los recursos de los cuales disponemos; las instituciones gubernamentales, que limitan o establecen las medidas de uso; y los usuarios del recurso agua. No se puede realizar un trabajo en el cual se conozca únicamente la parte técnica y se desconozcan las necesidades de la sociedad que integra una cuenca.

Es necesario conocer la visión de los usuarios del recurso agua, inquietudes y problemas, e involucrarlos al entorno para desarrollar un compromiso de los actores humanos, para, de esa manera, promover que sean ellos quienes gestionen y lleven a cabo el manejo de su propio recurso para mantener una disponibilidad que satisfaga sus necesidades sin comprometer las del medio ambiente.

Llevar a las instituciones la información social y ambiental de una cuenca e involucrarlas dentro de los trabajos que se realicen permitiría crear una interrelación entre los actores principales y aquellos encargados de la regularización, debido a que es

necesario cambiar la política de incremento de oferta en el recurso sin analizar las capacidades de la cuenca y las necesidades de los usuarios. Esa interrelación podría contribuir a evitar conflictos ocasionados por la disponibilidad del recurso agua. Vincular a todos los actores permitirá llevar a cabo una correcta gestión del recurso, estableciendo las necesidades a satisfacer en una mediación entre los usuarios, especialistas en materia ambiental y las instituciones gubernamentales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cotler, H. 2004. EL manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental. Instituto Nacional de Ecología. Mexico D.F., México.
- Diario Oficial de la Federación. 2012. Ley de aguas nacionales. Nueva ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de diciembre de 1992. Última reforma publicada DOF 08-06-2012.
- Dourojeanni, R.A. Desafíos para la gestión integrada de los recursos hídricos. Consultado 9 de Abril de 2013, de http://www.portalcuencas.net/Virtual_Librar y/Files/Desafios.pdf
- Lerner, D. N., A. S. Issar, I. Simmers. 1990. Groundwater Recharge: a guide to understandign and estimating natural recharge. International Contributions to Hydrogeology Vol. 8. Verlag Heinz Heise GmbH & Co. West Germany.
- Manzano, M., E. Custodio. 2005. El acuífero de Doñana y su relación con el medio natural. En: Doñana: Agua y Biósfera (Eds. García Novo, F, C. Marín Cabrera). Ministerio de Medio Ambiente. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Madrid, España, pp. 133-142.
- Natenzon, C. E. 1999. Cuencas hidrográficas y gestión pública en Argentina. Revista Geográfica 125: 61-75.
- Noble, B. F., P. Sheelanere, R. Patrick. 2011. Advancing watershed cumulative effects assessment and management: Lesson from the south Saskatchewan river watershed, Canada. Journal of Environmental Assesment Policy and Management 13: 576-590.
- Oswald, S. U. 2011. Retos de la investigación del agua en México. UNAM. México D.F.
- Ramakrishna, B. 1997. Estrategias de extension para el manejo intefrado de cuencas hidrográficas: conceptos y experiencias. IICA. San Jose, Costa Rica.
- Ruelas-Monjardín, L. C., J Chávez-Cortés. 2006. La aplicabilidad del enfoque de planeacion colaborativa en el manejo del agua: un estudio de caso en México. Ingeniería Hidráulica en México 21: 57-68.
- Tarback, E. J., F. K. Lutgens. 2006. Ciencias de la Tierra: Una introducción a la Geología Física. Prentice Hall. España.
- Tomer, M., M, Locke, 2011. The challenge of documenting water qualitys benefits of conservation practices: a review of USDA-ARS's conservation effects assessment project watershed studies. Water Science & Technology 64: 300-310.
- Vargas Velazco, S. 1998. El uso del agua: un enfoque crítico de la relación poblacion-ambiente-recursos. Papeles de Población 15: 177-192.
- Walton, W. C. 1970. Ground Water Resource Evaluation. McGraw-Hill. Japón.

BIOFERTILIZANTES EN EL CULTIVO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.)

Oscar Díaz Martínez, J. Navidad
Gurrola Reyes, Gerardo Pérez
Santiago y Joel Díaz Martínez

Centro Interdisciplinario de Investigación
para el Desarrollo Integral Regional, Unidad
Durango del Instituto Politécnico Nacional.
Sigma 119, Fraccionamiento 20 de
Noviembre II, Durango, Dgo., 34200. Tel/Fax:
618 8142091
Correo electrónico:
racso_2803@hotmail.com

RESUMEN

La demanda de una cada vez mayor cantidad de alimentos hace necesaria la utilización de grandes cantidades de agroquímicos aplicados al suelo para obtener mayores producciones de los mismos. Actualmente se han buscado tecnologías sostenibles como el uso de los biofertilizantes. Este trabajo se realizó con el propósito de conocer el estado actual en materia de biofertilizantes utilizados en el cultivo de tomate. Entre los inoculantes empleados como biofertilizantes se encuentran los hongos micorrízicos, los cuales a través de las hifas favorecen el desarrollo de las plantas lo que mejora la absorción de minerales; y las bacterias promotores del crecimiento, que solubilizan nitrógeno atmosférico, favorecen la producción de hormonas, e incrementan la toma de agua y minerales. Buenos resultados se han publicado resaltando el beneficio de la inoculación de diversos hongos micorrízicos y bacterias promotoras de crecimiento en tomate. Los géneros más estudiados son *Azospirillum* y *Glomus*. La utilización de cepas autóctonas garantiza aun más la eficiencia de los inoculantes.

PALABRAS CLAVE: Biofertilizantes, hongos micorrízicos, bacterias promotoras de crecimiento, tomate.

ABSTRACT

The increasing demand for greater quantities of food makes it necessary to use large amounts of agrochemicals applied in the soil to obtain more production, thereof the currently research of sustainable technologies find the use of bio-fertilizers. This research, performed in order to know the status in the field of bio-fertilizers used in growing tomatoes. Between the inoculants used as bio fertilizers are mycorrhizal fungi, which through the hyphae favor the development of plants, which improves the absorption of minerals; and growth promoting bacteria, which improve the solubility of atmospheric nitrogen, advantaging the production of hormones, and the increase the uptake of water and minerals. Good results had being published highlighting the benefits of inoculation of different mycorrhizal fungi and bacteria growth promoters on tomato. The genera most studied are *Azospirillum* and *Glomus*. The uses of native strains guarantee more efficiency of the inoculants.

KEY WORD: Biofertilizer, mycorrhizal fungi, indigenous strains, growth promoting bacteria, tomato.

INTRODUCCIÓN

La seguridad alimentaria a nivel global demanda una mayor producción de alimentos para abastecer la creciente demanda

provocada por el incremento de la población (Salgado-García y Núñez-Escobar, 2010). De acuerdo a lo que establece la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) “la seguridad alimentaria se consigue cuando las personas tienen, en todo momento, acceso físico y económico a alimentos seguros y nutritivos, en cantidad suficiente para satisfacer sus necesidades alimenticias” (FAO, 2009).

En México cada habitante cuenta con 0.28 hectáreas para producir alimentos, conforme aumente la población dicha superficie disminuirá. Actualmente para incrementar los rendimientos en los distintos sistemas de producción agrícola es necesaria la utilización de fertilizantes para, de esta manera aumentar el rendimiento y el beneficio económico; sin embargo el costo de los fertilizantes, dentro del costo de producción de los agricultores, oscila entre 10 y 25% (Salgado-García y Núñez-Escobar, 2010). Por otro lado, es evidente la degradación de los recursos naturales debido a las actividades agrícolas (Santillana, 2006), por lo que un elemento tecnológico que coadyuva a la sostenibilidad en el sistema agrícola es la biofertilización, que de manera conjunta promueve la sanidad de los cultivos y reduce la utilización de agroquímicos sintéticos (Díaz-Franco *et al.*, 2012).

Armenta *et al.* (2010) definen a los biofertilizantes como microorganismos aplicados al suelo y/o planta con el fin de sustituir la fertilización sintética, y por consiguiente una disminución en la contaminación por agroquímicos. Pajarito-Ravelero (2012) los define como productos que contienen microorganismos que se aplican a la semilla o suelo y se asocian con la raíz de la planta favoreciendo el desarrollo de la misma.

El presente trabajo tuvo por objetivo

presentar un panorama general sobre el estado actual del conocimiento respecto a los biofertilizantes utilizados en la producción de tomate, para que la información sistematizada pueda servir de base para investigaciones posteriores.

BIOFERTILIZANTES

En la Agenda 21, como resultado de la Cumbre de la Tierra, en Rio de Janeiro, en 1992 se recomendó la utilización de biofertilizantes como alternativa para el desarrollo sustentable (Aguirre *et al.*, 2009). Se ha establecido que la actividad de los microorganismos es de vital importancia en la fertilidad del suelo además en la sostenibilidad del agroecosistema (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2001).

Actualmente los microorganismos empleados como biofertilizantes son hongos micorrízicos de los géneros: *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Scutellospora*, *Sclerocystis* y *glomus*, pertenecientes a la familia Endogonaceae de la clase Zygomycetes, y especies de bacterias de géneros como *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azotobacter*, *Frankia*, *Beijerinckia* y *Azospirillum* (Pajarito-Ravelero e Ibarra-Flores, 2012).

HONGOS MICORRÍZICOS

Existen 125 especies de hongos capaces de formar micorrizas con la gran mayoría de plantas superiores (Pajarito-Ravelero, 2012). La palabra micorriza viene de la palabra mykos y significa hongo de la planta y se define como una relación simbiótica entre las raíces de las plantas y un hongo del suelo.

Las micorrizas se clasifican como ectomicorrizas, las cuales se forman alrededor de la raíz, y endomicorrizas, que se forman en el interior de la raíz. Cuando éstas se forman se altera la fisiología y exudación de la raíz, cambiando la población microbiana de la rizósfera. Adicionalmente, el micelio

extrarradical, se extiende más de 9 cm, aumentando de esta manera la actividad microbiana debido a que es sustrato para otros microorganismos (Pajarito-Ravelero, 2012).

Los hongos micorrízicos favorecen la absorción de minerales, principalmente los menos móviles y solubles, por medio de las hifas, que consiguen aportar hasta un 80% del P, 25% del N, 10% del K, 25% del Zn, y 60% del Cu del total de dichos nutrientes requeridos por las plantas. Existen diversos estudios que han demostrado que las plantas colonizadas con hongos micorrízicos absorben el P con mayor eficiencia (Alemán-Martínez, 2006). La simbiosis que se establece entre plantas y hongos producen alteraciones metabólicas y citológicas en las células de la planta, que sintetiza, entre otros compuestos, lignina, fitoalexinas, suberina, flavonoides, y compuestos fenólicos, evitando la infección de patógenos (Rodríguez *et al.*, 2004), entre ellos algunos hongos como *Phytophthora*, *Phytium*, y *Fusarium* (Pajarito-Ravelero, 2012).

Los hongos micorrízicos contribuyen también a mantener unidas las partículas del suelo, previniendo la erosión. Algunas especies ayudan a las plantas a prevenir enfermedades, al ser antagonistas de algunos microorganismos patógenos (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2007); de esta manera se disminuye el uso de agroquímicos.

Las plantas inoculadas con hongos micorrízicos presentan mejores características morfológicas y agronómicas, como mayor sanidad, vigor y calidad (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2001; Pajarito-Ravelero (2012), mayor crecimiento y enraizamiento de las plántulas, reducción de requerimientos de adición de fósforo, mayor tolerancia a estrés por factores abióticos e incremento en la producción de frutos.

Los hongos micorrízicos no son capaces de completar su ciclo de vida sin la presencia de una planta hospedera (Alemán-Martínez, 2006), por lo que son simbiontes obligados, esta característica ha dificultado la elaboración de los preparados de fertilizantes, lo que dificulta la realización de los trabajos de investigación (Armenta *et al.*, 2010).

BACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO

Las funciones de las bacterias promotoras del crecimiento (BPC) en las plantas son muy diversas, incluyen solubilizar fosfatos (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2007), lo que favorece la secreción de ácidos orgánicos y enzimas que liberan el fosfato atrapado en los aniones Al^{3+} , $Fe^{2+,3+}$ y Ca^{2+} quedando el fósforo libre para las plantas. Participan en la fijación del nitrógeno, lo que incrementa la toma de agua y mejoran el desarrollo radicular de las plantas; la estimulación que provocan en la actividad enzimática de las plantas favorece a otros microorganismos benéficos (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2007).

Del total del nitrógeno que se incorpora a las plantas, más del 60% es por medios biológicos de asociaciones de bacterias con las plantas (Alemán-Martínez, 2006). Por lo que una herramienta importante en la captación de nitrógeno atmosférico por parte de las plantas ha sido la utilización de inoculantes elaborados con los géneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Azorhizobium* (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000).

ESTUDIOS DE CASO (TOMATE)

Santillana *et al.* (2005) evaluaron 19 cepas del género *Rhizobium* aisladas de raíces de diferentes leguminosas y de distintas regiones, en el crecimiento y germinación en tomate. De 19 cepas evaluadas, siete estimularon el crecimiento de las plantas de

tomate, nueve promovieron la germinación de las semillas, y únicamente dos de esas cepas presentaron efecto positivo en la germinación y crecimiento de plantas de tomate.

Terry *et al.* (2005) evaluaron bacterias benéficas en cultivo de tomate, encontrando que el género más abundante en la rizósfera era *Azospirillum* y que su inoculación artificial tiene un efecto positivo ya que aumenta el tamaño y el estado nutricional de la planta; esos autores obtuvieron un rendimiento de un 11% más comparado con el testigo sin inocular.

Núñez-Sosa *et al.* (2005) evaluaron la utilización de *Azospirillum* y *Glomus fasciculatum* en el cultivo de zanahoria a diferentes concentraciones de materia orgánica, obtuvieron los mejores rendimientos en la coinoculación de *Azospirillum* y *Glomus fasciculatum*, y la inoculación simple de *Glomus fasciculatum*.

Terry y Leyva (2006) mencionaron que algunos beneficios en el desarrollo de las plantas atribuidas a los hongos micorrizas realmente provienen de la combinación con bacterias, por lo que evaluó *Glomus clarum* y *Azospirillum brasilense*. En tomate variedad "Amalia" inoculó al momento de la siembra para almacigo, en inoculación simple y en coinoculación, ambos microorganismos, con diferentes concentraciones de fertilización nitrogenada, encontrando mejores resultados en el tamaño de la planta a partir de los 31 días de la germinación, además de mayor cantidad de masa seca de las plantas, mayores contenidos de proteínas solubles y mayor rendimiento, por lo que consideraron a la coinoculación como una alternativa para mantener un estado nutrimental adecuado de las plantas y para sustituir la fertilización nitrogenada.

Santillana (2006) evaluó tres tipos de cepas

de *Pseudomonas sp.* como inoculantes en diferentes cultivos bajo condiciones de invernadero, entre ellos la papa y el tomate. También encontró que en ambos cultivos no se encontraron diferencias significativas en el uso de cada una de las cepas, con relación al peso seco de la parte aérea; sin embargo, sí encontró una diferencia en el desarrollo radicular, comparado con el testigo sin inocular.

Alvarez *et al.* (2008) evaluaron la utilización de *Glomus fasciculatum* en un suelo de clasificación Cambisol Crómico combinado con diferentes niveles de fertilización, donde encontró mayores rendimientos al emplear *Glomus fasciculatum* a niveles de fertilización de 150, 240 y 125 kg/Ha de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, al compararlos con una inoculación sin fertilización, otras concentraciones de fertilización y un testigo sin inocular ni fertilizar.

Salazar (2011) planteó como una alternativa utilizar el hongo micorrízico *Claroideogomus claroideum* y un sustrato elaborado a base de polvo de fibra de coco, composta de estiércol de bobino, cascarilla de arroz, harina de pescado, composta de cachaza de caña de azúcar, dolomita, roca fosfórica y levadura de cerveza, para mejorar el rendimiento y la vida de anaquel del jitomate, ya que obtuvo un desarrollo normal de la planta sin la adición de un fertilizante químico.

CEPAS AUTÓCTONAS

Diversos factores como humedad, predación, alta salinidad, pH y temperatura pueden disminuir las poblaciones de diversas especies microbianas como biofertilizantes y en consecuencia su efectividad, por lo que es más recomendable para la elaboración de los mismos utilizar cepas nativas que estén adaptadas a las condiciones ambientales, ya que se tienen menores riesgos de obtener malos resultados

(Armenta *et al.*, 2010). Ferrera-Cerrato y Alarcón (2001) y Ferrera-Cerrato y Alarcón (2007) concuerdan con lo anterior y mencionan que un buen resultado de los biofertilizantes depende en gran medida de la selección de las cepas que se utilicen para su elaboración, por lo que recomienda la utilización de cepas nativas que estén adaptadas a un ambiente dado.

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha producido inoculantes para cultivos de granos; sin embargo, no han tenido la aceptación esperada debido a que los productores tienen desconfianza de no obtener las ganancias deseadas, debido a que la efectividad de los biofertilizantes varía porque depende de los diversos factores ambientales como suelo y especie de planta, entre otros, lo que dificulta su colocación en el mercado (Armenta *et al.*, 2010).

CONSIDERACIONES FINALES

Diversos autores mencionan algunos beneficios de la utilización de hongos y bacterias como biofertilizantes, entre los que destacan la mayor aportación de minerales, mayor resistencia a patógenos, fijación del nitrógeno atmosférico, mejor desarrollo radicular, y mayor tolerancia al estrés, entre otros.

En mayores o menores proporciones algunos autores coinciden en buenos resultados al inocular diversos géneros de bacterias y hongos micorrízicos bajo diversos sistemas de producción de tomate; sin embargo existen más estudios en bacterias Del género *Azospirillum*, y del género *Glomus* en el caso de los hongos micorrízicos.

Algunos autores proponen la utilización de los biofertilizantes como alternativa para disminuir la utilización de fertilizantes químicos sintéticos en la

producción de tomate y coinciden en que el empleo de biofertilizantes es una alternativa para el desarrollo sustentable de los agroecosistemas y en que su elaboración se debe basar en cepas nativas debido a que ya están adaptadas al medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, M. J. F., G. M. B. Irizar, P. A. Duran, C. O. A. Grajeda, M. A. Peña del Rio, O. C. Loreda, B. A. Gutiérrez. 2009. Los biofertilizantes microbianos, alternativa para la agricultura en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Campo Experimental Rosario Iztapar, Tuxtla Chico, Chiapas, México.
- Alarcón, A., R. Ferrera-Cerrato. 2000. Biofertilizantes: importancia y utilización en la agricultura. *Agricultura Técnica en México* 26: 191-203.
- Alemán-Martínez, V. 2006. Efecto de los niveles de composta y hongo micorrízico arbuscular en el desarrollo y crecimiento de frijol *Phaseolus vulgaris* L. Tesis de Maestría. Universidad de Colima, Colima. México.
- Alvarez, K. P. M., B. Y. González, A. D. Reyes. 2008. Evaluación del empleo de micorrizas vesículo arbusculares combinadas con diferentes niveles de nitrógeno en tomate. *Centro Agrícola* 35: 15-18.
- Armenta, B. A. D., G. C. García, B. J. R. Camacho, S. M. A. Apodaca, L. G. Montoya, P. E. Nava. 2010. Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra-Ximhai* 6: 51-56.
- Díaz-Franco, A., G. J. Salinas, G. J. R. Valadez, E. H. M. Cortinas, O. C. Loreda, Q. V. Pecina, R. A. Pajarito, A. J. Amado, G. D. González. 2012. Impacto de la Biofertilización del Maíz en el Norte de México. Folleto Técnico No. Mx-

- 0310301-25-03-13-09-54. Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Rio Bravo, Tamaulipas. México.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Representante en México). 2009. la FAO en México Más de 60 años de cooperación 1945 – 2009. Agroanálisis A. C. México.
- Ferrera-Cerrato, R., A. Alarcón. 2001. La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. *Ciencia Ergo Sum* 8: 175-183.
- Ferrera-Cerrato, R., A. Alarcón. 2007. Microbiología agrícola: hongos, bacterias, micro y macrofauna, control biológico y planta-microorganismo. Trillas. México.
- Núñez-Sosa, D. B., G. R. Liriano, C. C. López. 2005. Evaluación de biofertilizantes (*Azospirillum* y Micorrizas) y diferentes niveles de materia orgánica en bolsa y organóponico, en el cultivo de la zanahoria (*Daucus carota* L.). *Centro Agrícola* 32: 5-9
- Pajarito-Ravelero, A. 2012. Uso de Biofertilizantes en la Producción de Frijol en el Estado de Durango. Libro Técnico No. 6. Campo Experimental Valle del Guadiana. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP. México.
- Pajarito-Ravelero, A., J. M. Ibarra-Flores. 2012. Uso de biofertilizantes en la producción de grano y forraje de maíz en Durango. Libro técnico Núm. 7. Campo Experimental Valle del Guadiana. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP. México.
- Rodríguez, Y., B. De la Noval Pons, F. Fernández Martín, P. Rodríguez Hernández. 2004. Estudio comparativo del comportamiento de seis cepas de hongos micorrízicos arbusculares en su interacción con el tomate (*Lycopersicon esculentum* M. var. "Amalia"). *Ecología Aplicada* 3: 162-171.
- Salazar, R. H. 2011. Sustratos orgánicos y biofertilizantes para el cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) en Invernadero. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) Unidad Michoacán, Instituto Politécnico Nacional. Juquiplan, Michoacán, México.
- Salgado-García, S., R. Núñez-Escobar. 2010. Manejo de fertilizantes Químicos y Orgánicos. 2010. Colegio de Posgraduados. Mundi-Prensa. México.
- Santillana, N., C. Arellano, D. Zúñiga. 2005. Capacidad del *Rhizobium* de promover el crecimiento en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller). *Ecología Aplicada* 1-2: 47-51.
- Santillana, V. N. 2006. Producción de biofertilizantes utilizando *Pseudomonas* sp.. *Ecología Aplicada* 1-2: 87-91.
- Terry, A. E., A. Leyva, A. Hernández. 2005. Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Revista Colombiana de Biotecnología* 7: 47-54.
- Terry, A. E., G. A. Leyva. 2006. Evaluación agrobiológica de la coinoculación micorrizas-rizobacterias en tomate. *Agronomía Costarricense* 1: 65-73.

ACTIVIDAD FOTOQUÍMICA DE LA 9,10 ANTRAQUINONA Y SUS DERIVADOS

José Rafael Irigoyen Campuzano, José
Bernardo Proal Nájera, Sandra
Viviana Jáquez Matas, Alejandro
Fabián Orona Meza

Centro Interdisciplinario de Investigación
para el Desarrollo Integral Regional Unidad
Durango del Instituto Politécnico Nacional,
Sigma 119, Fraccionamiento 20 de
Noviembre II, Durango, Dgo., 34200.
Tel/Fax: 618 8142091

Correo electrónico:
r_irigoyenc@hotmail.com

RESUMEN

En el presente trabajo se exponen, de manera breve, los principios del comportamiento fotoquímico de las moléculas orgánicas, principalmente de las antraquinonas. Así mismo, se describen algunos de los mecanismos de reacción que se han propuesto para las antraquinonas fotoexcitadas en medio orgánico y en medio acuoso.

PALABRAS CLAVE: Antraquinona, mecanismos de reacción, fotoquímica de antraquinonas

ABSTRACT

In this paper, a general review of the photochemical behavior of organic molecules, with emphasis in anthraquinones, is present. Some of proposed reaction mechanisms for photoexcited anthraquinones, in organic and aqueous media, are described.

KEY WORDS: Anthraquinone, reaction mechanisms, anthraquinone photochemistry

INTRODUCCIÓN

Existen compuestos orgánicos que son capaces de absorber radiación de una determinada energía, y esto depende de la estructura química de dichos compuestos. Para que parte de una molécula, o toda la molécula, pueda absorber luz debe contener en su estructura enlaces de tipo π . Aquellas moléculas que cumplen este requisito pueden tener tres tipos de transiciones energéticas al absorber luz: transiciones del tipo $n \rightarrow \pi^*$, $\sigma \rightarrow \pi^*$ y $\pi \rightarrow \pi^*$ y pasar a estados singulete (S_1) o triplete excitados (T_1), siendo la primera transición de menores requerimientos energéticos que la tercera.

Las especies generadas en estos estados excitados pueden tener tres diferentes maneras de volver a su estado basal, por fluorescencia, fosforescencia y por una reacción química (Skoog *et al.*, 2001). Los procesos anteriores, fotofísicos y fotoquímicos, compiten entre sí cinéticamente. Ceballos de la Horna (sin fecha) plantea el mecanismo general tanto para procesos monomoleculares (es decir, que ocurren en la misma molécula) como bimoleculares (que ocurren entre la molécula fotoexcitada y otra que se encuentre en el medio (Tabla 1).

Tabla 1. Mecanismo fotoquímico de las moléculas orgánicas

Proceso	Mecanismo	Ecuación de velocidad
Absorción	$S_0 + h\nu \longrightarrow S_1$	$v = I_{abs}$
Fluorescencia	$S_1 \longrightarrow S_0 + h\nu$	$v = k_f[S_1]$
Cruce entre sistemas	$S_1 \longrightarrow T_1$	$v = k_{isc}[S_1]$
Conversión interna	$S_1 \longrightarrow S_0$	$v = k_{ci}[S_1]$
Desactivación	$S_1 + Q \longrightarrow S_0 + Q + calor$	$v = k_q[S_1][Q]$
Fosforescencia	$T_1 \longrightarrow S_0 + h\nu$	$v = k_p[T_1]$
Conversión interna	$T_1 \longrightarrow S_0$	$v = k_{ci}[T_1]$
Desactivación	$T_1 + Q \longrightarrow S_0 + Q + calor$	$v = k_q[T_1][Q]$

Siendo S_1 y T_1 los estados excitados, S_0 el estado basal, I_{obs} la velocidad de absorción de la radiación, k las constantes de velocidad de los distintos procesos y Q la sustancia denominada *desactivador*. Este desactivador es una molécula que puede ser excitada de manera indirecta por la transferencia de energía de una sustancia fotoexcitada en un proceso bimolecular. Dicha sustancia fotoexcitada que posee esta propiedad se le conoce como *sensibilizador* o *fotosensibilizador*. La descripción de este último proceso, por el que moléculas fotoexcitadas pueden reaccionar (como las antraquinonas), así como los factores que la afectan, se tratan a continuación.

FACTORES QUE AFECTAN LA CAPACIDAD DE SENSIBILIZACIÓN DE UNA ANTRAQUINONA

Las antraquinonas son moléculas aromáticas, planas y conjugadas. Si consideramos la Figura 1 (9,10-antraquinona) como la estructura básica que poseen las diferentes antraquinonas, se pueden observar dos grupos carbonilo, uno unido al carbono 9 y otro unido al carbono 10; además, se observa que las antraquinonas pueden tener diferentes grupos como sustituyentes en los carbonos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8; éstos modifican la huella espectroscópica de la 9,10-antraquinona, dependiendo del tipo de sustituyentes (Skoog *et al.*, 2001; Chumbalov *et al.*,

1967). Los diferentes patrones de sustitución dan origen a diversos compuestos de interés comercial, por ejemplo, los colorantes dispersos (Freeman y Mock, 2007).

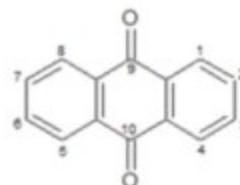


Figura 1. Estructura de la 9,10-antraquinona.

La benzofenona es una molécula fotoactiva, por lo que se esperaría que las antraquinonas, que son estructuralmente similares (además de lo mencionado anteriormente), presentaran actividad inducida por la radiación. Por lo anterior, se ha determinado que las antraquinonas presentan estados excitados con radiaciones superiores a los 365 nm (Liu y Gang, 2011).

Las antraquinonas fotoexcitadas existen principalmente en el estado triplete excitado (Bytewa *et al.*, 1985) (Liu y Gang, 2011). Estas especies excitadas, mediante diversos mecanismos, dan lugar a reacciones fotoquímicas. Un ejemplo de esto es que, al ser también cetonas aromáticas, pueden abstraer fácilmente protones de algunas moléculas donadoras de electrones en disolución (Liu y Gang, 2011).

La reactividad de las antraquinonas varía, esto depende, según Moore y Phillips (1988), de dos factores relacionados con el estado triplete excitado de más baja energía: transiciones electrónicas FORMULA para las más reactivas, para las menos reactivas. Aunado a esto, existen diversos factores que alteran las propiedades fotoquímicas de las moléculas y por tanto, las reacciones que se pueden llevar a cabo.

De acuerdo al trabajo de Byteva *et al.* (1985), la capacidad sensibilizadora de los derivados de antraquinonas en la formación de oxígeno en estado singulete se ve afectada por los sustituyentes de las antraquinonas, por el número de éstos, así como por la posición en que se encuentren en los anillos aromáticos. Esos mismos autores encontraron que empleando NH_2 - y OH - como sustituyentes, la 9,10-antraquinona y los derivados 2-sustituidos no tienen la capacidad de sensibilizar al O_2 , mientras que los 1-sustituidos sí; al introducir dos sustituyentes en las posiciones 1 y 2, o 1 y 4, se observó la ausencia de $^1\text{O}_2$. Si los mismos sustituyentes se encuentran en las posiciones 1 y 5, o 1 y 8 el rendimiento del $^1\text{O}_2$ aumenta en comparación a la antraquinona 1-sustituida. La antraquinona 1,4,5,8-sustituida tiene una capacidad de sensibilizar el O_2 equiparable a las porfirinas.

Byteva *et al.* (1985) explicaron los resultados anteriores con base a los rendimientos cuánticos de $^1\text{O}_2$ y los tiempos de vida media de los estados triplete excitados de las antraquinonas. Si las antraquinonas poseen un tiempo de vida media muy pequeño ($\tau_t = 10^{-8}$ s en el caso de la 9,10-antraquinona), o bien un tiempo suficientemente largo, pero con un rendimiento cuántico muy pequeño ($\Phi = 10^{-2}$ en el caso de 1,4-diamino antraquinona, 1-amino y 4-hidroxiantraquinona), se pueden considerar como

sensibilizadores débiles. En cambio, si tienen tiempos de vida media igual o mayores a 10^{-6} s y rendimientos cuánticos altos, se pueden considerar como sensibilizadores fuertes, esto recordando que si $\Phi < 0.1$ puede clasificarse como sensibilizador débil, y que si $\Phi > 0.8$ es un sensibilizador fuerte (Wilkinson, 1962).

De acuerdo al trabajo de Byteva *et al.* (1985), la capacidad sensibilizadora de los derivados de antraquinonas en la formación de oxígeno en estado singulete se ve afectada por los sustituyentes de las antraquinonas, por el número de éstos, así como por la posición en que se encuentren en los anillos aromáticos. Esos mismos autores encontraron que empleando NH_2 - y OH - como sustituyentes, la 9,10-antraquinona y los derivados 2-sustituidos no tienen la capacidad de sensibilizar al O_2 , mientras que los 1-sustituidos sí; al introducir dos sustituyentes en las posiciones 1 y 2, o 1 y 4, se observó la ausencia de $^1\text{O}_2$. Si los mismos sustituyentes se encuentran en las posiciones 1 y 5, o 1 y 8 el rendimiento del $^1\text{O}_2$ aumenta en comparación a la antraquinona 1-sustituida. La antraquinona 1,4,5,8-sustituida tiene una capacidad de sensibilizar el O_2 equiparable a las porfirinas.

Byteva *et al.* (1985) explicaron los resultados anteriores con base a los rendimientos cuánticos de $^1\text{O}_2$ y los tiempos de vida media de los estados triplete excitados de las antraquinonas. Si las antraquinonas poseen un tiempo de vida media muy pequeño ($\tau_t = 10^{-8}$ s en el caso de la 9,10-antraquinona), o bien un tiempo suficientemente largo, pero con un rendimiento cuántico muy pequeño ($\Phi = 10^{-2}$ en el caso de 1,4-diamino antraquinona, 1-amino y 4-hidroxiantraquinona), se pueden considerar como sensibilizadores débiles. En cambio, si tienen tiempos de vida media igual o mayores a 10^{-6} s y rendimientos

cuánticos altos, se pueden considerar como sensibilizadores fuertes, esto recordando que si $\Phi < 0.1$ puede clasificarse como sensibilizador débil, y que si $\Phi > 0.8$ es un sensibilizador fuerte (Wilkinson, 1962).

Bridge y Porter sugirieron en 1960 (Eremenko y Dain, 1966) que en las antraquinonas consideradas como sensibilizadores fuertes (la antraquinona y sus derivados sulfonados, halogenados y metilados) el estado T_1 es el estado activo en las reacciones fotoquímicas, mientras que los sensibilizadores débiles (antraquinonas con grupos hidroxilo- y amino-) el estado S_1 es el estado activo. Para investigar la naturaleza de las especies activas, Eremenko y Dain (1966) estudiaron tres colorantes de antraquinonas: α -aminoantraquinona, β -aminoantraquinona y 1,2,5,8-tetrahidroxiantraquinona por el método de desactivación del estado T_1 en la fotodeshidrogenación del alcohol propílico; el antraceno, el bifenilo y el naftaleno fueron empleados como desactivadores. Sus resultados indicaron que la velocidad de reacción de fotodeshidrogenación disminuye al efectuarse la reacción en presencia de antraceno y naftaleno, así como también que la velocidad disminuye al aumentar la concentración del desactivador. Concluyeron que esto es debido a la desactivación del estado T_1 a través de la migración de energía de una molécula a otra, y por lo tanto que, para sensibilizadores débiles y fuertes, el estado activo en las reacciones fotoquímicas de los colorantes de antraquinonas es el T_1 .

Si las antraquinonas son irradiadas en presencia de sustratos orgánicos como hidrocarburos aromáticos, alifáticos y cíclicos, éstos forman radicales primarios en ausencia o presencia de oxígeno. En el trabajo de Móger y Rockenbauer

(1978), estas observaciones se obtuvieron por la técnica de *captura de spin* mediante lecturas *in situ* de resonancia paramagnética electrónica (RPE); emplearon la 9,10-antraquinona y compuestos de grupo nitroso (2,6-dibromonitrosobenceno, 2,6-dicloronitrosobenceno y 2,4,6-tribromonitrosobenceno) capaces de atrapar radicales R^* inestables formados por la abstracción de un hidrógeno del sustrato por parte de la antraquinona.

MECANISMOS DE REACCIÓN DE ANTRAQUINONAS

En las antraquinonas (AQ) presentes como fotosensibilizadores en disoluciones degasificadas (neutras o ácidas) se lleva a cabo la siguiente reacción para producir el 9,10-dihidroantraceno (AQH₂) (Wilkinson, 1962):



De manera cuantitativa, se realiza la siguiente reacción al admitir la entrada de oxígeno al sistema, obteniendo cuantitativamente la antraquinona:



Esas reacciones forman, de manera intermedia, un radical libre en medio alcalino (Wilkinson, 1962; Tsaplev, 2012). Este intermediario se presenta en la Figura 2.

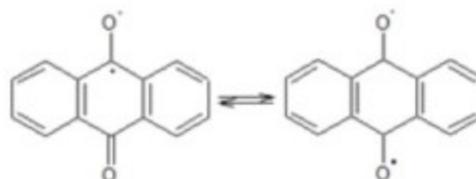


Figura 2. Estructura de resonancia del radical libre formado en medio alcalino.

Basado en lo anterior, Wilkinson (1962) propuso los mecanismos, presentados en la Tabla 2, para sensibilizadores clasificados como *buenos* o

fuertes, considerando a éstos en medios degasificados y en presencia de un alcohol de baja masa molecular (isopropanol).

Tabla 2. Mecanismos de reacción fotoquímicos y fotofísicos de sensibilizadores fuertes con moléculas de baja masa molecular

Proceso	Ecuación
$AQ + h\nu \longrightarrow {}^1AQ^*$	(1)
${}^1AQ^* \longrightarrow {}^3AQ^*$	(2)
${}^3AQ^* + (CH_3)_2CHOH \longrightarrow AQH^* + (CH_3)_2\dot{C}OH$	(3)
$(CH_3)_2\dot{C}OH + AQ \longrightarrow AQH^* + (CH_3)_2C=O$	(4)
$2AQH^* \longrightarrow AQ + AQH_2$	(5)

Obtuvieron experimentalmente un rendimiento cuántico de producción de AQH_2 de 1.0. Determinaron también que en presencia de oxígeno, las siguientes reacciones se combinan con (1) a (5) en

cualquier secuencia (Tabla 3) para dar lugar a la fotooxidación sensibilizada de alcoholes y la producción de H_2O_2 y acetona (Wilkinson, 1962).

Tabla 3. Mecanismo de reacción en presencia de O_2

Proceso	Ecuación
$AQH^* + O_2 \longrightarrow HO_2^* + AQ$	(6)
$(CH_3)_2\dot{C}OH + O_2 \longrightarrow HO_2^* + (CH_3)_2C=O$	(7)
$AQH_2 + O_2 \longrightarrow AQ + H_2O_2$	(8)
$HO_2^* + HO_2^* \longrightarrow O_2 + H_2O_2$	(9)

Sin embargo, si existe una especie aceptora de energía del estado triplete excitado, A, entonces ocurre la siguiente reacción:



Para que esa última reacción se lleve a cabo y compita cinéticamente con la reacción (3) se requiere que: $T_1(\text{donador}) > T_1(\text{aceptor})$, refiriéndose a niveles energéticos, pues así se logra una alta eficiencia de desactivación por transferencia energética. En cambio, si $T_1(\text{donador}) \approx T_1(\text{aceptor})$, se obtiene una baja eficiencia de transferencia; pero si $T_1(\text{donador}) < T_1(\text{aceptor})$, la reacción (10) no se lleva a cabo y la reacción (3) procede sin competencia (Wilkinson,

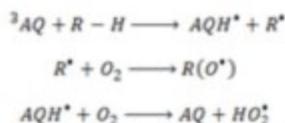
1962).

Es necesario mencionar que la fotorreducción de la 9,10-antraquinona a 9,10-dihidroxiantraceno (AQH_2) no ocurre igual en medios con alcoholes de baja masa molecular que en medios donde hay alcoholes poliméricos (e.g. polietilenglicol). En este caso, los datos sugieren que la fotorreducción de la antraquinona resulta en la formación de un aducto entre el alcohol polimérico y el dihidroxiantraceno (Tsaplev, 2012).

En medio acuoso, se han propuesto diversos mecanismos de reacción durante la fotocatalisis de antraquinonas, llegando a conclusiones similares. McKellar y Phillips (1980) plantearon los mecanismos

propuestos por Bulland y Cooper, de 1954, y Bridge y Porter, de 1958, los cuales explican que las antraquinonas, usualmente en un estado triplete excitado, abstraen un protón de un sustrato del medio generando dos radicales libres. Posteriormente, estos

radicales podrían interaccionar con el oxígeno del medio para generar especies oxidadas del sustrato, y para llevar el colorante a su estado inicial y proseguir con la reacción nuevamente según las reacciones siguientes.



McKellar y Phillips (1980) describen un segundo mecanismo originalmente propuesto por Egerton y Morgan en 1971, en el que de acuerdo a datos empíricos, sugieren que las antraquinonas,

estando en un estado triplete excitado, reaccionan con el oxígeno del medio para formar un oxígeno en estado singulete excitado:



Actualmente, Liu y Gang (2011) proponen el mecanismo de la Figura para la reacción fotocatalítica

de antraquinonas sulfonadas, en la que producen especies reactivas de oxígeno (ROS):

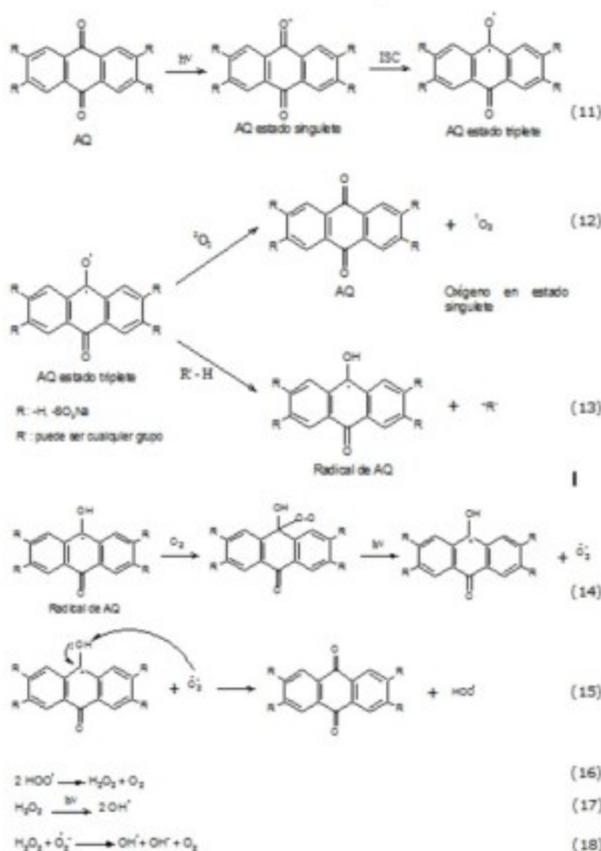


Figura 3. Mecanismo de reacción de una antraquinona sulfonada en medio acuoso.



Las antraquinonas en estado T_1 pueden reaccionar con el oxígeno del medio para formar oxígeno en estado singulete. También pueden reaccionar para abstraer un protón del disolvente o de otra molécula para formar un radical de antraquinona, y un radical de disolvente u otro sustrato. Los radicales de la antraquinona a su vez pueden reaccionar con oxígeno del medio para formar radicales superóxido, que posteriormente son capaces de reaccionar con los radicales de antraquinona para formar radicales peróxido, que en consecuencia, al juntarse, producen peróxido de hidrógeno y oxígeno molecular. El H_2O_2 formado, por efecto de la radiación, se descompone en radicales OH^\bullet , o en su lugar, colisiona con un radical superóxido y produce, de igual manera, radicales OH .

Es importante mencionar que las ROS (1O_2 , $O_2^{\bullet-}$ y OH^\bullet , entre otros) dependen de los radicales de las antraquinonas, como lo muestran los mecanismos antes mencionados. Es imperativo que en el sistema se encuentren presentes el O_2 y moléculas capaces de donar protones (R-H) para que las antraquinonas puedan formar ROS al abstraer un átomo de hidrógeno, como lo muestra la ecuación (14) de la Figura 3 (Liu y Gang, 2011; Wilkinson, 1962).

Dependiendo del sustrato que se encuentre en el medio, las antraquinonas degradarán por vías diferentes (McKellar y Phillips, 1980), si el sustrato es una molécula saturada y polar, la reacción comenzará por una interacción colorante-sustrato (entiéndase *colorante* por antraquinona), que se verá afectada por el grado de transferencia de carga de la molécula fotoexcitada. Si el sustrato es saturado y muy polar, la reacción comienza con la abstracción de un electrón. Si el sustrato es una mezcla de polímeros insaturados, la reacción química entre antraquinona/sustrato se ve principalmente realizada por mediación del

oxígeno en estado singulete, no tanto por interacción directa antraquinona/sustrato.

CONSIDERACIONES FINALES

La información proporcionada muestra que las antraquinonas tienen un amplio potencial para ser utilizadas como fotocatalizadores y/o fotosensibilizadores, con la particularidad de que, desde un punto de vista mecanístico, el investigador puede diseñar y favorecer un proceso en particular para obtener los resultados deseados; siempre y cuando atienda algunos aspectos importantes de las propiedades fotoquímicas (niveles energéticos de los estados excitados, tiempos de vida de los mismos, y rendimientos cuánticos, entre otros) tanto de la molécula fotoactiva como de aquella a la cual se quiera afectar con ésta. Lo anterior da a las antraquinonas utilidad en diversas aplicaciones como: síntesis verde, industria textil y de pinturas, tratamiento de aguas residuales, terapia fotodinámica de cáncer, y agentes antibacteriales, entre otras. Sin embargo, la revisión de estas aplicaciones, de manera particular, rebasa los alcances de este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Byteva, I. M., G. P. Gurinovich, O. L. Golomb, V. V. Karpov. 1985. Antrhaquinone derivatives as sensitizers of the formation of singlet oxygen. *Zhurnal Prikladnoi Spektroskopii* 44:589-593.
- Ceballos de la Horna, A. (sin fecha). Universidad de Salamanca: <http://web.usal.es/~jmcsil/biblioteca/fisicoquimica/capitulo25/capitulo25.pdf>. Fecha de consulta: 7 de abril de 2013.
- Chumbalov, T., I. Chanysheva, R. Muzychkina. 1967. UV and IR spectra of anthraquinone and



- chrysophanol derivatives. *Zhurna Prikladnoi Spektroskopii* 6:832-836.
- Eremenko, S. M., B. Y. Dain. 1966. The nature of the active states during photochemical reactions of anthraquinone dyes with alcohols. *Teoreticheskaya i Eksperimental'naya Khimia* 2:772-776.
- Freeman, H. S., G. N. Mock. 2007. Dye application, manufacture of dyes and intermediate dyes. In: *Kent and Riegel's Handbook of Industrial Chemistry and Biotechnology* (Ed. Kent, J. A.). Springer. New York, United States, pp. 499-590.
- Liu, N., S. Gang. 2011. Production of reactive oxygen species by photoactive anthraquinone compounds and their application in wastewater treatment. *Industrial & Engineering Chemistry Research* 55:5326-5333.
- McKellar, J. F., G. O. Phillips. 1980. The photodegradation of polymeric substrates by anthraquinone and related dyes. *Industrial & Engineering Chemistry Product Research and Development* 19:23-28.
- Móger, G., A. Rockenbauer. 1978. Photochemical reactions of anthraquinone with hydrocarbons in the presence and absence of oxygen: trapping of radical intermediates. *Reaction Kinetics and Catalysis Letters* 8:125-129.
- Moore, J., D. Phillips. 1988. Time resolved resonance Raman spectroscopy applied to the photochemistry of the sulfonated derivatives of 9,10-anthraquinone. *Journal of Physical Chemistry* 92: 5619-5627.
- Skoog, D. A., F. J. Holler, T. A. Nieman. 2001. *Principios de Análisis Instrumental*. McGraw-Hill/Interamericana. Madrid, España.
- Tsaplev, Y. B. 2012. Photochemical transformations of anthraquinone in polymeric alcohols. *Russian Journal of Physical Chemistry A* 86:1909-1914.
- Wilkinson, F. 1962. Transfer of triplet state energy and the chemistry of excited states. *Journal of Physical Chemistry* 66:2569-2574.

CONSECUENCIAS AMBIENTALES EN EL TERRITORIO DEBIDAS AL CRECIMIENTO URBANO, UNA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Víctor Manuel Ortega Martínez,
Sandra Viviana Jáquez Matas, Martín
Omar Gutiérrez Montenegro

Centro Interdisciplinario de Investigación
para el Desarrollo Integral Regional Unidad
Durango del Instituto Politécnico Nacional,
Sigma 119, Fraccionamiento 20 de
Noviembre II, Durango, Dgo., 34200.

Tel/Fax: 618 8142091

Correo electrónico:

vom_69@hotmail.com

RESUMEN

El territorio es un recurso natural limitado, difícil de renovar, que contiene elementos de los cuales dependen los seres vivos, por ejemplo, la producción de alimentos y crianza de animales, entre otros. Las actividades del hombre, como la agricultura, la ganadería y el urbanismo generan problemas de erosión, fragmentación y compactación. La presente revisión aborda, de manera general, las consecuencias ambientales en el territorio, debidas al crecimiento urbano, las causas de este crecimiento y algunos estudios realizados sobre el tema.

PALABRAS CLAVE: Territorio, consecuencias ambientales, crecimiento urbano.

ABSTRACT

The territory is a limited natural resource difficult to renew, it contains elements, on which living beings base their survival, like food production and animal husbandry, among others. Human activities, such as agriculture, livestock, and urbanism generate problems, such as erosion, fragmentation and compaction. This review addresses, in a general way, the environmental consequences in the territory due to urban growth, the causes of this growth and some related studies.

KEY WORDS: Territory, environmental consequences, urban growth.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento urbano se ha considerado un indicador de prosperidad económica; sin embargo, en la actualidad los beneficios de esa prosperidad se evalúan con relación a los impactos ambientales que produce, ya que ejerce una enorme presión sobre el territorio y sus recursos naturales (López y Wenseslao, 2009). El crecimiento urbano es propio de los centros de población, se incrementa constantemente debido a la inmigración del campo a las ciudades, generando una fuerte demanda de energía y recursos naturales para satisfacer las necesidades de la ciudad, su funcionamiento y existencia, generando además, desechos que contaminan y menoscaban la calidad del suelo, aire principales causas de muerte, enfermedades y pérdida de productividad, y agua. También propicia asentamientos humanos en

zonas de riesgo ambiental, convirtiendo a los factores ambientales en propiciando pobreza (Alberto, 2009).

TERRITORIO

Entendiendo al territorio como un recurso natural limitado difícil de renovar, se debe considerar como un bien escaso tanto en términos absolutos como, sobre todo, en términos de una cualidad adicional como la aptitud para uso agrícola o urbano (Font, 1998). Por la sociedad que lo habita, su organización social y política, su cultura, su visión de desarrollo y el entorno que lo envuelve, es necesaria su preservación aunque, aunque éste no incorpore valores ecológicos, paisajísticos, históricos, artísticos, culturales, sociales y económicos especiales (Moliní y Salgado, 2012).

Uno de los elementos naturales que componen al territorio es el suelo, recurso natural limitado correspondiente a la capa superior de la corteza terrestre. El suelo contiene agua y nutrientes que son utilizados por los seres vivos, se depende de él para la producción de alimentos, crianza de animales, plantación de árboles, obtención de agua y recursos minerales entre otros, en él se condicionan todo el desarrollo del ecosistema (Zapata, 2012) y las actividades del hombre usando los elementos de la naturaleza (vegetación, fauna, agua, minerales y suelo), y dependiendo de esas actividades, cambia el uso del suelo (Alvarado *et al.*, 2011).

CRECIMIENTO URBANO

La economía de mercados, el comercio y la movilidad de la población son fuerzas que guían los procesos de expansión humana; sin embargo los factores locales y regionales dan rasgos particulares a los procesos de desarrollo urbano, estos factores locales y regionales están mas ligados o vinculados

con la posición geográfica del centro urbano en relación a los mercados de trabajo, infraestructura de transporte y servicios (Azócar *et al.*, 2003). Por ejemplo, en Europa, a partir de 1980 surge una nueva urbanización con un programa COST (Cooperación Europea en el Campo de la Investigación Científica y Técnica) y el proyecto COMET (Competitivo Metrópolis) de la Unión Europea con nuevas fuerzas de urbanización, aumento del bienestar, la desregularización de la planificación urbana, nuevos actores en el mercado inmobiliario, las tendencias centrifugas de los comercios minoristas, empresas de servicios, logística, capacitación, nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones, las nuevas formas de trabajo móviles, independientes del lugar, así como la creciente competencia de las municipalidades para atraer empresas y nuevos residentes. En América, igual que en Europa, las ciudades crecen más lento que la población total y las áreas periféricas se vuelven más dinámicas que los centros; sin embargo estos cambios están en una fase de suburbanización, los barrios nuevos residenciales, los polígonos industriales y centros comerciales están todavía dentro de la frontera administrativa de la ciudad (Hidalgo y Borsdorf, 2009).

La urbanización en América Latina ha cambiado de forma más rápida que en Europa y aparentemente en forma similar pero se pueden distinguir algunas diferencias. En América Latina este crecimiento ha sido influenciado por etapas o épocas como la colonial de 1550 a 1820, la inmigración Europea de 1820 a 1920, el éxodo rural y migración interna de 1930 a 1970 y la contemporánea de 1970 al 2000, pasando de ciudades compactas a perímetros sectoriales, desde una organización polarizada a una ciudad fragmentada. En la última de esas fases la urbanización ha sido influenciada por la globalización,

con nuevos modelos para vencer las distancias (autopistas, sistemas de metro, y ampliaciones de los ferrocarriles, entre otros) (Hidalgo y Borsdorf, 2009). En muchas ciudades de América Latina se está presentando el fenómeno de la creación de zonas residenciales, comerciales y de equipamiento para grupos cada vez más segregados espacialmente, una elite con altos ingresos, aproximadamente un 10% de la población de las ciudades, que acrecientan las brechas de desigualdad socioeconómica, aumentando la polarización y fragmentación (Azócar *et al.*, 2003).

En México, en los últimos 20 años, las tasas de crecimiento poblacional han disminuido, pero en términos espaciales han aumentado, este es el caso de la Ciudad de México, que ha crecido territorialmente un 3% de 1990 a 2000 y el Estado de México, que lo ha hecho en un valor cercano al 30% en el mismo periodo. Las clases altas tienen más posibilidades de adquirir una segunda casa pero alejada de los centros urbanos, en parcelas de agrado o pueblos vacacionales donde existe buena calidad del aire, microclimas mejores, belleza del paisaje y esto también se logra con mejores vías de comunicación un ejemplo es Santa Fe, en el Estado de México (López y Wenseslao, 2009).

De manera general, se identifican históricamente dos formas o tendencias del crecimiento de una ciudad, que están relacionadas a la ocupación del territorio, se conocen como ciudad compacta y ciudad dispersa. Esa clasificación de las tendencias está relacionada a la cantidad de viviendas, construcciones o habitantes en una superficie del territorio y de ahí el debate sobre qué es mejor respecto al impacto ambiental, las consecuencias, costos y beneficios para la sociedad.

Una ciudad compacta es la que tiene su forma

urbana contigua, con una densidad de ocupación media-alta, una ciudad de alta densidad es la que tiene un elevado número de viviendas o de habitantes en relación con la superficie que ocupa. Una ciudad dispersa es la formada por urbanizaciones difusas, con trama no contigua y que son de baja densidad, formadas en su mayoría por vivienda unifamiliar en sus diferentes formas (Moliní y Salgado, 2012).

Moliní y Salgado (2012) mencionan que un gran número de autores coinciden en que la forma con mayor impacto ambiental en el territorio es la que se da en forma dispersa, precisamente por su naturaleza de consumir territorio para su desarrollo.

Sin embargo, el impacto ambiental de la ciudad ya sea compacta o dispersa, mide su incidencia sobre el medio ambiente natural, la repercusión a lo que existiría en caso de que la urbanización se desarrolle de una o de otra manera, desafortunadamente no se puede renunciar a la construcción de viviendas, pero si se debe de determinar cuál es la mejor manera de crear ciudades con respecto al medio ambiente (Moliní y Salgado, 2012).

PROBLEMAS AMBIENTALES

Los problemas e impactos ambientales derivados por los cambios del uso del suelo son la fragmentación, pérdida de cobertura vegetal, la erosión, compactación del suelo, pérdida de fertilidad, contaminación del agua de los acuíferos, pérdida de humedad en los suelos por reducción de bosques y la pérdida de tierras de cultivo (Alvarado *et al.*, 2011). Con el crecimiento de las ciudades y de la urbanización, el suelo sufre un incremento constante de depósitos de todo tipo de residuos, estos se pueden retener y acumular durante años, y aunque a corto plazo no se adviertan los efectos nocivos, con el

paso del tiempo y con cualquier alteración en el suelo, esos contaminantes se pueden liberar (Zapata, 2012).

Cuando se presenta un cambio de uso del suelo de manera inadecuada, por ejemplo de un uso silvícola a un uso agrícola o un uso silvícola a un uso pecuario se propicia un deterioro en la capa protectora del suelo, el agua al circular sobre la superficie del suelo lo erosiona y genera un cambio en el relieve y este adopta otras formas como láminas, surcos, barrancos, islotes y pináculos. Dependiendo de la severidad del cambio, los horizontes superficiales o parte de estos pueden llegar a perderse, quedando en algunos casos expuesta la roca (Alvarado *et al.*, 2011)

Aunque el suelo tiene la capacidad de auto regenerarse por sus características naturales, ese proceso tarda mucho tiempo y en condiciones no muy extremas, la capacidad de regeneración se pierde, como cuando el suelo se somete a actividades de uso industrial agrícola y urbano (Zapata, 2012). Esto debe tomarse en cuenta por los planificadores y encargados de regular el uso del suelo de una ciudad. En la mayoría de las ocasiones pareciera que el crecimiento de una ciudad es de forma incontrolada, no planeada o que obedece intereses económicos y políticos de unos cuantos, dejando a un lado los costos ambientales que se generan, entonces se puede decir que las condiciones económicas y políticas de una población propician los cambios o impulsos de la urbanización desconcentrada o dispersa, a través de la incorporación de las periferias rurales al entramado urbano, lo que se ve favorecido por las mejoras en vías de comunicación, las restricciones con respecto a creación de nuevos asentamientos en el núcleo, promoviendo el desarrollo inmobiliario (López y Wenseslao, 2009). El aumento demográfico de una ciudad, debido a las

migraciones y al abandono del campo, es otro factor que propicia el crecimiento urbano, y éste incrementa el valor del suelo rural a medida que se incorpora a la ciudad (Cifuentes, 2009).

FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CRECIMIENTO URBANO

Históricamente el crecimiento de las ciudades ha estado relacionado con el aumento demográfico (Cifuentes, 2009). En la actualidad el crecimiento de las ciudades está relacionado con los nuevos estilos de vida, de ambientes suburbanos, y esto está relacionado a la mejora de vías de comunicación, redes de transporte y a la movilidad, que hace posible vivir en una ciudad y trabajar en otra (Plata *et al.*, 2011). Además, las acciones y las políticas facilitan la intensificación del desarrollo urbano, sugiriendo que los planes de desarrollo están concebidos más bien para preparar o legitimizar y no para limitar, regular, o dirigir el uso del suelo o de nuevos desarrollos, lo que deja a las áreas naturales desprotegidas y expuestas a presiones de los intereses de desarrollo inmobiliario (Heinrichs Dirk, 2009).

El análisis de los factores que interactúan con el crecimiento urbano puede proporcionar a los encargados de la planificación de un territorio herramientas que sirvan para la realización de políticas de urbanización congruentes con la conservación de medio ambiente y el desarrollo sostenible. Las fuerzas inductoras del crecimiento urbano incluyen tendencias socioeconómicas como los medios de transporte, el precio del suelo, las tendencias demográficas, el atractivo de las áreas urbanas existentes y la aplicación de políticas de planeación del uso del suelo, locales y regionales. Si no se realiza una planeación del crecimiento este será de manera descentralizado, de modo automático y

sin control (Plata *et al.*, 2011).

Se ha considerado que las aspiraciones de las familias por vivir una vida suburbana, propicia que los planificadores e inversionistas dirijan sus proyectos a satisfacer esa demanda. La percepción de la población del entorno urbano como inseguro y violento ha llevado a la proliferación de barrios cerrados con demanda de vivienda segura, además el aumento de ingresos y la búsqueda de distanciamiento de la aglomeración y la miseria del centro urbano propician la búsqueda de vivienda en los centros suburbanos, existiendo una alianza apropiada de intereses privados y políticas públicas para que los promotores inmobiliarios capitalicen el valor del suelo no urbanizado, traducándose esto en un máximo beneficio de unos cuantos (Heinrichs Dirk, 2009).

Algunos autores coinciden con la idea de que la economía favorable aumenta en la población la búsqueda de vivir en lugares más alejados de los centros urbanos, lo que propicia el uso del transporte con mayor tiempo para el traslado y la mejora de la red de transporte, carreteras y red ferroviaria, fomentando el proceso de descentralización (Plata *et al.*, 2011). Este factor conocido como accesibilidad representa la calidad y diversidad de comunicaciones que dispone un punto del territorio, esa disponibilidad aumenta el valor de los espacios, ofreciendo nuevas potencialidades y direcciones para el desarrollo urbano (Molero *et al.*, 2007).

Otros factores como el desarrollo económico, la topografía y equipamiento urbano, inciden en el crecimiento urbano de una ciudad (Cifuentes, 2009). Algunos autores agrupan e identifican como factores y restricciones de tipo ambiental al uso del suelo, la protección del suelo con mayor productividad, la vulnerabilidad a la contaminación de los mantos

acuíferos, la proximidad a espacios naturales y red hidrográfica; como factores económicos, a la pendiente, la proximidad a zonas urbanas, a zonas industriales, comerciales, accesibilidad a carreteras y geotecnia; y como factores de tipo social, a la lejanía a instalaciones no deseables, proximidad a hospitales y universidades, cuencas visuales, orientación del terreno y la distancia ponderada al población (Plata *et al.*, 2010).

De acuerdo a lo anterior se puede decir, de manera simplificada, que los factores utilizados por diversos autores (Plata *et al.*, 2011), para explicar el crecimiento y desarrollo de una ciudad son:

- a) Proximidad/accesibilidad a carreteras, vías de ferrocarril, principales aeropuertos, zonas urbanas, núcleos urbanos, centros de negocios industriales y comerciales, centro histórico, áreas protegidas, cuerpos de agua, bosques, y ríos.
- b) Usos del suelo, % del suelo urbano, % de suelo protegido, % de cuerpos de agua, bosques, agrícola, humedales, factor de enriquecimiento, residencial, industrial/comercial, recreacional.
- c) Políticas de suelo. Mínimas superficies permitidas por la regulación municipal, superficie urbanizable, municipios designados para el crecimiento urbano.
- d) Factores socioeconómicos. Población, renta per cápita, tasa de empleo.
- e) Factores físicos. Pendiente y altitud.

En cuanto a las técnicas utilizadas para el análisis de los factores que explican el crecimiento de las ciudades se puede mencionar la utilización de datos estadísticos de censos o registros y la variación de éstos en el tiempo para identificar, por ejemplo cambios en el flujo de migración (Pujadas, 2005), en los espacios residenciales (García y Puebla, 2007), el crecimiento de la población y cantidad de viviendas (Céspedes y Sanchez, 2009).

La utilización de imágenes satelitales en diferentes tiempos y la integración de información de tipo socioeconómica y física, con un método estadístico multicriterio procesado en SIG (Sistema de Información Geográfica) para generar mapas donde se asocian los factores incidentes que interactúan entre sí para identificar patrones de crecimiento en cada periodo de tiempo, analizar y predecir tasas, patrones e impactos del cambio del territorio debido a factores naturales o humanos (Santo *et al.*, 2009; Alvarado *et al.*, 2011; Cifuentes, 2009; Plata *et al.*, 2011) son otras formas de análisis de los factores explicativos del crecimiento de una ciudad. La elección, tanto del tipo de variables como la cantidad de éstas a utilizar para el análisis y estudio, depende de la disponibilidad de la información, las técnicas metodológicas para el análisis elegidas por el investigador y el tiempo que se disponga.

En general existen diversas explicaciones sobre el crecimiento y dinámica de las ciudades, y actualmente existe una discusión sobre si es mejor la ciudad compacta o la ciudad dispersa en relación al impacto ambiental que estas generan y la ocupación desmedida del territorio, y la balanza favorece a las ciudades dispersas, pero por qué no combinar los dos modelos, o por qué no preservar el territorio natural, o agrícola-junto con el uso urbano. Para ello sería necesario evaluar qué es lo que se pierde con el crecimiento de las ciudades y qué es lo que ofrece ese crecimiento o desarrollo en materia ambiental; tratando de entender el fenómeno se han identificado y estudiado diferentes tipos de factores, encontrando que algunos solo identifican el crecimiento demográfico, otros solo factores de tipo físico, como pendiente y altitud del terreno, hasta los que le atribuyen al fenómeno una serie de factores sociales y políticos, además de los de tipo natural,

utilizando 20, 30 o 60 variables para el estudio con diferentes métodos y técnicas; sin embargo esto depende en gran parte de aspectos o condiciones que definen rasgos particulares de la ciudad y el territorio, como la ubicación geográfica respecto a la dinámica económica, política, social de la región y las condiciones naturales.

CONSIDERACIONES FINALES

En las diferentes formas o dinámicas que existe entre el territorio y el crecimiento de las ciudades existe una coincidencia, que es la falta de control, regulación, planeación o la vinculación a intereses ajenos a los de una conservación del territorio, además de la poca información sobre la relación crecimiento urbano-territorio y sus consecuencias, la mayoría de los autores abordan el problema y se dirigen inmediatamente a la identificación de los factores explicativos y las técnicas para el estudio de estas, pero existe muy poca información respecto a las consecuencias, repercusiones o conflictos ambientales, como resultado de los cambios del uso del suelo y sobre todo las posibles propuestas de solución.

Se requiere información pertinente para advertir sobre las implicaciones del continuo crecimiento urbano, sobre la localización de demanda futura de vivienda, industria, comercio, los impactos ambientales generados y la estimación de costos asociados, para proponer medidas de tipo preventivo, de control, preservación y recuperación, así como un discurso intenso e informado sobre el crecimiento de las ciudades con discusión pública para incluir una participación de la sociedad civil sobre el futuro deseado y estrategias a seguir.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alberto, J. A. 2009. Geografía y crecimiento urbano, paisaje y problemas ambientales. *Geografía Digital*: 1-9.
- Alvarado, C. M., R. R. Rodríguez, M. C. Martínez. 2011. Cambio de uso del suelo y los impactos ambientales territoriales "Municipio de Tlaxco Tlaxcala". En: *Territorio y Ambiente: Aproximaciones Metodológicas* (Ed. Mario, D. R.). Siglo XXI. México, D.F., México, pp. 301-313.
- Azócar, G., R. Sanhueza, C. Hernandez. 2003. Cambio en los patrones de crecimiento en una ciudad intermedia; el caso de Chillán en Chile Central. *EURE* 29: 79-92.
- Céspedes, F. S., E. M. Sanchez. 2009. La Urbanización y el crecimiento demográfico en relación al recurso agua: caso Municipio de Chimalhuacán, Estado de México. *Quivera* 2: 127-141.
- Cifuentes, R. P. 2009. Modelación de los factores de crecimiento urbano como aporte a la sostenibilidad, estudio de caso: Manizales-Colombia. *Revista Internacional de Sostenibilidad Tecnología y Humanismo* 4 : 81-96.
- Font, P. R. 1998. Ordenación y Planificación Territorial. Síntesis. Madrid, España.
- García, P. J., J. G. Puebla. 2007. La ciudad dispersa: cambios recientes en los espacios residenciales de la comunidad de Madrid. Plan Nacional de I + P + I del Ministerio de Educación y Ciencia. España.
- Heinrichs Dirk, H. N. 2009. Dispersión urbana y nuevos desafíos para la gobernanza (metropolitana) en América Latina; el caso de Santiago de Chile. *EURE* 35: 29-46.
- Hidalgo, R., A. Borsdorf. 2009. El crecimiento urbano en Europa: conceptos, tendencias y marco comparativo para el área metropolitana de Santiago de Chile. *Estudios Geográficos* 70: 181-203.
- López, V. V., P. R. Wenseslao. 2009. Análisis de los cambios de cobertura de suelo derivados de la expansión urbana de la zona metropolitana de la ciudad de México, 1990-2000. *Investigaciones Geográficas* 68: 85-101.
- Molero, M. E., A.L. Grindla. M., J.J. Asensio. R. 2007. Escenarios de aptitud y modelización cartográfica del crecimiento urbano mediante técnicas de evaluación multicriterio. *Geofocus* 7 : 120-147.
- Moliní, F., M. Salgado. 2012. Los impactos ambientales de la ciudad de baja densidad en relación con los de la ciudad compacta. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*. <http://www.ub.edu/geocrit/b3w-958.htm>
- Plata, R. W., D. M. Gómez, B. S. Joaquin. 2010. Desarrollo de modelos de crecimiento urbano óptimo para la comunidad de Madrid aplicando métodos de evaluación multicriterio y sistemas de información geográfica. *Geofocus* 10: 103-134.
- Plata, R. W., J. B. Sendra, M. G. Delgado. 2011. Análisis de factores explicativos del crecimiento urbano en la ciudad de Madrid a través de métodos estadísticos y SIG. *Geosig* 3 : 201-230.
- Pujadas, R. I. 2005. De la ciudad compacta a la ciudad dispersa: movilidad residencial en la región metropolitana de Barcelona. XXV Conferencia Internacional de Población. Barcelona, España.
- Santo, R. N., L. P. Mendez, W. Camilo, J. J. Santan. 2009. Análisis del crecimiento urbano en el área metropolitana de Santo Domingo a través de las imágenes multiespectrales del satélite Landsat T.M. A. Seventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology. San Crstobal, Venezuela.
- Zapata, P. 2012. Universidad Blas Pascal. Consultado el 09 de Abril de 2013, de Todo ambiente: <http://www.ubp.edu.ar/todoambiente.com>

COMPORTAMIENTO DE PLAGUICIDAS PERSISTENTES EN EL MEDIO AMBIENTE

Sandra Viviana Jáquez Matas, Laura
Silvia González Valdez, Rafael Irigoyen
Campuzano, Víctor Ortega Martínez

Centro Interdisciplinario de Investigación
para el Desarrollo Integral Regional Unidad
Durango del Instituto Politécnico Nacional,
Sigma 119, Fraccionamiento 20 de
Noviembre II, Durango, Dgo., 34200.

Tel/Fax: 618 8142091

Correo electrónico: viviana_vj@hotmail.com

RESUMEN

Los plaguicidas son sustancias o mezcla de sustancias utilizadas para controlar plagas que atacan los cultivos agrícolas o insectos que son vectores de enfermedades. Los plaguicidas químicos sintéticos son resultado de un proceso industrial de síntesis química, y se han convertido en la forma dominante del combate a las plagas. Su adecuada utilización contribuye a elevar la producción de alimentos y además, a bajo costo. Sin embargo, dada su naturaleza, al ser aplicados constantemente a suelos agrícolas generan residuos que pueden contaminar suelos, cuerpos de agua, aire y biota, llegando a afectar cadenas tróficas y como consecuencia a la salud humana. Esta contaminación puede ocurrir por medio de una serie de complejos procesos de transporte, volatilización, precipitación pluvial, escurrimientos, infiltraciones y lixiviaciones, los cuales están influidos por múltiples factores del tipo: climático, geomorfológico, edafológico, actividades antropogénicas (manejo), y por las propiedades fisicoquímicas de estos compuestos. La presencia de estos residuos depende en gran medida del grado de persistencia de los plaguicidas; unos se degradan con rapidez, otros precisan de amplios periodos de tiempo. Convenios internacionales como el de Estocolmo, pretenden eliminar o restringir los contaminantes orgánicos persistentes (COP's), entre los cuales se encuentran varios plaguicidas organoclorados, con el fin de prevenir que el inadecuado uso o alguna circunstancia no prevista desencadene algún desequilibrio medio ambiental.

PALABRAS CLAVE: Plaguicidas persistentes, organoclorados, medio ambiente.

ABSTRACT

Pesticides are substances or mixture of substances used to control pests that attack agricultural crops and insects that are disease vectors. Synthetic chemical pesticides are the result of an industrial process of chemical synthesis, and have become the dominant form of combating pests. Their use contributes to adequate food production at low cost. However, by their nature, when applied to agricultural soils constantly generate waste that can contaminate soil, waterways, air and biota, affecting food chains and consequently to human health. This contamination can occur through a series of complex transport processes, volatilization, precipitation, runoff, infiltration and leaching, which are influenced by many factors such as climate, geomorphological, edaphic, anthropogenic activities (management), and the physicochemical properties of the compounds. The presence of these residues depends largely on the degree of persistence of pesticides, some are degraded rapidly, and others require extended periods of time.

International agreements such as the Stockholm Convention, intended to eliminate or restrict persistent organic pollutants (POPs), among which are several organochlorine pesticides in order to prevent the improper use or some unforeseen circumstance triggers some environmental imbalance.

KEY WORDS: Persistent pesticides, organochlorines, environment.

INTRODUCCIÓN

El propósito del presente artículo es proporcionar una visión general acerca de cómo se comportan los residuos plaguicidas en el medio ambiente, principalmente los de mayor persistencia.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define a los plaguicidas como cualquier sustancia o mezclas de sustancias, de carácter orgánico o inorgánico, que está destinada a combatir insectos, ácaros, roedores y otras especies indeseables de plantas y animales que son perjudiciales para el hombre, incluyendo los vectores de organismos causantes de enfermedades humanas, y las especies que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, madera, entre otros, también aquellas otras sustancias destinadas a utilizarse como regulador del crecimiento de la planta, defoliante o desecante, asimismo aquellas que pueden administrarse a los animales para combatir insectos arácnidos u otras plagas en o sobre sus cuerpos (OMS, 2010).

El primer plaguicida sintetizado fue el DDT (Dicloro Difetil Tricloroetano), y sus propiedades insecticidas se descubrieron en 1939. Autorizada su comercialización en los Estados Unidos en 1945, se expande al resto del mundo, iniciándose también la búsqueda de múltiples compuestos análogos. Siendo la agricultura, la salud pública, el control estructural

de plagas, la industria, el tratamiento de áreas verdes y de grandes reservas y depósitos de agua, las principales actividades donde se utilizan plaguicidas. A pesar de que el uso dado a los plaguicidas ha sido múltiple y variado, la agricultura es la actividad que más emplea este tipo de compuestos, consumiendo el 85% de la producción mundial (Ramírez y Lacasaña, 2001).

El uso del DDT y de varios plaguicidas ha ocasionado daños importantes en el medio ambiente y las personas, originando la necesidad de monitorear constantemente diversas matices ambientales, agua superficial, agua subterránea, suelo, sedimentos, aire, entre otros factores (Mejías y Jerez, 2006). Estos daños se asociaron principalmente con la agricultura convencional, que Schuldt (2006) la definió como un sistema de producción extremadamente artificial basado en el alto consumo de insumos sin considerar los ciclos naturales, y en el uso de sustancias químicas sintéticas de manera parcial o total.

El empleo incontrolado de estos plaguicidas químicos sintéticos puede suponer un grave riesgo y efectos negativos. Uno de estos efectos es la presencia de residuos de plaguicidas y sus metabolitos en el ambiente y en los alimentos. La presencia de estos residuos depende en gran medida del grado de persistencia de los plaguicidas, que es muy diverso; mientras unos se degradan con rapidez, precisan de amplios periodos de tiempo. En muchos casos, el suelo y las aguas subterráneas se convierten en reservas ambientales de estos residuos, desde los cuales se pueden desplazar, a través de una gran variedad de rutas, a la atmósfera, aguas y organismos vivos, donde sufren diferentes procesos de acumulación, degradación y disipación (Andreu, 2008).

El descubrimiento de la presencia y la

acumulación de los plaguicidas organoclorados en el tejido adiposo de animales y humanos y su biomagnificación en la cadena alimenticia, originó que se les agrupara bajo el nombre de contaminantes orgánicos persistentes y que en la década de los setenta se estableciera su restricción y prohibición. Esta prohibición se ha aplicado fundamentalmente en los usos agrícolas y sanitarios de países del primer mundo y de manera paulatina en países en desarrollo (Waliszewski, 2008).

Reconocido así, el riesgo de los plaguicidas especialmente de los persistentes, es por los posibles efectos nocivos que pueden ocasionar en los seres vivos a los cuales no están destinados (Triviño, 1982). En convenios internacionales como el de Estocolmo (COP, 2001), se pretende eliminar o restringir los contaminantes orgánicos persistentes, entre los cuales se encuentran varios plaguicidas organoclorados, denominados de interés prioritario, los cuales están listados en los anexos A Parte I y B Parte I de ese Convenio.

CLASIFICACIÓN DE PLAGUICIDAS

Los plaguicidas se clasifican en función de algunas de sus características principales, como la toxicidad aguda, la vida media, la estructura química y su uso. De acuerdo a su estructura química, los plaguicidas se clasifican en diversas familias, que incluyen desde los compuestos organoclorados y organofosforados hasta compuestos inorgánicos. En la Tabla 1 se contemplan algunas familias de plaguicidas relevantes debido al daño que causan a la salud y a su gran demanda de uso (Ramírez y Lacasaña, 2001).

La Organización Mundial de la Salud estableció una clasificación de los plaguicidas basada en su peligrosidad o grado de toxicidad aguda (Tabla

2), definida ésta como la capacidad del plaguicida de producir un daño agudo a la salud a través de una o múltiples exposiciones, en un período de tiempo relativamente corto (Ramírez y Lacasaña, 2001).

La toxicidad se mide a través de la dosis letal media (DL_{50}) de la concentración letal media (CL_{50}). Ambos parámetros varían conforme a múltiples factores como la presentación del producto (sólido, gel, líquido, gas, polvo), la vía de entrada (oral, dérmica, respiratoria), la temperatura, la dieta, la edad, y el sexo, entre otros. Al basarse en la observación de especies animales, es importante señalar que estos indicadores no proporcionan información sobre los efectos crónicos, ni sobre la citotoxicidad de algún compuesto (Ramírez y Lacasaña, 2001).

Por su vida media, los plaguicidas se clasifican en permanentes, persistentes, moderadamente persistentes y no persistentes (Tabla 3).

La persistencia se refiere a la capacidad de una sustancia o un compuesto, de permanecer en un sustrato del ambiente en particular, después de que ha cumplido el objetivo por el cual se aplicó. La vida media es el lapso de tiempo necesario para que se degrade la mitad del compuesto o mezcla aplicada.

TRANSPORTE DE PLAGUICIDAS EN MEDIO AMBIENTE

Para comprender cómo se comporta un plaguicida en el ambiente se requiere información sobre las características medio ambientales, el mecanismo de transporte, la geografía del sitio y las características físico-químicas de la molécula del plaguicida estudiado. Ante la gran complejidad y cantidad de datos requeridos, es difícil predecir exactamente lo que le pasará a una partícula de plaguicida cuando ésta ha entrado en el ambiente. A

Tabla 1.- Clasificación de los plaguicidas, según la familia química.

FAMILIA QUÍMICA	EJEMPLOS
Organoclorados	DDT, aldrín, endosulfán, endrín
Organofosforados	Bromophos, diclorvos, malatión
Carbamatos	Carbaryl, methomyl, propoxur
Tiocarbamatos	Ditiocarbamato, mancozeb, maneb
Piretroides	Cypermethrin, fenvalerato, permethrin
Derivados biperidilos	Clorfenatol, diquat, paraquat
Derivados del ácido fenoxiacético	Dicloroprop, picram, silvex
Derivados cloronitrofenólicos	DNOC, dinoterb, dinocap
Derivados de triazinas	Atrazine, ametryn, desmetryn, simazine
Compuestos orgánicos del estano	Cyhexatin, dowco, plictrán
Compuestos inorgánicos	Arsénico pentóxido, obpa, fosfito de magnesio, cloruro de mercurio, arsenato de plomo, bromuro de metilo, antimonio, mercurio, selenio, talio y fósforo blanco
Compuestos de origen botánico	Rotenona, nicotina, aceite de canola

Fuente: Ramírez y Lacasaña (2001).

Tabla 2.- Clasificación de los plaguicidas según su toxicidad, expresada en DL₅₀.

CLASE	TOXICIDAD	EJEMPLOS
Clase IA	Extremadamente peligrosos	Paratión, dieldrín
Clase IB	Altamente peligrosos	Eldrín, diclorvos
Clase II	Moderadamente peligrosos	DDT, clordano
Clase III	Ligeramente peligrosos	Malatión

Fuente: Ramírez y Lacasaña (2001).

Tabla 3. Clasificación de los plaguicidas según su vida media de efectividad.

PERSISTENCIA	VIDA MEDIA	EJEMPLOS
No persistente	De días hasta 12 semanas	Malatión, diazinón, carbarilo, diametrín
Moderadamente persistente	De 1 a 18 meses	Paratión, lannate
Persistente	De varios meses a 20 años	DDT, aldrín, dieldrín
Permanentes	Indefinidamente	Productos hechos a partir de mercurio, plomo, arsénico

Fuente: Ramírez y Lacasaña (2001).

pesar del complejo problema, los científicos han logrado determinar ciertas características físico-químicas cuantificables para los plaguicidas, como es la solubilidad, presión de vapor, constante de la Ley de Henry, el coeficiente de carbono orgánico (Koc) y el coeficiente de partición octanol-agua (Kow). Con esta información se puede predecir el lugar donde pudieran encontrarse diferentes niveles de los residuos plaguicidas (INE, sin fecha).

Las moléculas de plaguicida no permanecen intactas por tiempo indefinido en el medio ambiente, ya que con el tiempo sufren una degradación influenciada por microorganismos, actividad química, pH, clima, y contenido de materia orgánica del suelo, características topográficas y geológicas del sitio, tipo de suelo, entre otros factores (INE, sin fecha).

CARACTERÍSTICAS MEDIO AMBIENTALES

La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, ATSDR), define las características medio ambientales como los lugares

en que puede estar presente el plaguicida, tales como; materiales o sustancias de desecho, agua subterránea o superficial, aire, suelo, subsuelo, sedimento y biota (ATSDR, 1995).

MECANISMOS DE TRANSPORTE AMBIENTAL DE LOS PLAGUICIDAS

Los mecanismos de transporte son la forma en que se mueven los plaguicidas en el medio ambiente, desde la fuente emisora del plaguicida hasta los puntos donde existe exposición para el ser humano o biota. El transporte ambiental involucra los movimientos de gases, líquidos y partículas sólidas dentro de un medio determinado y a través de las interfaces entre el aire, el agua, sedimento, suelo, plantas y animales (ATSDR, 1995).

Mecanismos que influyen en el destino y transporte de sustancias químicas:

- Aire: Fotólisis, reacciones con oxhidrilos, reacciones con ozono, otras reacciones.
- Suelo: Fotólisis, hidrólisis, biodegradación,

oxidación/reducción.

- Agua: Hidrólisis, fotólisis, oxidación/reducción, biodegradación.
- Sedimento: Hidrólisis, degradación microbiana, oxidación/reducción.
- Biotas: Bioacumulación, metabolismo.

Los mecanismos que influyen en el destino y transporte de los plaguicidas se describen a continuación (INE, sin fecha).

Difusión. Es el movimiento de moléculas debido a un gradiente de concentración. Este movimiento es al azar pero trae como consecuencia el flujo de materiales desde las zonas más concentradas a las menos concentradas. Para medir la difusión de un compuesto en el suelo hay que considerar la interacción conjunta de parámetros tales como la porosidad, los procesos de adsorción, la naturaleza del compuesto, entre otros.

Lixiviación. Es el parámetro más importante de la evaluación del movimiento de una sustancia en el suelo. Está ligada a la dinámica del agua, a la estructura del suelo y a factores propios del plaguicida. Los compuestos aplicados al suelo tienden a desplazarse con el agua y lixiviar a través del perfil, alcanzando las capas más profundas y el acuífero, que en consecuencia resulta contaminado.

Evaporación. La tasa de pérdida de un plaguicida por volatilización depende de su presión de vapor, de la temperatura, de su volatilidad intrínseca y de la velocidad de difusión hacia la superficie de evaporación.

INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SITIO EN EL TRANSPORTE DE PLAGUICIDAS

Las características físicas y las condiciones

ambientales del sitio de estudio contribuyen al transporte de los contaminantes. Por consiguiente, es necesaria la información acerca del medio como lo son la topografía, geología, tipos de suelo y ubicación, permeabilidad del suelo, cobertura del suelo, precipitación anual, condiciones de temperatura, dirección y flujo de aire y agua, entre otros, para poder estimar hacia donde pudiera desplazarse el plaguicida aplicado (INE, sin fecha).

FACTORES FÍSICO-QUÍMICOS QUE INFLUYEN EN EL DESTINO DE LOS CONTAMINANTES Y EN EL TRANSPORTE AMBIENTAL

Volatilización

La volatilidad representa la tendencia del plaguicida a pasar a la fase gaseosa. Todas las sustancias orgánicas son volátiles en algún grado dependiendo de su presión de vapor, del estado físico en que se encuentren y de la temperatura ambiente. La volatilidad se mide a partir de la constante de Henry que depende de la presión de vapor en estado líquido y de la solubilidad en agua. Un plaguicida con presión de vapor mayor a 10.6 mm Hg puede fácilmente volatilizarse y tiende a alejarse del lugar donde se aplicó (Jenkins, 1999).

La constante de la Ley de Henry (H) describe la tendencia de un plaguicida a volatilizarse del agua o suelo húmedo. El valor se calcula usando la presión de vapor, solubilidad en agua y peso molecular de un plaguicida. Cuando el plaguicida tiene una alta solubilidad en agua con relación a su presión de vapor, el plaguicida se disolverá principalmente en agua. Un valor alto de la Ley de Henry, indica que un plaguicida tiene un potencial elevado para volatilizarse del suelo húmedo, un valor bajo predice un mayor potencial de lixiviación del plaguicida (Jenkins, 1999).

Persistencia

Si la vida media y la persistencia de un plaguicida son mayores a la frecuencia con la que se aplican, los plaguicidas tienden a acumularse tanto en los suelos como en la biota y con el tiempo, la mayoría de los plaguicidas sufren una degradación como resultado de reacciones químicas y microbiológicas en suelo o agua (CICOPLAFEST, 1998).

La estabilidad química de los plaguicidas en el ambiente y por tanto su vida media, está relacionada con la eficiencia de los procesos de degradación natural como biodegradación, fotodegradación e hidrólisis química. Sin embargo, la degradación parcial de plaguicidas puede conducir a la formación de metabolitos con gran impacto ambiental (Narváez, 2012).

La difícil detección y cuantificación de metabolitos de plaguicidas no ha permitido establecer el efecto ambiental de muchas de estas sustancias. Solo la descomposición total hasta CO_2 , H_2O y minerales, asegura una reducción del 100 % de los efectos tóxicos de un plaguicida en el ambiente (Narváez, 2012).

La descomposición de los plaguicidas en el ambiente depende de varios factores incluidos la temperatura, el pH del suelo, los microorganismos presentes en el suelo, clima, exposición del plaguicida a la luz, agua y oxígeno. De acuerdo al INE (Sin fecha) existen diferentes conceptos de tipos de vida media de un plaguicida:

- Vida media en suelo: Es el tiempo requerido para que un plaguicida se degrade en el suelo. La vida media está determinada por el tipo de organismos presentes en el suelo, el tipo de suelo (arena, arcilla, limo), pH y la temperatura, entre otros factores.
- Vida media por fotólisis: Es el tiempo requerido para que la mitad de un plaguicida aplicado expuesto a la luz del sol se degrade.

- Vida media por hidrólisis: Es el tiempo requerido para que la mitad de un plaguicida aplicado se degrade por la acción del agua.

Todos los plaguicidas organoclorados son considerados sustancias persistentes, ya que su tiempo promedio de degradación es de 5 años. Su estructura química corresponde a la de los hidrocarburos clorados, lo que les confiere una alta estabilidad física y química, haciéndolos insolubles en agua, estables a la luz solar, a la humedad, al aire y al calor, no volátiles y altamente solubles en disolventes orgánicos (Ramírez y Lacasaña, 2001). Como consecuencia de esto, muchos países permiten el uso de organoclorados exclusivamente en campañas de salud pública para combatir insectos vectores de enfermedades de importancia epidemiológica, como por ejemplo, la malaria y el dengue. Otros países han prohibido o restringido su uso. Se probó en un estudio que la persistencia en el ambiente de algunos de ellos como el DDT y sus metabolitos puede ser de más de 10 años, 5 años para el lindano, de 3 a 5 años para el aldrín, de 8 años para el dieldrín, 3.5 años para el heptacloro, superior a 4 años para el clordano y más de 2 años para el endosulfán (Tapia, 1986).

Solubilidad en Agua

La solubilidad en agua de un plaguicida es una medida que determina la máxima concentración que se disuelve en un litro de agua, por lo general tiene valores entre 1 a 100000 mg/L. Los plaguicidas muy solubles en agua se adsorben con baja afinidad a los suelos y por lo tanto, son fácilmente transportados del lugar de la aplicación por una fuerte lluvia, riego o escurrimiento, hasta los cuerpos de agua superficial y/o subterránea (INE, Sin fecha).

Coefficiente de adsorción de carbono orgánico (K_{oc})

A este valor también se le conoce como coeficiente de adsorción suelo/agua o coeficiente de

adsorción. Es una medida de la tendencia de un compuesto orgánico a ser adsorbido (retenido) por los suelos o sedimentos. Un K_{oc} elevado indica que el plaguicida orgánico se fija con firmeza en la materia orgánica del suelo, por lo que poca cantidad del compuesto se mueve a las aguas superficiales o a los acuíferos (INE, sin fecha).

Coefficiente de Partición Octanol/Agua (K_{ow})

El coeficiente de partición octanol-agua (K_{ow}) es una medida de cómo una sustancia química puede distribuirse entre dos solventes inmiscibles, agua (es un solvente polar) y octanol (es un solvente relativamente no polar, que representa a las grasas). El K_{ow} proporciona un valor de la polaridad de un plaguicida, que es frecuentemente utilizado en modelos para determinar cómo un plaguicida puede distribuirse en tejido de grasa animal. Los plaguicidas con una vida media y un K_{ow} altos pueden acumularse en tejido graso y bioacumularse a lo largo de la cadena alimenticia (INE, sin fecha).

POTENCIAL DE CONTAMINACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA

La Agencia de Protección Ambiental (EPA, 1986), de los Estados Unidos, realizó estudios de laboratorio durante 10 años, asociando ciertas propiedades de los plaguicidas con la lixiviación, y determinaron los siguientes valores de potencial de contaminación en el agua subterránea: solubilidad en agua > 30 ppm, constante de la ley de Henry < 10^{-2} atm m^{-3} / mol, K_{oc} < de 300 a 500, vida media por hidrólisis > de 25 semanas, vida media por fotólisis > de una semana.

En la Figura 1 se muestra una representación gráfica de la contaminación de un ambiente acuático por el uso de plaguicidas, así como los posibles

mecanismos de transporte y transformación de plaguicidas en el ambiente, donde la fuente principal de contaminación es el uso de plaguicidas por aspersión y por disolución directa en la tierra de cultivo (Mendoza, 2006).



Figura 1. Representación gráfica de la contaminación de un ambiente acuático por el uso de plaguicidas (Fuente: Mendoza, 2006).

Como se muestra en la Figura 1, después de su aplicación los plaguicidas pueden desplazarse de distintas maneras en el medio ambiente, una de las cuales es la degradación biológica o química en el suelo, o bien, descomposición del follaje por la luz solar. También la volatilización y la absorción por plantas (las que pueden ser consumidas por animales y/o humanos). Otra forma puede ser la adsorción a partículas del suelo, la disolución en agua que escurre superficialmente o que se filtra en el suelo (lixiviación). Los plaguicidas que están más firmemente adheridos o adsorbidos a partículas del suelo, se mueven con el sedimento (Jerez, 1999).

De acuerdo a las propiedades físicas y químicas de los compuestos y a las características propias del ambiente, el mecanismo de transporte de los plaguicidas puede ser por precipitación pluvial, dispersión, escurrimientos, infiltraciones (Mendoza,

2006). De acuerdo a lo expuesto anteriormente se puede decir que las propiedades fisicoquímicas del plaguicida y del medio donde se desarrollan son las que determinan la cinética ambiental de plaguicida.

DISTRIBUCIÓN Y FIJACIÓN DE LOS RESIDUOS PLAGUICIDAS

Los plaguicidas entran a los ecosistemas durante su proceso de fabricación y durante su aplicación como control de plagas. La mayoría de los plaguicidas persistentes presentes en el ambiente son el resultado de su uso en el pasado. Por sus características fisicoquímicas, también entran al aire cuando se evaporan del agua y suelo contaminado, lo que les permite migrar grandes distancias, para posteriormente ser depositados nuevamente sobre el suelo y el agua, este ciclo puede repetirse infinidad de veces (Diez, 2007).

En ecosistemas naturales, próximos a zonas agrícolas, es probable que ciertos plaguicidas estén presentes a concentraciones bajas pero persistentes, causando efectos subletales (en la reproducción y el desarrollo) en un gran número de especies del ecosistema (Andreu, 2008). Esto se atribuye al proceso de biomagnificación, que consiste en la bioacumulación de una sustancia tóxica. Ésta se presenta en bajas concentraciones en organismos al principio de la cadena trófica y en mayor proporción a medida que se asciende en la cadena trófica. Esto significa que las presas tienen menor concentración de sustancias tóxicas que el predador (Croteau, 2005).

Lo anterior puede ser a consecuencia de la persistencia de la sustancia, bioenergética de una cadena trófica y/o baja (o no existente) tasa de degradación interna/excreción de la sustancia, incluso debido a no solubilidad en agua (Croteau,

2005).

Los alimentos de origen animal y vegetal, el aire, el agua, el suelo, la flora y la fauna son fuentes comunes de exposición a residuos plaguicidas. En los humanos la exposición aguda se presenta, básicamente, en el ámbito laboral, mientras que la de tipo crónico afecta comúnmente a la población general (Ramírez y Lacasaña, 2001).

En los vegetales, una vez que el plaguicida se encuentra en el interior de los organismos puede llegar a los tejidos parenquimáticos o puede alcanzar los sistemas vasculares. La mayoría de los plaguicidas aplicados al follaje, son transportados desde las hojas a los órganos de almacenamiento y a los puntos de crecimiento. Los plaguicidas aplicados al suelo son absorbidos por las raíces y transportados hacia las hojas ya desarrolladas. En los animales, una vez absorbidos, por vía digestiva o cutánea, los plaguicidas clorados se acumulan en el tejido adiposo (Jerez, 1999).

Se considera que el ingreso de plaguicidas organoclorados a los suelos ocurre por la superficie, y que son sustancias lipofílicas retenidas en la fracción

En otros diversos estudios (Triviño, 1982; Carrillo, 1986 y González, 1987, citados por Jerez, 1999) se ha encontrado que los residuos de plaguicidas pueden ser detectados a varios kilómetros desde su sitio de aplicación y persistir, no solo donde han sido aplicados, sino también en otros componentes del ecosistema. Además se ha estimado que sólo el 0.1 % de la cantidad de plaguicidas aplicado llega a la plaga, mientras que el restante circula por el medio ambiente, contaminando el suelo, agua y la biota (Rodríguez, 2006).

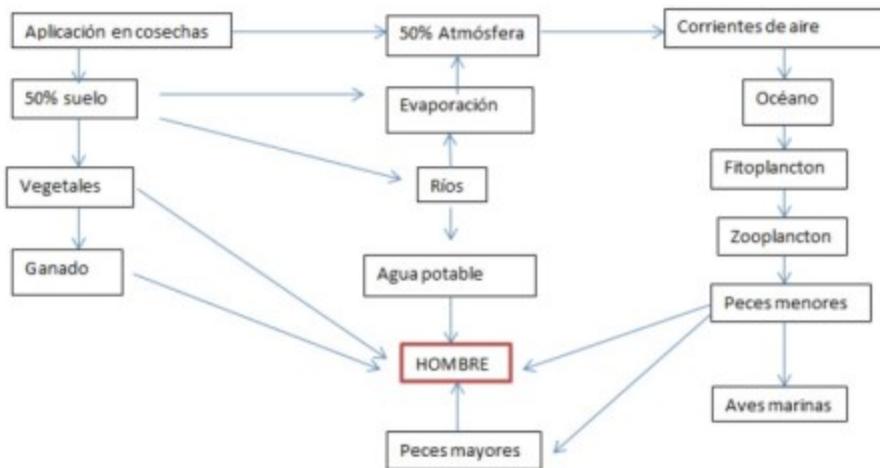


Figura 1. Representación gráfica de la contaminación de un ambiente acuático por el uso de plaguicidas (Fuente: Mendoza, 2006).

CONSIDERACIONES FINALES

Los plaguicidas al ser aplicados constantemente en zonas agrícolas generan residuos que pueden contaminar biota, suelos, cuerpos de agua y aire, llegando a afectar cadenas tróficas y como consecuencia la salud humana. Esta contaminación puede ocurrir por biomagnificación, transporte, precipitación pluvial, evaporación, escurrimientos, infiltraciones, y lixivitaciones. Algunos de ellos son considerados sustancias Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs), y la presencia de estos plaguicidas en el medio ambiente, su concentración y transformación en los organismos vivos representan un grave problema ambiental y de salud.

Por lo tanto, se hace necesario caracterizar el destino final y la toxicidad no prevista de estos residuos plaguicidas para así poder evaluar con certeza el riesgo asociado a su uso y con esto poder establecer medidas preventivas para evitar o reducir el ingreso de agroquímicos a los ambientes naturales.

En México son relativamente escasos los estudios sobre residuos de plaguicidas en matices am-

bientales, consecuentemente, el Instituto Nacional de Ecología indica que sería importante realizar investigaciones a nivel de laboratorio y campo con las condiciones ambientales que prevalecen en México, a fin de entender los parámetros ambientales e identificar de forma precisa el transporte y comportamiento de los plaguicidas en el ambiente a lo largo de su ciclo de vida. Esto proporcionaría la mínima información requerida para prevenir el desarrollo de resistencia de las plagas, la intoxicación de insectos, animales y plantas benéficos para el hombre y evitar la bioacumulación a lo largo de las cadenas tróficas, asimismo prevenir y controlar la contaminación de suelo, aire y agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andreu, S. O. 2008. Evaluación de riesgos ambientales del uso de plaguicidas empleados en el cultivo del arroz en el parque Natural de la Albufera de Valencia. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de Valencia. España.
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease

- Registry). 1995. Evaluación de Riesgos en Salud por la Exposición a Residuos Peligrosos. Atlanta, Georgia.
- CICOPLAFEST (Comisión Intersecretarial para el Control y uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas). 1998. Catálogo Oficial de Plaguicidas. SEMARNAP-SSA. México.
- COP (Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes). 2001. Consultado 10 de Abril 2012. www.pops.int/
- Croteau, M., S. N. Luoma, A. R Stewart. 2005. Trophic transfer of metals along freshwater food webs: Evidence of cadmium biomagnification in nature. *Limnology and Oceanography* 50: 1511-1519.
- De La Barra, M. 1987. Determinación del contenido de pesticidas organoclorados en alimentos para ganado bovino, por cromatografía gas-líquido. Tesis de licenciatura. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- Diez, C. F. G. D. L. R. 2007. Estudio: precisión del inventario de plaguicidas obsoletos y sitios contaminados con éstos. Donación TF-053710. Actividades de rehabilitación para ayudar a México a cumplir con convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes.
- EPA (Environmental Protection Agency U. S.). 1986. Pesticides in Groundwater: Background Document. USA.
- INE (Instituto Nacional de Ecología). Sin fecha. Características físico-químicas de los plaguicidas y su transporte en el ambiente. Consultado 3 de Abril 2012. <http://www2.ine.gob.mx/sistemas/plaguicidas/>
- Jerez F. V. 1999. Determinación de pesticidas organoclorados en suelo agrícola y productos agropecuarios de la comuna de Chonchi, provincia de Chiloé. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- Jenkins, J. J., P. A. Thomson. 1999. Extension Pesticide Properties Database. Oregon State University Extension Service. USA.
- Mejías B. J., B. J. Jerez. 2006. Guía para la toma de muestras de residuos plaguicidas: Agua, sedimentos y suelo. Gobierno de Chile. Ministerio de Agricultura. Servicio Agrícola y Ganadero. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chile.
- Mendoza, R. C. 2006. Representación gráfica de la contaminación de un ambiente acuático por el uso de plaguicidas. ANEXO J Modelo conceptual de sitios contaminados. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Consultado 10 de Marzo 2013. <http://www.relasc.org/index.php?/relasc/5/2//Guia-tecnica-para-orientar-la-elaboracion-de-estudios-de-evaluacion-de-riesgo-ambiental-de-sitios-contaminados/ANEXO-J-Modelo-conceptual-de-sitios-contaminados>
- Narváez, V. J. F., B. J. A. Palacio, J. Molina. 2012. Persistencia de plaguicidas en el ambiente y su ecotoxicidad: Una revisión de los procesos de degradación natural. *Revista Gestión y Ambiente* 15: 27-38.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2010. Código internacional de conducta sobre la distribución y utilización de plaguicidas. Directrices para el registro de plaguicidas. Consultado 3 de Noviembre 2012. http://whqlibdoc.who.int/hq/2010/WHO_HTM_NTD_WHOPES_2010.7_spa.pdf

- Ramírez, J. A., M. Lacasaña. 2001. Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición. Archivos de Prevención y Riesgos Laborales 2: 67-75.
- Rodríguez S., J. D., M. G., et al. 2006. Evaluación de plaguicidas organoclorados en suelos de La Comarca Lagunera, México. Agrofaz 6: 77-83.
- Schuldt, M. 2006. Lombricultura: teoría y práctica. Ediciones Mundi-Prensa. Buenos Aires, Argentina.
- Tapia, R. 1986. Problemas de residuos y toxicología de pesticidas. Simiente 50: 65-68.
- Triviño, I. A. 1982. Contaminación de leche materna, tejido adiposo de mujeres y leche de vaca por plaguicidas de alto poder residual. Boletín del Instituto de Salud Pública de Chile 23: 90-99.
- Waliszewski S. M., G. X. Mójica, R. M. Infazón, D. D. M. Barradas, Z. O. Carbajal. 2008. Uso de ácido sulfúrico en las determinaciones de plaguicidas organoclorados. I. Calidad químico-analítica de la precipitación de grasas por el ácido sulfúrico concentrado en muestras de alto contenido de lípidos. Revista Internacional de Contaminación Ambiental 24: 33-38.

ESTADO DEL ARTE SOBRE RESIDUOS EN PLANTACIONES FORESTALES COMERCIALES Y SU APROVECHAMIENTO

Ariana Berenice Santos García,
Martha Rosales Castro

Centro Interdisciplinario de Investigación
para el Desarrollo Integral Regional Unidad
Durango del Instituto Politécnico Nacional,
Sigma 119, Fraccionamiento 20 de
Noviembre II, Durango, Dgo., 34200.
Tel/Fax: 618 8142091
Correo electrónico:
ariana_sant07@hotmail.com

RESUMEN

Los recursos forestales a través del tiempo han sido severamente explotados, lo que ha traído como consecuencia la pérdida de diversas especies de flora y fauna y colocado a otras en la categoría de amenazadas, tal es el caso de *Cedrela odorata*, mejor conocida como cedro rojo, la cual ha sufrido una fuerte disminución de sus poblaciones naturales debido a que su madera se considera preciosa y es la segunda más valiosa económicamente, por lo que se han tomado algunas medidas, como la creación de plantaciones forestales comerciales, para reducir la presión sobre los bosques nativos. En el presente trabajo de revisión se presenta información relevante que hasta el momento ha sido publicada acerca de las plantaciones forestales a nivel nacional e internacional, así como las diferentes acciones para la preservación de esas plantaciones.

PALABRAS CLAVE: Plantaciones forestales, residuos forestales, *Cedrela odorata*

ABSTRACT

Forest resources over time have been severely exploited, which has resulted in the loss of many species of flora and fauna and placed others in the category of threatened, as in the case of *Cedrela odorata*, better known as red cedar, which has suffered a sharp decline in natural populations because its wood is considered precious and is the second most valuable economically, so some actions have been taken to reduce the pressure on native forests, the creation of commercial forest plantations is one of those actions. The present review aimed to present relevant published information about worldwide plantations and about the different actions for the preservation of those plantations.

KEY WORDS: Forest plantations, forest residues, *Cedrela odorata*

INTRODUCCIÓN

Las sociedades primitivas mostraban escaso interés por los recursos forestales, los principales usos que se les daba era como plantas medicinales y en menor medida se utilizaban como madera, debido a estos minúsculos usos es por lo que se recurría al desmonte de grandes extensiones de bosque, con la finalidad de dar otra utilidad al suelo como lo era el establecimiento de campos de cultivo y la urbanización con la finalidad lograr una vida civilizada; los bosques también servían como

fronteras entre las ciudades y los estados. No fue sino hasta la edad media cuando los recursos forestales empezaron a cobrar un interés mayor debido principalmente a las constantes guerras, en las cuales éstos eran utilizados para la construcción doméstica y naval, así como combustibles (Mendoza, 1993).

La madera fue considerada como un material estratégico, en tiempos de guerra se cosechaban enormes cantidades de árboles, mientras en tiempos de paz los gobiernos dedicaban esfuerzo a reforestar las áreas taladas, con el objetivo de tener materia prima disponible en caso de que hubiese otro conflicto bélico, tal es el caso de la historia inglesa en la cual se distinguen ciclos de explotación y reforestación consistentes con periodos de guerras (Mendoza, 1993).

En México durante la época colonial se explotaron grandes extensiones de bosque para favorecer a la industria minera mediante el abastecimiento de enormes cantidades de madera, para las fundidoras así como para la construcción de las minas; más adelante en la época del Porfiriato y la reforma, los recursos maderables jugaron un papel importante en la construcción de las vías ferroviarias y como combustible para las máquinas de vapor (Merino, 2001).

Toda la gama de acciones realizadas con la finalidad de lograr el desarrollo de la sociedad y proporcionarle una mejor calidad de vida, llevaron al deterioro y destrucción de los ecosistemas forestales, y no fue sino hasta que la degradación de este recurso comenzó a afectar la calidad de vida de los pueblos, cuando se empezaron a valorar los bosques tanto por las materias primas que proporciona como los bienes y servicios que se obtienen de ellos tales como la captura de carbono, recreación, fauna, y captación de agua, entre otros. A partir de esto empieza a surgir la

normatividad referente al cuidado y conservación de los recursos forestales a través de varias leyes que con el paso del tiempo fueron evolucionando, con temáticas relacionadas con la conservación y propagación de la vegetación forestal del territorio nacional, así como el uso sustentable de los recursos forestales.

Una de las leyes de mayor relevancia fue la ley de desarrollo forestal sustentable de 1992, ya que bajo esta ley se crea la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) dedicada a la conservación y restauración de bosques, así como a formular los planes y programas para el desarrollo forestal sustentable. A su vez la CONAFOR crea el programa de desarrollo forestal (PRODEFOR), el cual fomenta el manejo forestal sustentable en apoyo al desarrollo económico de las comunidades, el programa nacional de reforestación (PRONARE) para el establecimiento de plantaciones para conservación y restauración de áreas degradadas, y el programa para el desarrollo de las plantaciones comerciales PRODEPLAN para el fomento de plantaciones comerciales. Posteriormente surge la ley de desarrollo forestal sustentable de 1997, en la cual se apoya fuertemente al programa PRODEPLAN para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales (PFC)– (Montes de Oca, 2013)

Con la finalidad de obtener productos determinados dentro de las plantaciones forestales se realizan prácticas silvícolas como son los aclareos, podas y finalmente la corta total. Como resultado de esas prácticas se generan residuos forestales, cuyo tratamiento principal es la quema o el amontonamiento; sin embargo esos residuos representan una gran cantidad de material combustible que aumenta el riesgo de incendios, y representan también reservorios para plagas y

enfermedades, por lo que desarrollar métodos que sean ambiental, social, y económicamente viables para el tratamiento de esos residuos contribuiría a preservar las plantaciones comerciales forestales.

PLANTACIONES FORESTALES COMERCIALES

Se le denomina plantación forestal a la cubierta vegetal artificial establecida donde previamente había o no bosque, pero se establecen especies diferentes a las nativas—basándose en el conocimiento silvícola (CONFOR, 2010).

Las plantaciones forestales, dependiendo de sus objetivos, se clasifican en comerciales y con fines de restauración, las primeras abastecen cerca del 25% del mercado global mundial y se estima que para el año 2040 llegarán a abastecer cerca del 50% (Kanninen, 2010; CIFOR, 2001).

Las plantaciones forestales pueden ser maderables y no maderables, dentro de las maderables se encuentran las que tiene orientación para la producción de madera para celulosa y para la industria forestal mecánica, con un incremento anual mínimo de 12 a 15 m³ de madera por hectárea, mientras que las no maderables se destinan para la obtención de productos como leña y carbón vegetal, combinan la producción forestal con actividades agropecuarias (CONAFOR, 2010).

SITUACIÓN A NIVEL MUNDIAL

La superficie de bosques a nivel mundial es de aproximadamente 3,869 millones de hectáreas, de las cuales solo 187 millones hectáreas son de plantaciones forestales, lo que representa el 4.8% del total de la superficie forestal mundial, siendo Asia el lugar donde se concentra el mayor porcentaje de plantaciones forestales con el 62%, lo que representa 116 millones de hectáreas; seguida por Europa con

17%, que representa 32 millones de hectáreas; y América del Norte y Central con un 9%.

Según la FAO (2005), el 80% de las plantaciones forestales a nivel mundial se concentra en 10 países, de los cuales China ocupa el primer lugar en superficie plantada, con más de 45 millones de hectáreas, seguido por India con más de 32 millones, la Federación Rusa con 17 millones y Estados Unidos con 16 millones de hectáreas.

Las diferentes especies de *Pinus* son las que más se utilizan en las PFC, las cuales ocupan el primer lugar con poco más del 20%, le sigue el género *Eucalyptus* con el 10%, *Hevea* con el 5%, *Acacia* con el 4%, y *Tectona* con el 3%, otras latifoliadas en conjunto ocupan el 18% y las coníferas diferentes al género *Pinus* ocupan el 11% (CONAFOR, 2010).

SITUACIÓN A NIVEL NACIONAL

Los principales retos de México en la actividad forestal son detener la deforestación y aumentar la producción de bienes y servicios, en cuanto al primer punto la deforestación se ha reducido de 350 000 hectáreas por año en la década de los 90, a 155 000 en el periodo de 2005 a 2010. El segundo punto ha sido abordado mediante el establecimiento de plantaciones forestales, ya sea para restauración o con fines comerciales con el objetivo de reducir la presión sobre los bosques naturales (FAO, 2010; CONAFOR, 2012).

En México la superficie cubierta por plantaciones forestales es de aproximadamente 117,479 hectáreas, de las cuales las especies maderables cubren un 85%, que representa 100,131 hectáreas. Las especies no maderables cubren el 14.8%, que representa 17,348 hectáreas, siendo los estados de Veracruz, Tabasco y Campeche los que mayor superficie plantada de especies maderables

reportan. Las especies maderables que más se plantan a nivel nacional son los géneros *Eucalyptus* y *Pinus*, junto con *Cedrela odorata* cubren una superficie mayor al 55% de la superficie total plantada (CONAFOR, 2010).

Dentro de la superficie por especie se distinguen dos grupos, las tropicales, las cuales cubren el 83% del total de la superficie plantada, y las templadas las cuales corresponden al 17%; dentro de las tropicales se encuentran los géneros *Cedrela*, *Swietenia*, *Eucalyptus*, *Tectona* y *Gmelina*, dentro de los dos primeros géneros se incluyen el cedro rojo y la caoba, respectivamente, las cuales son las dos especies nativas más importantes de México por su valor en el mercado. *Tectonas grandis* y *Gmelina arborea* son las especies introducidas más populares para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales en México (CONAFOR, 2010).

Cedrela odorata

Es una especie forestal característica de las regiones tropicales, se le conoce comúnmente como cedro rojo, es una de las especies de mayor valor económico ya que se le considera una madera preciosa, utilizada principalmente para la fabricación de muebles de calidad. Al igual que la caoba son los pilares de la producción forestal en México, la madera proveniente de árboles de esa especie es fácil de trabajar y además resistente a las pudriciones y a las termitas, y tiene un olor o fragancia característica. A pesar de su valor económico, ha sido severamente afectada por la selección disgénica y la deforestación, al fragmentar y disminuir sus poblaciones naturales, lo que ha hecho que actualmente, esta especie se encuentra adscrita bajo la categoría sujeta a protección especial por la NOM-059-SEMARNAT-2010, por otra parte la IUCN (Unión Internacional

Para La Conservación De La Naturaleza) en 2011 la considera "Vulnerable" en su lista roja, esta especie también se encuentra anexada en el apéndice III de CITES (Convención Nacional sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) para los países de Colombia, Bolivia, Guatemala y Perú (Méndez, 2012; Sánchez *et al.*, 2003).

Las plantaciones forestales comerciales de cedro rojo se establecen con la finalidad de aumentar la producción maderable para el abastecimiento de la industria forestal, reducir la presión sobre los bosques naturales, fomentar la inversión privada y social en el sector forestal, y convertir áreas degradadas o improductivas en bosques productivos, contribuyendo, además, al mejoramiento del ambiente en general (CONAFOR, 2010).

Las plantaciones forestales son de suma importancia en la solución del problema de la deforestación y disminución de bienes y servicios derivados del bosque, debido a que contribuye a la restauración de áreas deterioradas (López y Musálem, 2007).

Los árboles de *Cedrela odorata* alcanzan hasta 35 m de altura y 1.5 a 2.0 m de diámetro normal, con un tronco derecho o poco ramificado y con pequeños contrafuertes en la base, su copa es redondeada y densa, de corteza color café grisáceo o rojizo, de follaje vistoso. Sus hojas tienen apariencia de pluma, son de color verde oscuro en el anverso y verde pálido o amarillento en el reverso. Sus flores son masculinas y femeninas están suavemente perfumadas y son de color blanco verdoso. Sus frutos están agrupados y se ven doblados, tiene alrededor de 30 semillas aladas (Márquez y Lora, 1999).

El principal uso que le dan las personas al cedro rojo es el medicinal, utilizan las hojas, la corteza

y la madera, para preparar infusiones para el tratamiento de cólicos estomacales, problemas respiratorios, diarrea, reumatismo, dolores de muelas, heridas, fiebre y hemorragia vaginal. Las semillas tienen propiedades vermífugas (Márquez y Lora, 1999).

RESIDUOS FORESTALES

En las plantaciones forestales comerciales de cedro rojo, se tienen que realizar diversas prácticas silvícolas como las podas y aclareos principalmente, con la finalidad de obtener el mayor volumen posible y de la mejor calidad, lo que se ve reflejado en los árboles en pie mediante la rectitud de su fuste, y en el aserrío con una disminución considerable de imperfecciones tales como los nudos; estas prácticas sin embargo dejan una gran cantidad de residuos forestales, que son aquellos materiales que se desprenden de aprovechamientos madereros y que no son extraídos por no ser convertibles en subproductos, la mayoría de estos desechos procede de las cortas finales y están compuestos principalmente de ramas, despuntes y hojas (Velázquez, 2006).

Los residuos forestales desempeñan un papel importante en el mantenimiento de las relaciones ecológicas y en la protección de ecosistemas forestales y agrícolas, ya que mantienen la fertilidad del suelo; la estructura de los residuos ayudan a controlar la erosión, sedimentación e inundaciones, aunado esto la materia orgánica mejora la estructura del suelo, incrementa la capacidad de cambio catiónico y estabiliza la proporción de nitrógeno en la mineralización (Ramírez, 2012).

Sin embargo, en plantaciones forestales comerciales estos residuos son un estorbo al momento de realizar la regeneración artificial

después de realizada la corta total de los árboles, por lo que se tiene que hacer un desbroce o trituración in situ para facilitar las labores de plantación, sin embargo esta práctica conlleva una inversión monetaria considerable por lo que los tratamientos más comunes son la quema controlada o el amontonamiento del material en el monte; el abandono de los residuos en la superficie del terreno supone un impacto ambiental debido principalmente al elevado volumen de biomasa combustible de lenta descomposición que acarrea un riesgo de incendios, por otra parte, se ejerce un impacto paisajístico visual y sobre la fauna de la zona que ve limitada su movilidad, además estos residuos suponen una fuente de parásitos y plagas (Velázquez, 2006).

A través de los años se han investigado los desechos de diversas especies de árboles y se ha concluido que los residuos forestales son materiales susceptibles de ser utilizados de una forma ecológica y económica en la producción energética, por ejemplo la producción de combustibles renovables como etanol, así como de innumerables productos de alta demanda social para varios sectores, como la industria farmacéutica, química, cosmética y el sector agrícola, tales como aceites esenciales, ceras, extractos vegetales y forrajes, así como en la elaboración de composta para la fertilización orgánica y el mejoramiento de los suelos (Ramírez, 2012).

Sean realizado diversas investigaciones en relación al aprovechamiento de los residuos forestales, tal es el caso del estudio realizado por Rosales y González (2003), en el cual se hace una comparación del contenido de compuestos fenólicos de la corteza de ocho especies de pino, evaluando principalmente el contenido de taninos condensados y fenoles totales, obteniendo como resultado que las cortezas de *Pinus durangensis*, *P. ayacahuite* y *P.*

leiophylla, tienen la mayor concentración de compuestos fenólicos, con porcentajes de taninos condensados de 13% a 16%, y una porción considerable de flavonoides, teniendo un buen potencial para su utilización en áreas biomédicas.

Velázquez (2006) evaluó la situación de los sistemas de aprovechamiento de los residuos forestales para su utilización energética.

Rosales *et al.* (2006) publicaron un artículo acerca de las propiedades antirradicales libres y antibacterianas de extractos de corteza de pino, encontrando altos niveles de actividad bloqueadora de radicales libres en *Pinus leiophylla* y *P. durangensis*, presentando también una alta actividad inhibitoria sobre *Staphylococcus aureus* y *Enterococcus sp.*; *Pinus cooperi* solo presentó actividad inhibitoria contra *Pseudomona aeruginosa*, por lo que los residuos de estas especies de pino podrían tener alternativas de aprovechamiento en la farmacología (Rosales *et al.*, 2006; Rosales *et al.*, 2009).

Rutiaga-Quiñones *et al.* (2010) evaluaron los componentes químicos principales de la madera de *Dalbergia granadillo* Pittier y de *Platymiscium lasiocarpum* Sandw, en el cual se encontró que estas especies tropicales son ricas en sustancias extraíbles de múltiples aplicaciones.

Las plantaciones forestales cumplen varias funciones como lo son el abastecimiento de leña y madera, recuperación de suelos degradados o deteriorados ya que estas principalmente se establecen en terrenos abandonados como los agrícolas, así como zonas que por diversas contingencias perdieron su cubierta vegetal, con la finalidad de lograr una restauración de los sitios. Otra de las funciones importantes es que la vegetación que se establece promueve la fijación de dióxido de carbono y una mayor captación de agua, además de

reducir la presión sobre los bosques nativos.

Las plantaciones forestales no han tenido una gran aceptación ante la sociedad, ya que en un principio éstas no eran planeadas de manera adecuada y se desmontaban bosques nativos para su establecimiento, además de que muchas de éstas están conformadas por especies exóticas; sin embargo con el paso del tiempo esa situación se regularizó, logrando que las plantaciones se establezcan en sitios abandonados, con la finalidad de lograr la restauración de los mismos.

Varios autores que investigan sobre los residuos forestales han encontrado una gran cantidad de sustancias extraíbles de interés económico en especies maderables, como son los taninos, fenoles, ligninas, carbohidratos, entre otros, lo que da pauta para que estos residuos sean transformados y utilizados en diferentes áreas tales como la biomédica, farmacológica, bioenergética, agrícola, entre otras.

CONSIDERACIONES FINALES

Las plantaciones forestales comerciales están teniendo un gran auge tanto a nivel mundial como nacional, ya que año con año se aumenta el número de hectáreas de esas plantaciones. Para lograr el producto deseado se tienen que realizar prácticas silvícolas, lo que trae como consecuencia un alto volumen de residuos forestales, los cuales pueden ser analizados químicamente, para determinar qué tipo de sustancias contiene y si es factible el poder aprovecharlas.

Sin embargo, como las plantaciones forestales son un proyecto a largo plazo y en México son de reciente creación, la investigación sobre éstas apenas comienza, existen varios estudios que se están realizando acerca del desarrollo de las plantaciones,

la influencia de la concentración de metabolitos secundarios en la resistencia hacia ciertos patógenos, y sobre la mejor disposición o aprovechamiento de los residuos forestales. Aun así, falta mucho por ser estudiado para lograr que con el paso del tiempo las plantaciones-puedan ser aceptadas completamente por la sociedad y estas investigaciones logren llenar las carencias que por el momento existen sobre esta temática.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CIFOR (Center for International Forestry Research). 2001. Typology of planted forest. Indonesia.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2010. Situación actual y perspectivas de las plantaciones forestales comerciales en México. México.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2012. Programa de desarrollo de plantaciones forestales a 15 años de su creación. México.
- FAO (Organización de las Naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2005. Situación de los bosques en el mundo. Roma, Italia.
- FAO (Organización de las Naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2010. Global forest resource assessment. Francia.
- Kanninen, M. 2010. Plantation forest: global perspectives. Ecosystem goods and service from plantation forests. T. J. International. United Kingdom.
- López, E., A. Musálem. 2007. Sistemas agroforestales con cedro rojo, cedro nogal y primavera, una alternativa para el desarrollo de plantaciones forestales comerciales en los Tuxtlas, Veracruz, México. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Medio Ambiente 13: 59-66.
- Márquez, A., F. Lora. 1999. Plantas medicinales de México II composición, usos y actividad biológica. UNAM. México.
- Mendez, H. 2012. Diversidad de hongos micorrízicos arbusculares asociados al cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en dos ecosistemas tropicales de Veracruz, México. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- Mendoza, M. 1993. Conceptos básicos de manejo forestal. México.
- Montes de Oca, F. 2013. La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable de México. Instituto Nacional de Ecología. Consultado el 12 de abril 2013. En : www.ine.gob.mx/publicaciones/libros/444/cap4.html
- Merino, L. 2001. Las políticas forestales y de conservación y sus impactos en las comunidades forestales. Estudios Agrarios 18: 76-115.
- Rosales, M., R. González. Comparación del contenido de compuestos fenólicos en la corteza de ocho especies de pino. Maderas y Bosques 9: 41-49.
- Rosales, M., Pérez M., Ponce M., "Propiedades antirradicales libres y antibacterianas de extractos de corteza de pino", Revista maderas y bosques, vol. 12 (1), 2006, pp. 37-49
- Rosales, M., González R., Rocha N., "Evaluación química y capacidad antioxidante de extractos polifenólicos de cortezas *Pinus cooperi*, *P. engelmannii*, *P. leiophylla* y *P. teocote*", Revista maderas y bosques vol. 15 (3), 2009, pp. 87-105
- Ramírez, P. C. 2012. Fundamento químico y tecnológico para el tratamiento del follaje. Universidad de Leningrado. Consultado el 14

de noviembre de 2012. En:
<http://www.mailxmail.com/curso/vida/residuosmadereros/capitulo4.htm>

- Rutiaga-Quiñones, J., F. Pedraza, P. López. 2010. Componentes químicos principales de la madera *Dalbergia granadillo* Pittier y de *Platymiscium lasiocarpum* Sandw. Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente 16: 179-186.
- Sánchez, V., J. Salazar, J. Hernández, J. López, J. Jasso. 2003. Parámetros genéticos y respuesta a la selección en características del crecimiento de *Cedrela odorata*. Fitotecnia Mexicana 26: 19-27
- Velázquez, B. 2006. Situación de los sistemas de aprovechamiento de los residuos forestales para su utilización energética. Revista Ecosistemas 15: 77-88.



CENTRAL DE INSTRUMENTACIÓN

Tercero Autorizado
como laboratorio de prueba
Autorización No TA-13-12
COFEPRIS

La Central de Instrumentación ofrece servicios de calidad de acuerdo a la NMX-EC-17025-IMNC-2006, que establece los requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración

Ofrece sus servicios de:

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS Y FÍSICOQUÍMICOS DE AGUAS Y ALIMENTOS:

- Determinación de Organismos Coliformes.
NOM-112-SSA1-1994
- Determinación de Organismos Coliformes Totales.
NOM-113-SSA1-1994
- Determinación *Staphylococcus aureus* en alimentos.
NOM-115-SSA1-1994
- Determinación *Salmonella spp* en alimentos.
NOM-114-SSA1-1994
- Determinación de Bacterias Aerobias.
NOM-092-SSA1-1994
- Determinación de Arsénico, Cadmio y Cromo y Plomo.
NMX-AA-051-SCFI-2001
- Determinación de Fluoruros en agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel.
NOM-201-SSA1-2002
- Determinación de Cloruros totales en aguas naturales residuales y residuales tratadas.
NMX-AA-073-SCFI-2001
- Determinación de Dureza Total en aguas naturales residuales y residuales tratadas.
NMX-AA-072-SCFI-2001

INFORMES CON:

M. EN C. MANUEL QUINTOS ESCALANTE
Coordinador del Sistema de Gestión de la Calidad
Ext. 82632

DRA. LAURA S. GONZÁLEZ VALDEZ
Coordinador de la Central de Instrumentación
Ext. 82620

CIDIR
DURANGO
CENTRAL DE INSTRUMENTACIÓN

CURSOS DE INGLÉS



Duración de los cursos
4 semanas

HORARIOS:
Lunes, Miércoles y Viernes
de 16:00 a 17:30 horas.
Sábados de 9:00 a 13:00 horas.

Costos:

Alumnos IPN	\$438.00
Empleado del IPN	\$449.00
Público en general	\$657.00

INFORMES:

Sigma #119 Fracc. 20 de Noviembre II,
Durango, Dgo., México. C.P. 34220
Teléfono y Fax: (55) 57296000 Ext.: 82615
y (618) 8 14 20 91, (618) 8 14 45 40