

# TECNOLOGÍA CIENCIA

## Chihuahua

Revista de ciencia, tecnología y humanidades  
Universidad Autónoma de Chihuahua



Evolución del matorral en el sur del Área Natural Protegida Sierra de Lobos, Guanajuato



Forraje verde hidropónico a partir de semilla de trigo



Propuesta para la fabricación y uso de una esponja para sincronizar estros y su respuesta a la fertilidad en ovejas



Tasa de emergencia de lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*)

latindex  
PERIÓDICA

\$60.00  
Volumen III  
Número 3  
Sep-Dic 2009  
ISSN: 1870-6606





## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

C. P. RAÚL ARTURO CHÁVEZ ESPINOZA

*Rector*

ING. HERIBERTO ALTÉS MEDINA

*Secretario General*

DR. ALFREDO DE LA TORRE ARANDA

*Director Académico*

LIC. ALONSO GONZÁLEZ NÚÑEZ

*Director de Extensión y Difusión Cultural*

PH. D. ARMANDO SEGOVIA LERMA

*Director de Investigación y Posgrado*

C. P. MANUEL MENDOZA GARCÍA

*Director de Planeación y Desarrollo Institucional*

C. P. ROBERTO ZUECK SANTOS

*Director Administrativo*

# TECNOCIENCIA Chihuahua

### Comité Editorial Interno

DR. CÉSAR HUMBERTO RIVERA FIGUEROA

*Editor en Jefe*

### Editores asociados

DRA. ALMA DELIA ALARCÓN ROJO

DRA. ANA CECILIA GONZÁLEZ FRANCO

DR. OSCAR ALEJANDRO VIRAMONTES OLIVAS

DR. JUAN OLLIVIER FIERRO

DR. CARMELO PINEDO ÁLVAREZ

DRA. LUZ HELENA SANÍN AGUIRRE

DR. LUIS CÉSAR SANTIESTEBAN BACA

DRA. MARÍA DE LOURDES VILLALBA

### Consejo Editorial Internacional

DR. GUILLERMO FUENTES DÁVILA

*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México*

DR. VÍCTOR ARTURO GONZÁLEZ HERNÁNDEZ

*Colegio de Posgraduados, México*

DR. JOHN G. MEXAL

*New Mexico State University, Estados Unidos de América*

DR. ULISES DE JESÚS GALLARDO PÉREZ

*Instituto de Angiología y Cirugía Vascular, La Habana, Cuba*

DR. HUMBERTO GONZÁLEZ RODRÍGUEZ

*Universidad Autónoma de Nuevo León, México*

DRA. ELIZABETH CARVAJAL MILLÁN

*Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., México*

DR. ALBERTO J. SÁNCHEZ MARTÍNEZ

*Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México*

DR. LUIS RAÚL TOVAR GÁLVEZ

*Instituto Politécnico Nacional, México*

DR. LUIS FERNANDO PLENGE TELLECHEA

*Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México*

DR. HÉCTOR OSBALDO RUBIO ARIAS

*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México*

DRA. ANGELA BEESLEY

*University of Manchester, Reino Unido*

DR. LUIS ALBERTO MONTERO CABRERA

*Universidad de La Habana, Cuba*

DR. RICARD GARCÍA VALLS

*Universitat Rovira I Virgili, España*

DR. LUIZ CLOVIS BELARMINO

*Faculdade Atlantico Sul, Brasil*

M.S.I. IVÁN DAVID PICAZO ZAMARRIPA

*Coordinador editorial*

MARTHA IVETTE ACOSTA CHÁVEZ

*Asistente editorial y Diseño*

TECNOCIENCIA-Chihuahua. Revista arbitrada de ciencia, tecnología y humanidades. Volumen III, Número 3, septiembre-diciembre 2009. Publicación cuatrimestral de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Editor en Jefe: Dr. César Humberto Rivera Figueroa. ISSN: 1870-6606. Número de Reserva al Título en Derecho de Autor: 04-2007-0326610180900-102. Número de Certificado de Licitud de Título: 13868. Número de Certificado de Licitud de Contenido: 11441. Clave de registro postal PP08-0010. Domicilio de la publicación: Edificio de la Dirección de Investigación y Posgrado, Ciudad Universitaria s/n, Campus Universitario I, C.P. 31170, Chihuahua, Chihuahua, México. Oficina responsable de la circulación: Dirección de Investigación y Posgrado, Ciudad Universitaria, Campus Universitario I, C.P. 31170. Imprenta: Impresora Standar, Ernesto Talavera No. 1207, Teléfono 416-7845, Chihuahua, Chih. Tiraje: 1,000 ejemplares. Precio por ejemplar en Chihuahua: \$ 60.00 Costo de la suscripción anual: México, \$ 200 (pesos); EUA y América Latina, \$ 35 (dólares); Europa y otros continentes, \$ 40 (dólares). La responsabilidad del contenido de los artículos firmados es de sus autores y colaboradores. Puede reproducirse total o parcialmente cada artículo citando la fuente y cuando no sea con fines de lucro.

Teléfono: (614) 439-1822 (extensión 2213); fax: (614) 439-1823 (extensión 2209), e-mail: tecnociencia.chihuahua@uach.mx

Página web: <http://tecnociencia.uach.mx>

## Contenido

<b>Definición de la revista</b>	<b>I</b>	Ectomicorrizas en nogal pecanero
<b>Editorial</b>	<b>II</b>	<i>B. Patricia González-Chávez</i> <i>Dámaris Leopoldina Ojeda-Barrios</i> <i>Ofelia Adriana Hernández-Rodríguez</i> <i>Jaime Martínez-Téllez</i> <i>Abelardo Núñez -Barrios</i>
<b>El científico frente a la sociedad</b>		
Evolución de los sistemas de producción de nuez en México		<b>138</b>
<i>Dámaris Leopoldina Ojeda-Barrios</i> <i>Ofelia Adriana Hernández-Rodríguez</i> <i>Gustavo Rogelio López-Ochoa</i> <i>Jaime Javier Martínez-Téllez</i>	<b>115</b>	Tasa de emergencia de lombriz Roja Californiana ( <i>Eisenia foetida</i> ) bajo tres enmiendas orgánicas
<b>Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable</b>		<i>Ofelia Adriana Hernández-Rodríguez</i> <i>César Vences-Contreras</i> <i>Dámaris Leopoldina Ojeda-Barrios</i> <i>Missy Mismet Barrios-Burrola</i> <i>Carlos Humberto Chávez-González</i>
Cambio en el uso de suelo en la cuenca del río Sextín		<b>147</b>
<i>Ramón Trucíos-Caciano</i> <i>Aldo Saúl Mojica-Guerrero</i> <i>Luis Manuel Valenzuela-Núñez</i> <i>José Luis González-Barrios</i>	<b>121</b>	<b>Creatividad y Desarrollo Tecnológico</b>
Evolución del matorral en el sur del Área Natural Protegida Sierra de Lobos, Guanajuato		Propuesta para la fabricación y uso de una esponja para sincronizar estros y su respuesta a la fertilidad en ovejas
<i>Aldo Saúl Mojica-Guerrero</i> <i>Luis Manuel Valenzuela Núñez</i> <i>José Luis González Barrios</i> <i>Ramón Trucíos Caciano</i>	<b>131</b>	<i>Martha Estrada-Gandarilla, Brissa C. Tintori-Romero, Alberto Flores-Mariñelarena, Gabriela Corral-Flores, Alfredo Anchondo Garay, Carlos Rodríguez-Muela, Juan Alberto Grado-Ahuir, José A. Ramírez-Godínez</i>
		<b>154</b>
		Cascarilla de avena y paja de trigo utilizados como sustrato para la producción de forraje verde hidropónico
		<i>G. Sonia Rodríguez De la Rocha, Delia Lorena Hernández-Acosta, Irma C. Flores-Sáenz, Hilda Escobedo-Cisneros, Armando Quintero-Ramos, Víctor Santana-Rodríguez, S. Margarita Rodríguez-Rodríguez</i>
		<b>160</b>

# Definición de la Revista *TECNOCIENCIA Chihuahua*

Publicación científica arbitrada de la Universidad Autónoma de Chihuahua

## Objetivos

Servir como un medio para la publicación de los resultados de la investigación, ya sea en forma de escritos científicos o bien como informes sobre productos generados y patentes, manuales sobre desarrollo tecnológico, descubrimientos y todo aquello que pueda ser de interés para la comunidad científica y la sociedad en general. También pretende establecer una relación más estrecha con su entorno social, para atender a la demanda de los problemas que afectan a la sociedad, expresando su opinión y ofreciendo soluciones ante dicha problemática.

## Visión

Mejorar de manera continua la calidad del arbitraje de los artículos publicados en la revista, proceso que se realiza bajo el sistema de doble ciego. Conformar el Consejo Editorial Internacional y cada Comité Editorial por área del conocimiento de la revista, incorporando como revisores a investigadores del país y del extranjero adscritos a instituciones de Educación Superior y Centros de Investigación, que son reconocidos como académicos y científicos especializados en

su campo. La revista *TECNOCIENCIA Chihuahua* se publica cuatrimestralmente para divulgar los resultados de la investigación en forma de avances científicos, desarrollo tecnológico e información sobre nuevos productos y patentes. La publicación cubre las siguientes áreas temáticas: Alimentos, Salud y Deporte, Ingeniería y Tecnología, Educación y Humanidades, Economía y Administración, Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, Creatividad y Desarrollo Tecnológico.

## Tipos de escritos científicos

En la revista se publican las siguientes clases de escritos originales: artículos científicos en extenso, notas científicas, ensayos analíticos, estudios de casos, revisiones temáticas, informes técnicos y resúmenes (o *abstracts*).

## A quién se dirige

A científicos, académicos, tecnólogos, profesionistas, estudiantes y empresarios.

# Editorial

**E**n este número hemos preparado una contraportada muy especial dedicada a la ciudad de Chihuahua, para conmemorar 300 años de su fundación. Este acontecimiento tuvo lugar el 12 de octubre de 1709, durante el mandato de Don Antonio Deza y Ulloa, quien ocupaba el cargo de Gobernador de la Nueva Vizcaya, provincia formada por lo que hoy conocemos como los estados de Durango y Chihuahua.

La provincia de la Nueva Vizcaya tiene su origen el 24 de junio de 1562, nombre que recibió de Francisco de Ibarra, español que realizó la primera expedición por esta región. De acuerdo con los registros históricos, la ciudad de Chihuahua se fundó sobre el territorio que ocupaban los indios conchos, indígenas seminómadas que se resistieron a ser conquistados por los españoles, quienes motivados por la ambición de explotar la riqueza mineral, utilizaron todos sus recursos militares para someterlos y colonizar esta región.

La fundación oficial de la ciudad de Chihuahua tuvo lugar en el año 1709, en el Valle de la Junta de los Ríos Chuvíscar y Sacramento; sin embargo, en sus inicios fue llamada Real de Minas de Cuéllar; después, el 1º de octubre de 1781, se cambió por el nombre de San Felipe el Real de Chihuahua en honor al Rey Felipe V de

España. Esta fue la primera vez que se utilizó el nombre de Chihuahua, para entonces reconocida como Alcaldía Mayor. Más tarde, en abril de 1797, se realiza el primer censo poblacional registrándose un total de 720 habitantes.

Hoy, la ciudad de Chihuahua tiene alrededor de un millón de habitantes y se ha transformado en una urbe industrial moderna, considerada como la segunda mejor ciudad para invertir; la tercera ciudad con mayor ingreso per cápita a nivel nacional y la segunda con mayor índice de competitividad.

¡Feliz Tricentenario, Chihuahua!

PH.D. CÉSAR H. RIVERA FIGUEROA  
EDITOR EN JEFE

# Evolución de los sistemas de producción de nuez en México

## Evolution of pecan production systems in Mexico

DÁMARIS LEOPOLDINA OJEDA-BARRIOS<sup>1,2</sup>, OFELIA ADRIANA HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ<sup>1</sup>,  
GUSTAVO ROGELIO LÓPEZ-OCHOA<sup>1</sup>, JAIME JAVIER MARTÍNEZ-TÉLLEZ<sup>1</sup>

### Resumen

La producción de nuez pecanera [*Carya illinoensis* (Wangenh.) C. Koch] en México tiene un alto potencial de desarrollo. La calidad de la nuez obtenida es correspondiente a los estándares internacionales. Actualmente se exporta el 50 % de la producción anual, valor que puede incrementarse debido a la creciente demanda mundial. La plantación de huertos nogaleros en Chihuahua se ha incrementado de manera notable en los últimos 20 años debido a las ventajas relativas en torno a clima y suelo que existe en la entidad, lo que influye directamente en la producción de nuez de muy buena calidad. Para un futuro cercano será necesario introducir nuevas tecnologías que *de facto* ya se están implementando, como son la incorporación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y Buenas Prácticas de Manejo (BPM), sistemas de manejo integrado del cultivo, nuevos agroquímicos de acción específica y de baja contaminación, la búsqueda de nuevas variedades con ventajas competitivas sobre las actuales y de portainjertos que reduzcan el porte de los árboles, así como productos que permitan alcanzar mayor productividad, rentabilidad, competitividad y comercialización de la nuez. Como sistema de cultivo es necesario contar con información económica que facilite a los productores abordar la producción de nuez como una empresa, así como también fortalecer la organización entre los nogaleros para que incrementen las ventas a nivel nacional y se puedan desarrollar mercados alternativos tales como China y la Comunidad Europea.

**Palabras clave:** *Carya illinoensis*, sistema nogal, producción y comercialización

### Abstract

Pecan [*Carya illinoensis* (Wangenh.) C. Koch] nut production in Mexico has a high potential for development. Nut quality obtained corresponds to international standards. Currently exports 50 % of annual production value and can be increased due to growing global demand. The planting of orchards in Chihuahua has increased dramatically in the last 20 years due to the relative advantages regarding climate and soil that exists in the entity, which directly influences the production of high quality nut. In the near future will be necessary to introduce new technologies that *de facto* are already being implemented, including the incorporation of Good Agricultural Practices (GAP) and Good Management Practices (BPM) systems, integrated crop management, new agricultural chemicals with specific action and low contamination, the search for new varieties with competitive advantages over current and for rootstocks that reduce the bearing of the trees, as well as products that achieve greater productivity, profitability, competitiveness and marketing of the nut. As a culture system is needed economic information that can help to work in the production of walnut as an enterprise, as well as strengthen the organization among producers to increase domestic sales and to develop alternative markets such as the European Community and China.

**Keywords:** *Carya illinoensis*, pecan system, production, marketing.

### Introducción

**E**l Nogal [*Carya illinoensis* (Wangenh.) C. Koch] es uno de los árboles de frutas comestibles más antiguo del mundo. La nuez pecanera tiene sus orígenes en la prehistoria, ya que se han encontrado rastros fósiles en el norte de México y en Texas, indicando su existencia desde antes que los americanos nativos habitaran ahí.

<sup>1</sup> Profesor de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, Ciudad Universitaria s/n. Chihuahua, Chih., México C.P. 31310. Tel. (614) 4391844.

<sup>2</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: dojeda@uach.mx

Los hallazgos de restos fósiles junto con millones de árboles nativos de nuez pecanera, han sido realizados a lo largo de la mayoría de los arroyos y cauces de ríos en el sur de Estados Unidos de América y norte de México. Se considera que el nogal pecanero es originario del norte de México y sur de los EUA (Herrera, 2004).

Como lo menciona Brison (1974) «Un miembro de la expedición española, Lope de Oviedo, escribió en su diario más o menos en el año de 1533 «en las márgenes de este río había muchas nueces que durante la temporada comían los indios, viniendo desde veinte o treinta leguas a la redonda». El río que hacía referencia era el de Guadalupe, ubicado en Texas. Ocho años más tarde, en 1541, Cabeza de Vaca escribió en sus Relaciones, acerca de estas «maravillosas» nueces, mencionando que «dos días después de la partida de Lope de Oviedo, los indios vinieron a un lugar del cual le habían hablado a comer nueces, único alimento durante dos meses del año, esta práctica la realizaban cada dos años». Tierno tributo y reconocimiento al valor nutritivo de las almendras y a la condición alternante del árbol del nogal.

## El contexto nacional e internacional

*Importancia a nivel mundial.* Las áreas productoras de nuez alrededor del mundo se localizan principalmente entre los 25° y 35° de latitud norte y entre 25° y 35° latitud sur. En varios centros de origen de este frutal se encuentran numerosas extensiones de formaciones nativas sujetas a aprovechamiento comercial. En los Estados Unidos se localizan principalmente en los estados de Georgia, Kansas, Louisiana, Missouri, Oklahoma y Texas. En México, la distribución natural del nogal se encuentra en catorce estados, siendo los centros más importantes de asociaciones nativas los estados de Nuevo León, Coahuila y Chihuahua (Ojeda *et al.*, 2003).

La producción mundial de nuez pecanera en cáscara se estima en alrededor de las 210,000 ton. Los principales productores son Estados Unidos (72 %) y México (25 %). Otros productores menores son Australia, Sudáfrica, Israel, Brasil, Argentina, Perú y Egipto. Además de ser el principal productor y exportador de nuez encáscara, Estados Unidos es el más grande consumidor. Otros importantes países consumidores son: Reino Unido, Alemania, Canadá y Japón. Los Estados Unidos exportan e importan nueces, y México es el principal exportador (nuez con cáscara)

hacia ese país (25,000 ton anualmente). Los productores de ambos países tienen como objetivo ofertar su producto en el período previo al «Día de Acción de Gracias», ya que es cuando se tiene el mayor volumen de demanda (FIRA, 2002).

La mayor cantidad de nuez pecanera se comercializa sin cáscara, es decir la almendra, la cual constituye alrededor del 50 % del peso total de la nuez. Los precios al consumidor de nuez pecanera sin cáscara en Estados Unidos fluctúan entre los cuatro y cinco dólares la libra (FIRA, 2005).

*Importancia a nivel nacional.* En México, las primeras plantaciones comerciales de nogal se establecieron el año de 1946, y para el año 2000 se tenían plantadas más de 60 mil hectáreas a nivel nacional. (Tarango, 2004).

Actualmente, la superficie cosechada del nogal pecanero se localiza en el norte del país y prácticamente en su totalidad en las áreas de riego (gravedad y bombeo), y en áreas muy marginales de temporal. Los principales distritos de riego con plantaciones de nogal en el país son los de Chihuahua, Delicias y Río Florido, en el estado de Chihuahua; y el de Costa de Hermosillo en Sonora (SIAP, 2009). Los estados con mayor producción de nuez en la República Mexicana son Chihuahua con 54,629 ton y un rendimiento por hectárea de 1.5 ton, seguido de Coahuila con una producción de 8,776 ton y un rendimiento de 0.71 ton/ha; Sonora con una producción de 7,075 ton y un rendimiento de 1.06 ton/ha; y Durango con una producción de 2,783 ton y un rendimiento de 0.78 ton/ha (SIAP, 2009).

El nogal se cultiva en menor medida en los estados de Jalisco, Nuevo León, Aguascalientes, Querétaro, Oaxaca e Hidalgo. Otros estados tienen superficies sembradas pero aún se encuentran en etapa de desarrollo (FIRA, 2005).

*Antecedentes e importancia a nivel estatal.* El cultivo del nogal se inició en el estado de Chihuahua desde hace unos cuatrocientos años en el Valle de Allende, con árboles criollos, de los cuales se encuentra como mudo testigo «El Árbol del Músico» que llegó a tener dos metros de diámetro, y otros que han logrado sobrevivir al paso del tiempo. La superficie plantada se reducía a aquellas áreas donde se disponía de agua de riego. Esta situación cambió en la década de los cuarenta, cuando Crisóforo Caballero plantó la primera huerta de variedades mejoradas como 'Western Schley' y 'Bradley', en 1946 en La Cruz, Chihuahua. Por esos

tiempos, el Sr. Francisco Ortega inició la plantación de «El Ciprés» en la región de Jiménez, con las mismas variedades mencionadas. En el año de 1969 se estimaba que en el estado existían unas 2,000 ha de nogales plantados. Entre 1979 y 1984 la superficie se mantuvo prácticamente sin cambio para tener un incremento en 1986 a 14,843 ha. En 1990 se estimó que la superficie en producción era de 17,428 ha; a partir de esta fecha la superficie se ha más que duplicado para convertirse en 36,511 ha cosechadas en el 2008. Esto posiblemente se debe a dos factores: Los cultivos tradicionales han sido poco rentables y la nuez producida en Chihuahua tiene gran demanda en el mercado nacional y especialmente el internacional debido a su gran calidad.

Esta tendencia ha sido más marcada en ciertos municipios que tradicionalmente han sido importantes productores de nuez como Saucillo, Camargo y Delicias en donde se ha mantenido prácticamente la misma superficie durante la década de los noventa, también son los municipios que mantienen la producción estatal por tener los huertos más antiguos del estado (Ojeda y Velo, 1999).

Para el municipio de Jiménez, la superficie establecida se ha incrementado considerablemente, de 3,040 ha en 1990 a 9,622 ha en 1999, de los cuales 5,228 ha se encontraban en producción y 4,394 ha en desarrollo, con un rendimiento aproximado de 1.6 ton/ha, el volumen de producción se duplicó también en este lapso, de 4,507 ton a 8,365 ton, aunque cabe mencionar que una parte se encontraba en desarrollo (INEGI, 2007). Durante el año 2008 el municipio de Jiménez tuvo una superficie sembrada de 9,777 ha y una cosechada de 6,678 ha, con una producción de 7,226 ton y un rendimiento de 1.08 ton/ha (SIAP, 2009). Este municipio es el principal productor de nuez en el estado de Chihuahua, y junto con los municipios de Camargo, Saucillo, Allende, Aldama, Villa Ahumada y Chihuahua son los más importantes de la entidad (Herrera, 2004).

El cultivo del nogal pecanero ocupa el sexto lugar de importancia económica por su valor en pesos a nivel estatal (SAGARPA, 2007), dando a esta actividad productiva un peso económico específico y relevante en el estado, además de generar divisas para el país. La derrama de recursos por concepto de la producción anual de nuez es variable dependiendo del volumen y precio. Sin embargo, según datos oficiales con base conservadora, se calcula en un mínimo de aproximadamente 700 millones de pesos (SAGARPA, 2007).

En la actualidad, con la superficie de árboles en

desarrollo que se encuentran plantados en el estado, que paulatinamente serán incorporados a la producción, con tecnología de frontera, con incrementos en las medias de rendimiento, se espera que el estado de Chihuahua podrá producir una importante cantidad de nueces de variedades mejoradas e incrementar las exportaciones (Ojeda *et al.*, 2003).

## Desarrollo de los sistemas de producción de nuez en México

La producción comercial de nuez pecanera en México se inició a partir de 1946, desde entonces se han desarrollado sistemas de producción sustentables y muy competitivos.

La industria nogalera en México comenzó con plantaciones que contaban con un gran número de variedades (más de 15) de las cuales, como es de esperarse, no todas tuvieron la adaptación adecuada, con lo que se limitaba el potencial productivo de nuez durante los primeros 30 años, hasta que se definieron que las variedades Western Schley y Wichita, variedades de alrededor de 180 días de ciclo vegetativo (de brotación a cosecha) y con un potencial de rendimiento de 2000 kg/ha, requieren una lámina de riego de 1.4 m para la región del Desierto Chihuahuense, sin embargo, son susceptibles a la viviparidad de la nuez (nuez germinada), a pesar de ello, fueron las de mejor adaptación para todo el norte de México, motivo por el cual ocupan el 85% de las variedades de nogal pecanero actualmente cultivadas y se han implementado en las nogaleras nuevas (Núñez *et al.*, 2001).

El nogal es un cultivo que se caracteriza por tener una excelente adaptación a las condiciones climáticas del norte de México, comprendidas entre las 50 a 600 unidades frío y 3000 o más de unidades calor y baja humedad ambiental y de precipitación. El cultivo requiere la aplicación de riego en las huertas (1.40 m/año), implicando con ello la consiguiente tecnificación de los sistemas productivos con nuevos métodos de aplicación de agua y fertilizantes, con la utilización de los conceptos de fertirrigación, mínima labranza en el manejo de suelos y control integrado de plagas, con lo que se ha evolucionado al desarrollo de sistemas de producción de nuez poco contaminantes y muy competitivos (Lagarda, 2007).

Los sistemas de producción de nuez actualmente desarrollados en México, mantienen su

competitividad por la alta calidad y cantidad de nuez producida por hectárea, desarrollada en regiones áridas de muy baja infestación de plagas y enfermedades, que permiten producir nueces de muy alta calidad ecológica (2-3 aplicaciones/año). Las plantaciones mexicanas con 70 a 100 árboles por hectárea y costos de producción promedio de 20 pesos/kg, han resultado ser muy competitivas, económicamente hablando, con relación a las de Estados Unidos de América (26 pesos/kg), lo cual explica la estabilidad y crecimiento del cultivo en México (Lagarda, 2005).

En el manejo de huertas, una estrategia importante es bajar los costos tanto de producción como los de comercialización para hacer que el precio de venta de nuez sea más accesible al público en general (Tarango *et al.*, 2009).

La nueva tendencia en plantaciones de nogal es incrementar las poblaciones de árboles por hectárea hasta 270, con lo cual se aumenta la expectativa de reducción de costos y reducción de riesgos de producción minimizando viviparidad (nuez germinada) y por tanto aumentando calidad (>58 % almendra) y el rendimiento por hectárea (>3000kg/ha) (Lagarda, 2007).

Otro tema de actualidad en la producción de nuez encarcelada es el de inocuidad, el cual ha cobrado una mayor importancia debido a normatividad sanitaria más estricta a nivel internacional y nacional (Ley Federal de Sanidad Vegetal, 2007), así como una mayor preocupación de los consumidores por su salud y el medio ambiente. La nuez, por ser un producto alimenticio que se puede consumir en fresco, requiere la labor de todos y cada uno de los eslabones de la cadena agroalimentaria para asegurar que al ser ingerido no cause un daño o perjuicio a la salud. Esto incluye las etapas de producción, cosecha, lavado, selección, empaque, conservación, transporte, y distribución. Para ayudar a mantener una buena condición sanitaria de la nuez y reducir las probabilidades de que, bajo condiciones naturales o en el manejo del fruto, se presente un contaminante de origen físico, químico o biológico, se implementa lo que se conoce como un «Sistema de Reducción de Riesgos de Contaminación». Este sistema incluye a las «Buenas Prácticas Agrícolas» (BPA) y a las Buenas Prácticas de Manejo (BPM). Las BPA comprenden diversos métodos de cultivo, cosecha, selección, almacenamiento y transporte que ayudan a mantener y asegurar una buena condición sanitaria (Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y

Pesquera, 2006).

La actividad nogalera se ha desarrollado muy enfocada al sector primario, quedando por desarrollar las actividades de apoyo que deben tener las cadenas productivas hortícolas, como son la transformación, empaque, conservación del producto y con ello el desarrollo de mercados alternativos nuevos que permitan la consolidación de la industria nogalera a través del desarrollo de la infraestructura y organización integrada de los actores involucrados (Tarango, 2009).

Finalmente, debemos considerar que aún existen retos difíciles por superar en la producción y comercialización de nuez pecanera, los cuales se señalan enseguida. Estas amenazas deberán ser atendidas para lograr mejorar la productividad y desarrollar mercados nuevos y estables para la nuez pecanera.

## Retos en la producción y comercialización de nuez pecanera

### Biológicos:

- Zinc
  - Variedades con características de tolerancia
  - Patrones tolerantes. Evaluación y selección de materiales tolerantes a deficiencias de Zn
  - Propagación vegetativa del nogal pecanero
- Germinación (viviparidad)
- Alternancia. Estabilidad productiva
- Mejoramientos óptimos. Altas densidades/ rendimientos
- Poda

### Abióticos:

- Clima
  - Adaptación de nuevas variedades
- Suelo
  - Manejo del suelo (compactación)
  - Salinidad
- Agua
  - Calidad y disponibilidad del agua

### De mercado y organización:

- Necesidad de información económica suficiente (cantidad y calidad)
- Desarrollo de nuevos mercados internacionales (China y Comunidad Europea)
- Mayor penetración del mercado nacional
- Fortalecer relación entre los productores (organización)

## Conclusiones

La producción de nuez [*Carya illinoensis* (Wangenh.) C. Koch] en México, ha sido altamente redituable para los productores, por su excelente calidad de almendra que la ubica como una de las mejores del mundo, y la buena adaptación del cultivo a los suelos y clima donde se produce. Las soluciones se avizoran con la introducción de nuevas tecnologías que se están implementando, como son la incorporación de Buenas

Prácticas Agrícolas (BPA) y Buenas Prácticas de Manejo (BPM), sistemas de manejo integrado del cultivo, nuevos agroquímicos de acción específica y de baja contaminación, la búsqueda de nuevas variedades con ventajas competitivas sobre las actuales (Western Schley y Wichita), la búsqueda de portainjertos que reduzcan el porte de los árboles, así como productos que nos permitan alcanzar mayor productividad, rentabilidad, competitividad. Como sistema de cultivo, es necesario contar con información económica que facilite el que los productores aborden la producción de nuez como una empresa, así como también fortalecer la organización entre los nogaleros para que incrementen las ventas a nivel nacional y se puedan desarrollar mercados alternativos tales como China y la Comunidad Europea.

## Literatura citada

BRISON, F. R. 1974. Pecan Culture. Capital Printing. Austin Tx.  
DIRECCIÓN GENERAL DE INOCUIDAD AGROALIMENTARIA, ACUÍCOLA Y PESQUERA. 2006. Protocolo voluntario para la implementación de buenas prácticas agrícolas y buenas prácticas de manejo en los procesos de producción, cosecha y empaqueo de nuez pecanera. Versión 1.0. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México. 19 p.  
FIDEICOMISOS INSTITUIDOS EN RELACIÓN A LA AGRICULTURA (FIRA). 2002. «Nuez, Análisis de su rentabilidad», Estudio de Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ACERCA). Arturo Puente González- Consultor.  
FIDEICOMISOS INSTITUIDOS EN RELACIÓN A LA AGRICULTURA (FIRA). 2005. «Diagnóstico de la Red Nuez en el Estado de Chihuahua», Residencia Estatal Chihuahua, México.

HERRERA E.A. 2004. MANEJO DE HUERTAS DE NOGAL. 239-246.  
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI). 2007. Anuario Estadístico del Estado de Chihuahua.  
LAGARDA M. A. 2005. Evolución de la tecnología de manejo para producción de nogal pecanero. SOMECH. Memorias Congreso 2005. Chihuahua.  
LAGARDA M. A. 2007. Plantaciones de alta densidad en nogal pecanero. III Jornada Nacional y I Congreso internacional sobre el cultivo del pecan. Buenos Aires, Argentina.  
LEY FEDERAL DE SANIDAD VEGETAL. 2007. Diario Oficial de la Federación, 05/01/1994 y 26/07/2007. México.  
NÚÑEZ, M.J., G.B. Valdez, D.G. Martínez, y C.E. Valenzuela. 2001. El Nogal Pecanero en Sonora. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto Técnico No. 3. ISSN-1405-597X. México. 209 p.  
OJEDA D.L. y L.C. Velo 1999. Futuro de la Nuez en el Estado de Chihuahua. Tercer día del nogalero. Memorias. Cd. Delicias, Chihuahua, México. p 51-56.  
OJEDA D. L., A. Reyes, H. Ramírez, A. Lagarda, F. J. Chávez, J. X. Uvalle, R. M. Rivero y L. Romero. 2003. Uso eficiente de la fertilización nitrogenada en el cultivo del nogal pecanero. *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch. ISBN :8489720983  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (SAGARPA). 2007. Avances de siembras y cosechas 2006, Chihuahua. <www.sagarpa.gob.mx>.  
SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA (SIAP). 2009. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola 2008. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México.  
<http://www.siap.gob.mx/ventana.php?idLiga=1148&tipo=1>  
TARANGO, H. 2004. Manejo del nogal pecanero con base en su fenología. Centro de Investigación Norte-Centro. Campo Experimental Delicias. Folleto Técnico no. 17. Mexico, 35 p.  
TARANGO R. S. H., G. V. Nevárez-Moorillón, E. Orrantia-Borunda. 2009. Growth, yield, and nutrient status of pecans fertilized with biosolids and inoculated with rizosphere fungi. *Bioresource Technology* 100(6): p 1992-1998. ①

Este artículo es citado así:

Ojeda-Barrios D. L., O. A. Hernández-Rodríguez, G. R. López-Ochoa y J. J. Martínez-Téllez. 2009: *Evolución de los sistemas de producción de nuez en México. TECNOCENCIA Chihuahua* 3(3): 115-120.

## Resúmenes curriculares de autor y coautores

DÁMARIS LEOPOLDINA OJEDA-BARRIOS. Maestra-investigadora de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Obtuvo su Doctorado y Maestría en la Universidad Autónoma Agraria «Antonio Narro», su Licenciatura en la Universidad Autónoma de Chihuahua. Actualmente conduce investigaciones sobre desórdenes nutricionales en frutales caducifolios. Imparte los cursos de Nutrición Vegetal, Fisiología Vegetal y Anatomía Vegetal. Asesora de estudiantes de posgrado y licenciatura. Es responsable del área de Fisiología y Nutrición Vegetal con énfasis en Frutales Caducifolios en los cultivos de manzano y nogal pecanero en el Laboratorio de Bioquímica Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas-UACH.

OFELIA ADRIANA HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ. Maestra-investigadora de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Cursó la licenciatura en la Facultad de Fruticultura de la Universidad Autónoma de Chihuahua, otorgándosele en 1985 el título de Ingeniero Fruticultor. Realizó estudios de posgrado en la misma Facultad, obteniendo en el año de 1994 el grado de Maestro en Ciencias de la Productividad Frutícola. Posee el Doctorado in Philosophia, con Área Mayor en Manejo de Recursos Naturales, grado conferido en 2008 por la Facultad de Zootecnia de la UACH. Se desempeña como Maestra de Tiempo Completo en la UACH desde 1986. Ha sido responsable de varios proyectos de investigación en proceso y concluidos a nivel licenciatura. Ha participado como ponente en congresos científicos nacionales e internacionales y en publicaciones de artículos científicos y de divulgación como autora y coautora.

GUSTAVO ROGELIO LÓPEZ-OCHOA. Ingeniero Industrial en Producción titulado por el Instituto Tecnológico de Chihuahua en 1990, con Maestría en Administración por la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Trabajó por más de diez años en el Departamento de Análisis e Integración de Tecnologías de la Dirección de Investigación y Posgrado de la UACH. Actualmente es profesor en la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la UACH. Su área de interés es la gestión de la tecnología.

JAIME JAVIER MARTÍNEZ-TÉLLEZ. Profesor Investigador de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Los estudios de licenciatura los llevó a cabo en la Universidad Autónoma de Chihuahua, la maestría y doctorado los realizó en la Université de Bordeaux II Francia. Asesor de estudiantes de posgrado y licenciatura. Actualmente lleva a cabo proyectos de investigación en patología en diferentes cultivos con énfasis en agricultura orgánica.

# Cambio en el uso de suelo en la cuenca del río Sextín

## Land use changes in Sextin river watershed

RAMÓN TRUCÍOS-CACIANO<sup>1,3</sup>, ALDO SAÚL MOJICA-GUERRERO<sup>2</sup>, LUIS MANUEL VALENZUELA-NÚÑEZ<sup>1</sup> Y JOSÉ LUIS GONZÁLEZ-BARRIOS<sup>1</sup>

*Recibido: Abril 02, 2009*

*Aceptado: Septiembre 15, 2009*

### Resumen

El deterioro de los recursos naturales, en la mayoría de los casos ha sido producto de una falta de planeación, que afecta la toma de decisiones relacionadas con el cambio de uso de suelo. Existen modelos que además de estimar la superficie de cambio temporal de la vegetación y el tipo de uso de suelo, definen también si dicho cambio es favorable para la vegetación, como apoyo a la planeación sustentable de los recursos naturales. Este estudio mostró que en el periodo de 1976 a 1993 para la cuenca del río Sextín, ubicado en el estado de Durango, México, el cambio de uso de suelo tuvo un impacto negativo sobre las coberturas de bosque de pino y pastizal natural, disminuyendo para la primera de ellas 4,209 ha (247.67 año<sup>-1</sup>) y en el segundo caso 2,325 ha (136.8 ha año<sup>-1</sup>). Se presentó un crecimiento en coberturas como chaparral y bosque bajo abierto con 3,085 y 3,038 ha. El modelo sobre deforestación aplicado, diferencia las prácticas favorables dentro de los cambios de uso de suelo, es decir, realiza el cálculo de cambio de superficies con cobertura arbórea hacia cualquier categoría de cobertura antropogénica, en dicho análisis se determinó una variación de 20,509 ha a favor de la vegetación, expresado como cambios que no provocan alteración en la vegetación como sucesión o regeneración.

**Palabras clave:** dinámica de cambio, modelo sobre deforestación.

### Abstract

Natural resources wear, has been mostly the product of a lack of planning. This affects decision making related to land use change. There are also models that estimate the temporal change of surface vegetation and land use type, also defines if this change is favorable for the vegetation to support the planning of natural resources. This study showed that in the period 1976 to 1994, in the Sextin river area, located in the state of Durango, Mexico, that land use change had a negative impact over pine forest coverage and natural grassland, decreasing 4209 and 2325 ha (rates of 136.8 and 247.67 ha year<sup>-1</sup>) respectively. On the other hand, presents an increase in chaparral and open forest coverage, with 3085 and 3038 ha. Applied a deforestation model, which difference favorable changes practices in land use change, were identified 20,509 ha of change pro vegetation, as changes that do not cause damage in vegetation as succession or regeneration.

**Keywords:** land use change, deforestation model.

### Introducción

Las prácticas inadecuadas de manejo de recursos naturales relacionadas con las actividades humanas en los diferentes ecosistemas, han ocasionado graves problemas de deterioro del ambiente. Dicho deterioro se manifiesta no sólo en degradación de suelos, erosión, pérdida de vegetación y reducción de hábitat de fauna silvestre, sino también en la magnitud del impacto debido al rápido avance de la frontera agrícola, ganadera y urbana, que pone en serio

<sup>1</sup> Investigador del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua - Suelo - Planta - Atmósfera, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Km 6.5 Margen Derecha Canal Sacramento. Ejido Las Huertas. Gómez Palacio, Dgo. C. P. 35140 Tel. (871)1590104, 05 y 07.

<sup>2</sup> Investigador del Campo Experimental Delicias, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias km. 2 carretera Delicias-Rosales, Col. Centro, Cd. Delicias C.P. 33000, Delicias, Chihuahua.

<sup>3</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: trucios.ramon@inifap.gob.mx

peligro el mantenimiento de ecosistemas complejos, es decir, aquellos que son formados por un extenso número, no sólo de especies sino de familias taxonómicas (Koning *et al.*, 1998).

El cambio de uso de suelo en México ha experimentado diferencias sustanciales en periodos cortos de tiempo (1993-2000), el bosque desapareció a una tasa de 0.79 % equivalente a 2,672 km<sup>2</sup> al año; las selvas 1.58 % y los matorrales 0.48 %. La ganadería es el principal factor de deterioro, con un incremento en la superficie de pastizales en 57,000 km<sup>2</sup> equivalente a tasa de 4.07 % (SEMARNAT, 2003). Los cambios de estructuras de pastizales a bosques, modifica el acceso del agua a los cauces, al disminuir el abastecimiento de depósitos subterráneos e incrementar las aportaciones en la superficie del terreno (GRUPO TRAGSA y Ministerio del Medio Ambiente, 1998; Viramontes y Decroix, 2001).

Las condiciones climáticas y edafológicas regulan las condiciones hidrológicas y cobertura vegetal de una región, por tal motivo, los cambios de uso de suelo inducidos por el hombre, a través del sobrepastoreo y explotación forestal, están relacionados en la formación de escurrimientos (Trucíos, 2005). Diferentes estudios (Decroix *et al.*, 2004; Viramontes y Decroix, 2001) han mostrado la importancia de la Sierra Madre Occidental como productora de agua (volumen de escurrimiento) con un alto impacto en las cadenas de producción ganadera y forestal. Sin embargo, el estado de degradación debido al sobrepastoreo (capacidad de carga animal mayor al 65 %) y la deforestación (tasas anuales estimadas de 1.07 % equivalentes a 631,000 ha año<sup>-1</sup>) es grave (SEMARNAT, 2003). El riesgo de desequilibrio del balance hidrológico debido al uso desmesurado del medio, y sus consecuencias a nivel regional y nacional representan un serio problema (40 % menos aporte de agua en 1990 respecto a 1950 en las cuencas de México) (Decroix *et al.*, 2004).

Los sistemas de información geográfica (SIG) son herramientas para manejar información de utilidad en la toma de decisiones sobre el uso de recursos. El uso de SIG's proporcionan un medio para generar, almacenar, analizar y visualizar datos espacialmente distribuidos, lo cual los hace una herramienta idónea para la generación de parámetros de entrada de modelos hidrológicos, por lo que es posible analizar y simular diversos procesos que ayudan a interpretar el origen y dinámica de los espacios naturales (Martínez y Moreno, 2003).

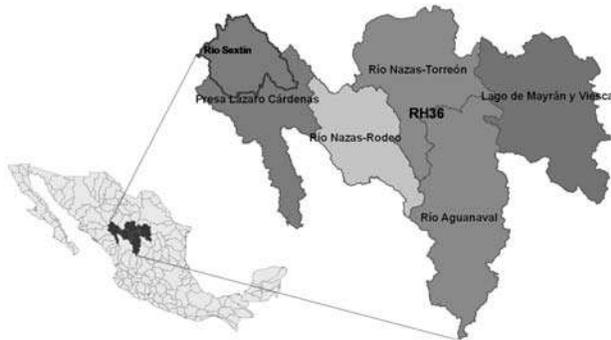
El objetivo principal de este estudio fue analizar la dinámica del cambio de vegetación en la cuenca del río Sextín para el periodo de 1976 a 1993, identificando las prácticas de manejo que causan pérdida de vegetación forestal, aplicando un modelo de deforestación desarrollado por el Instituto de Geografía de la UNAM.

## Materiales y métodos

La cuenca del río Sextín se encuentra dentro de la cuenca de la presa Lázaro Cárdenas en el estado de Durango, en la parte alta de la Región Hidrológica No. 36 (Figura 1). El río Sextín tiene su origen en la Sierra Madre Occidental, y su parteaguas principal se encuentra en elevaciones que varían entre los 2,258 msnm y 3,315 msnm. Se ubica entre los paralelos 25° 34' y 26° 30' de latitud norte y los meridianos 104° 57' y 106° 20' de longitud oeste. El área de cuenca, desde su origen hasta la confluencia con el río Ramos, en el vaso de la presa Lázaro Cárdenas, es de 8,246 km<sup>2</sup> y una longitud de 245 km (SRH, 1970).

El territorio comprendido por la cuenca presenta diversos tipos de clima, de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García. En la parte oeste predominan los templados subhúmedos (C(w1) y C(w0)) hasta los semifríos (Cb'(w2)x') en las partes altas, extendiéndose de norte a sur, una franja de climas templados. Al noroeste y sureste se presentan climas semisecos templados (BS1kw) y semiseco semicálido (BS1hw) (CONABIO, 1998).

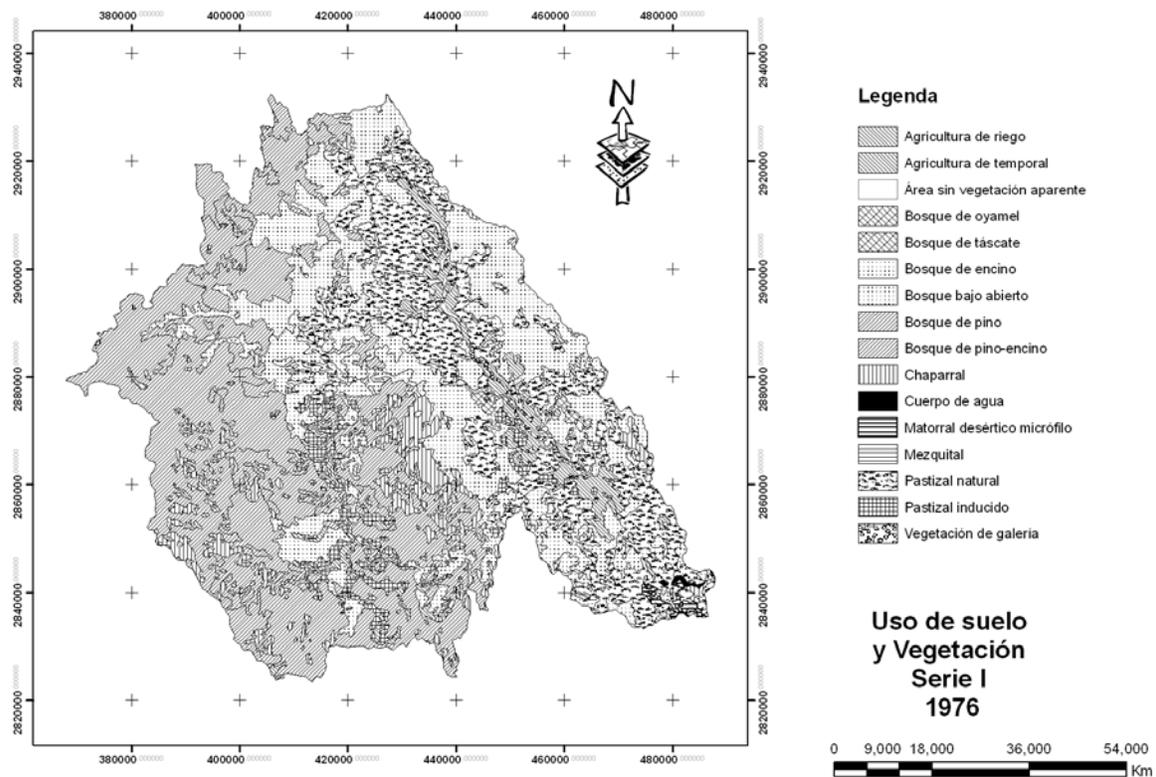
**Figura 1.** Localización de la cuenca del río Sextín dentro de la cuenca de la presa Lázaro Cárdenas en el contexto de la República Mexicana.



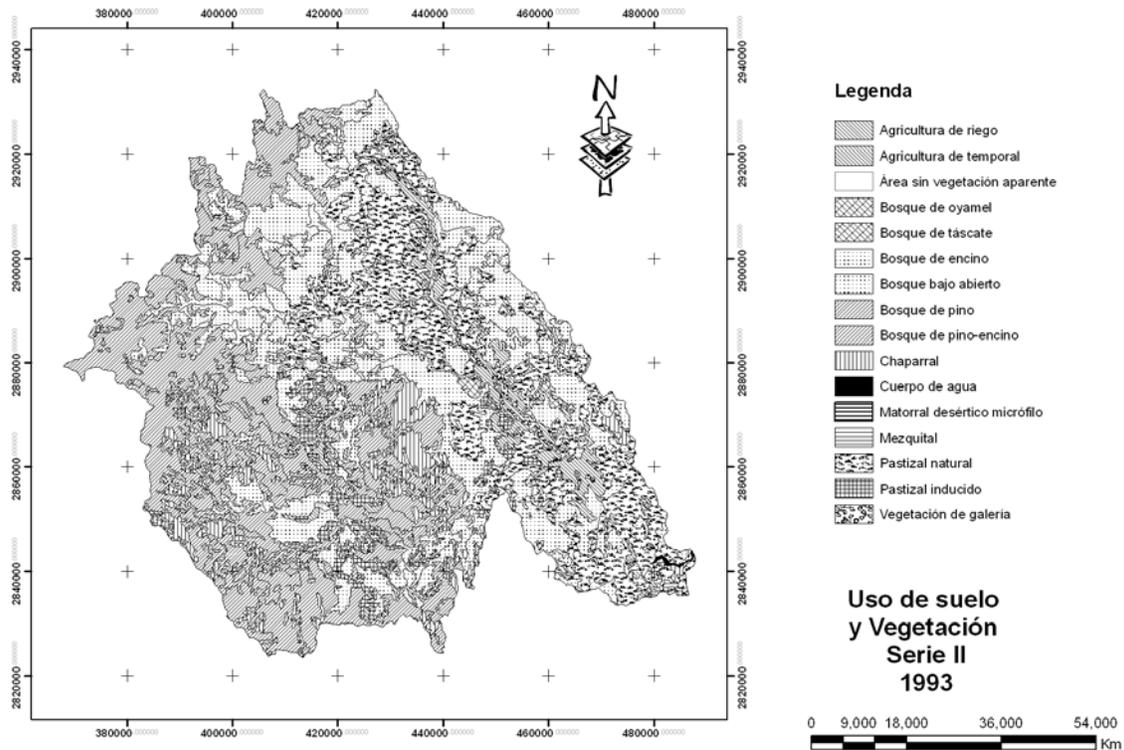
La información referente a uso de suelo y vegetación se obtuvo de las cartas editadas por INEGI (1987) escala 1:250,000. En ellas se indica la distribución de la vegetación natural o inducida por diferentes actividades humanas; dicha vegetación se clasifica de acuerdo con los tipos fisonómicos, que establecen las características más sobresalientes de la forma, tamaño y ubicación ecológica.

A continuación se muestran los tipos de vegetación presentes en el área de estudio para la Serie I de 1976 y la Serie II de 1993 (Figura 2 y 3 respectivamente):

**Figura 2.** Distribución del uso de suelo y vegetación Serie I (1976) en la cuenca del río Sextín.



**Figura 3.** Distribución del uso de suelo y vegetación Serie II (1993) de la cuenca del río Sextín.



Para determinar los cambios de uso del suelo, se compararon las dos series de vegetación con tiempos de separación de 17 años. Para la tasa de cambio de vegetación se utilizó la ecuación generada por FAO (1996) citado por Velásquez *et al.* (2002) y utilizada para cálculos de deforestación que expresa el cambio en porcentaje de superficie para cada año dentro del periodo de estudio.

$$t = \left( \frac{S_2}{S_1} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \dots \dots \dots (1)$$

Donde:  $t$  = la tasa de cambio (para expresar en % hay que multiplicar por 100);  $S_1$  = superficie en la fecha 1;  $S_2$  = superficie en la fecha 2;  $n$  = número de años entre las fechas.

Para calcular y expresar la tasa de cambio de un periodo conforme a su pendiente para el tipo de vegetación se utilizó la siguiente fórmula,

generada por el Instituto de Geografía de la UNAM (c):

$$e = \frac{(S_{x_2} - S_{x_1})}{P_{x_1} \cdot P_{x_2} \dots \dots \dots (2)}$$

Donde:  $e$  = estimación de tasa de cambio;  $S$  = superficie del tipo de vegetación;  $p$  = periodo transcurrido en años;  $x_1$  = fecha 1 (Serie I);  $x_2$  = fecha 2 (Serie II)

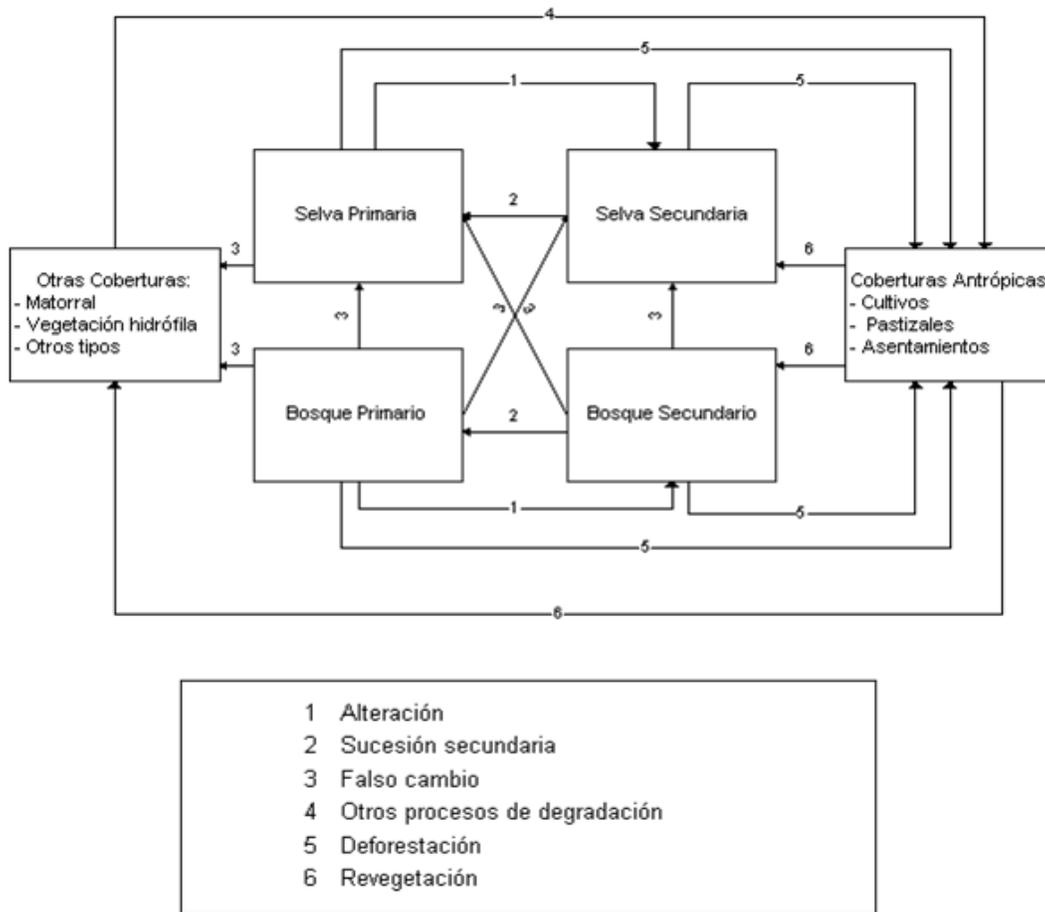
Una vez obtenida la estimación, se construyeron las ecuaciones que describen el comportamiento probable de cada tipo de vegetación con base a su tendencia y la superficie en cualquier fecha futura. La ecuación generada por el Instituto de Geografía de la UNAM (Velásquez *et al.*, 2002) se presenta a continuación.

$$S = e * p + S_{t2} \dots \dots \dots (3)$$

Donde: e = tasa de cambio de un periodo expresada en su pendiente; p = periodo transcurrido en años;  $S_{t2}$  = superficie del tipo de vegetación en el año inicial del estudio; S = superficie estimada en el periodo de estudio.

El modelo utilizado fue generado con base en las coberturas dominadas por formas de vida arbórea (bosques y selvas), las que se agregaron, y su dinámica de cambio se describió en dicho modelo. En este, se enfatiza la probabilidad de cambio de cualquiera de estas categorías hacia las cubiertas antropogénicas (Figura 4).

**Figura 4.** Modelo de procesos de deforestación con las categorías que resaltan las pérdidas y ganancias de las formas de vida arbórea (bosques y selvas), expresado en porcentaje de cambio. Fuente: Velásquez *et al.*, 2002.



## Resultados y discusión

El Cuadro 1 presenta el cambio del tipo de vegetación como resultado de la comparación de la Serie I (1976) y la Serie II (1993) de INEGI, basados en la ecuación (1) utilizada por FAO (1996) para cálculos de deforestación, la cual expresa el cambio en porcentaje de superficie para cada año dentro del periodo de estudio.

En general, se muestra la superficie y el porcentaje respecto al área total de la cuenca, así como también la superficie que se modificó entre estas dos fechas y su correspondiente porcentaje de cambio, estos datos tomaron valores positivos o negativos de acuerdo a si fue un incremento en superficie o una disminución de la misma, y finalmente la tasa de cambio representó el porcentaje que se modificó en cada tipo de vegetación con relación al año anterior; por ejemplo, el área sin vegetación aparente se incrementó anualmente 0.74 %. También se puede observar cuales fueron las coberturas vegetales que mostraron un incremento o una disminución de superficie mayor, tal es el caso del pastizal natural, bosque bajo abierto y

bosque de pinos; sin embargo, este cambio no se aprecia en el porcentaje de superficie ni en la tasa de cambio, debido a que dichas coberturas son las de mayor extensión superficial en el área de estudio; en contraste, la superficie de chaparral (aproximadamente 5 % del área de estudio) tiene una tasa de deforestación cercana al 1 % anual. Es importante destacar la pérdida del mezquital y el incremento de las áreas sin vegetación aparente, tipo de cubierta que induce a un incremento en la intensidad del escurrimiento con un mayor arrastre de partículas.

En el Cuadro 2 se muestra la modificación que se presentó en las superficies de cada una de las categorías de tipo de vegetación, lo cual ayudó a definir la superficie de vegetación modificada, y determinar hacia que tipo de vegetación fue dicho cambio. Para determinar el incremento o disminución ocurrido en la vegetación de 1976, en comparación con la misma cobertura de 1993, la vegetación base fue la Serie I (1976) asociada a su modificación con la Serie II (1993), como se muestra en el Cuadro 2.

**Cuadro 1.** Cambio de vegetación y tasa de cambio entre Serie I (1976) y Serie II (1993) de INEGI.

Tipo de Vegetación	Serie I ha	%	Serie II ha	%	Cambio ha	Cambio %	Tasa de cambio %
Área sin vegetación aparente (asva)	1,099.41	0.22	1,248.21	0.25	148.81	0.03	0.74
Cuerpos de agua (ca)	0.00	0.00	9.75	0.00	9.75	0.00	100.00
Vegetación de galería (vg)	588.50	0.12	667.00	0.13	78.50	0.01	0.73
Bosque de coníferas distintas a pino (bcdp)	429.05	0.09	436.31	0.09	7.26	0.00	0.10
Pastizal inducido (pi)	19,346.25	3.89	19,501.79	3.92	155.54	0.03	0.05
Pastizal natural (pn)	58,094.51	11.68	55,768.96	11.21	-2,325.55	-0.47	-0.24
Mezquital (mezq)	28.26	0.01	0.00	0.00	-28.25	-0.01	-100
Chaparral (ch)	21,076.18	4.24	24,161.60	4.86	3,085.42	0.62	0.80
Bosque bajo abierto (bba)	86,943.92	17.48	89,982.45	18.09	3,038.52	0.61	0.20
Bosque de Pinos (bp)	106,916.03	21.50	102,706.12	20.65	-4,209.91	-0.85	-0.24
Bosque de encinos (be)	38,760.72	7.79	38,709.20	7.78	-51.51	-0.01	-0.01
Bosque de Pino-encino (bpe)	143,264.09	28.81	143,205.84	28.79	-58.25	-0.02	0.00
Temporal (at)	19,549.69	3.93	19,640.90	3.95	91.21	0.02	0.03
Riego (ar)	1,234.01	0.25	1,292.48	0.26	58.47	0.01	0.27
Superficie Total	497,330.61	100.00	497,330.61	100.00			

**Cuadro 2.** Cambio de vegetación entre Serie I (1976) y Serie II (1993) de INEGI por categorías de vegetación (ha).

		Vegetación 1993 (ha)												
		ar	asva	at	bba	bcdp	be	bp	bpe	ca	ch	pi	pn	vg
Vegetación 1976 (ha)	ar	1,051.34	27.70	75.55	5.99	X	X	x	x	X	x	36.97	24.18	12.29
	asva	2.29	999.87	55.55	x	X	X	x	x	X	x	x	41.70	0.00
	at	141.21	135.80	15,495.22	411.98	X	X	432.37	1831.00	7.15	87.96	840.11	33.58	133.31
	bba	10.76	X	513.45	82839.91	X	282.17	147.20	1512.37	X	38.63	554.15	1035.81	9.50
	bcdp	x	X	X	x	420.38	X	6.09	2.58	X	x	x	x	X
	be	x	X	82.13	161.58	X	37243.42	131.79	444.76	X	36.14	65.70	595.19	X
	bp	x	X	1544.42	134.34	15.92	134.91	99184.49	2456.36	X	2826.21	618.14	1.24	X
	bpe	x	X	860.17	3787.87	X	383.39	1870.37	132309.24	2.60	2743.22	1289.19	18.04	X
	mezq	x	X	X	0.10	X	X	x	x	0.00	x	28.16	x	X
	ch	x	X	251.20	22.76	X	3.37	444.75	1924.66	X	18429.45	x	x	X
	pi	9.87	X	484.62	803.92	X	X	482.33	1407.05	X	x	16151.03	7.44	X
	pn	57.78	81.87	535.77	1809.31	X	564.15	6.74	1317.80	X	x	0.13	53693.41	27.54
	vg	19.19	2.93	58.94	4.70	X	X	x	x	X	x	x	18.38	484.36

Área sin vegetación aparente (asva)

Cuerpos de agua (ca)

Vegetación de galería (vg)

Bosque de coníferas distintas a pino (bcdp)

Pastizal inducido (pi)

Pastizal natural (pn)

Mezquital (mezq)

Chaparral (ch)

Bosque bajo abierto (bba)

Bosque de pinos (bp)

Bosque de encinos (be)

Bosque de pino-encino (bpe)

Agricultura de temporal (at)

Agricultura de riego (ar)

Se puede observar que las áreas donde convergen categorías de Serie I y Serie II con el mismo nombre representan aquellas superficies que no se modificaron en tipo de vegetación en el periodo de estudio. De esta forma, de acuerdo a la información del Cuadro 2, el incremento de superficie de chaparral fue producto del cambio de superficie ocupada por agricultura de temporal (87.96 ha), bosque bajo abierto (554.15 ha), bosque de encino (36.14 ha), bosque de pino (2,826.21 ha) y bosque de pino-encino (2743.22 ha). Lo anterior obedece, en el caso de áreas de agricultura de temporal, a recuperación de superficie por parte de la vegetación arbustiva que invade los terrenos de cultivo abandonados, sin embargo, en el caso de los bosques que cambiaron hacia vegetación de chaparral o bosque bajo abierto, se considera que estos cambios pueden ser debido a fenómenos como incendios o incluso el hábito de aprovechamiento de vegetación, principalmente de encinos, por parte de la población local, de manera similar a lo encontrado por Márquez *et al.* (2005) en análisis realizado en la microcuenca denominada Arroyo

«El Carpintero», cercana a la ciudad de Durango. Del mismo modo se observa una disminución en la superficie de Bosque de pinos, principalmente por el incremento de áreas agrícolas y el cambio de dominancia de pino a pino-encino, lo cual se observa a nivel nacional de acuerdo al Informe de la Situación del Medio Ambiente en México (SEMARNAT, 2009). Asimismo, se presentó una disminución de pastizal en donde se observa que también obedece tanto a recuperación de vegetación boscosa como a modificación hacia áreas de cultivo de igual forma observado a nivel nacional en el período comprendido entre 1993 y 2002, misma tendencia en el caso de bosques a nivel nacional (SEMARNAT, 2009).

De acuerdo a las modificaciones presentadas en la comparación entre la Serie I y Serie II, se determinaron las categorías de los mismos de acuerdo al modelo de cambio por procesos de deforestación generado por el Instituto de Geografía de la UNAM (Velásquez *et al.*, 2002) obteniéndose la siguiente matriz de cambios (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Cambio de vegetación según el modelo de estimación del proceso de deforestación entre Serie I (1976) y Serie II (1993) de INEGI por categorías de vegetación.

		1993 ha												
		ar	asva	at	bba	bcdp	be	bp	bpe	ca	ch	pi	pn	vg
Vegetación 1976 (ha)	ar	X	1	0	6	X	X	X	X	X	X	0	0	6
	asva	1	X	1	X	X	X	X	X	X	X	X	6	6
	at	0	1	X	6	X	X	6	6	1	6	0	0	6
	bba	5	X	5	X	X	2	2	2	X	1	5	5	3
	bcdp	X	X	X	X	X	X	3	3	X	X	X	X	X
	be	X	X	5	1	X	X	3	1	X	1	5	5	X
	bp	X	X	5	1	3	3	X	1	X	1	5	5	X
	bpe	X	X	5	1	X	2	2	X	1	1	5	5	X
	mezq	X	X	X	3	X	X	X	X	X	X	4	X	X
	ch	X	X	5	2	X	2	2	2	X	X	X	X	X
	pi	0	X	0	6	X	X	6	6	X	X	X		X
	pn	0	1	0	6	X	6	6	6	X	X	0	X	0
	vg	4	5	4	3	X	X	X	X	X	X	X	4	X

1=Alteración  
 2=Sucesión secundaria  
 3=Falso cambio

4=Otros procesos de degradación  
 5=Deforestación  
 6=Regeneración

- |   |                        |                             |                              |
|---|------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Área sin vegetación aparente (asva)         | Pastizal inducido (pi) | Bosque bajo abierto (bba)   | Agricultura de Temporal (at) |
| Cuerpos de agua (ca)                        | Pastizal natural (pn)  | Bosque de Pinos (bp)        | Agricultura de Riego (ar)    |
| Vegetación de galería (vg)                  | Mezquiteal (mezq)      | Bosque de encinos (be)      |                              |
| Bosque de coníferas distintas a pino (bcdp) | Chaparral (ch)         | Bosque de Pino-encino (bpe) |                              |

Este análisis está dirigido a diferenciar los cambios de vegetación provocados por actividades humanas hacia las coberturas vegetales existentes, se pueden considerar cambios favorables los correspondientes a las categorías 2 y 6, y cambios desfavorables en las categorías 1, 4 y 5. Si se concentran las superficies resulta mayor la correspondiente a cambios desfavorables con 20,509.26 ha respecto a 15,938.94 ha de cambios favorables hacia la vegetación. Se debe tomar en cuenta además que los cambios desfavorables, en su mayoría son procesos de alteración y deforestación, es decir, no son procesos reversibles a corto o mediano plazo y que tienden a la degradación del medio ambiente.

La categoría falso cambio enmarca errores en la asignación de categorías de la Serie II o en la digitalización de la Serie I con 305.59 ha y finalmente este análisis agregó la categoría cero para considerar en ella a las coberturas vegetales que se modificarán dentro de la misma actividad como es el caso de las actividades humanas (ejemplo: cambio de agricultura de

riego a agricultura de temporal) con 2,274.75 ha.

## Conclusiones

Las coberturas vegetales con mayor cambio correspondieron a bosque de pino y pastizal natural con un decremento estimado de 247.67 y 136.8 ha año<sup>-1</sup> respectivamente, mientras que las coberturas que crecieron fueron chaparral y bosque bajo abierto con un incremento estimado de 181.50 y 178.74 ha año<sup>-1</sup>.

Es evidente la aparición de cuerpos de agua para la Serie II (1993) con 9.75 ha, la desaparición de 28.26 ha de cobertura con predominancia de mezquite y el incremento de áreas sin vegetación aparente.

De acuerdo al modelo utilizado, la deforestación representó el factor que influyó en los cambios de vegetación en la cuenca del río Sextín y se atribuyen las prácticas de deforestación a los usos de suelo de actividades antrópicas (agricultura, ganadería, aprovechamientos para leña).

## Literatura citada

- DESCROIX L.; M. Esteves; D. Viramontes; C. Duwig y J. M. Lapetite. 2004. Agua y espacio en valle de Bravo: la lucha por el agua. In: La Sierra Madre Occidental, una Fuente de Agua Amenazada. INIFAP –IRD. Gómez Palacio, Durango, México. p 273 – 284.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). 1996. Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of chain processes. Nr. 130. Rome, Italy. 152 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI). 1987. Carta de uso de suelo y vegetación: G13-4, G13-5, G13-7 y G13-8. Escala 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- KONING H.J., A. Vekdkamo, P. H. Verbulg and A. R. Beergsma. 1998. CLUE: A tool for spatially explicit and scale sensitive exploration of land use changes. In: Modelling Global Change Impacts on Tropical Landscapes and Biodiversity. Bogor, Indonesia. p 29-40.
- MARQUEZ M.A., E. J. Treviño y E. Jurado. 1995. Reemplazo de áreas arboladas por chaparrales y comunidades herbáceas en el período 1970-2000 en una microcuenca de Durango, México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. 58(1): p 54-65.
- MARTÍNEZ J. G. y F. Moreno. 2003. Sistema de información geográfica de las cuencas de los ríos Nazas y Aguanaval como herramienta en la modelación de procesos hidrológicos. In: Memoria del Simposio Binacional de Modelaje y Sensores Remotos México – USA. Junio 3-4. Aguascalientes, Ags. p: 90-97.
- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT). 2003. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, 2002: Compendio de Estadísticas Nacionales. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. D.F. 275 p.
- COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD (CONABIO). (1998). «Climas (Clasificación de Köppen, modificado por García)». Escala 1:1 000 000. México.
- SECRETARÍA DE RECURSOS HIDRÁULICOS (SRH). 1970. Secretaría de Recursos Hidráulicos. Boletín Hidrológico Num. 35. Región Hidrológica Num. 36. Zona de los ríos Nazas y Aguanaval. Tomo I. (s.p.).
- GRUPO TRAGSA Y MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 1998. Restauración Hidrológico Forestal de Cuencas y Control de la Erosión. Ingeniería Medioambiental. Ediciones Mundi-Prensa. 2ª Edición. 945 p.
- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT). 2009. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. México D.F. Edición 2008. 358 p.
- TRUCÍOS R.; J.G. Martínez y I. Sánchez. 2005. Efecto del cambio temporal de la vegetación sobre la producción de agua en la cuenca del río Sextín. Tesis de Maestría. URUZA-UACH. 138 p.
- VELÁSQUEZ A., J. F. Mas y J. L. Palacio. 2002. Análisis del cambio de uso de suelo. Convenio INE-IGG (UNAM). Instituto de Geografía, UNAM. México. 80 p.
- VIRAMONTES D. y L. Decroix. 2001. Consecuencias hidrológicas de la sobreutilización del medio en la alta cuenca del río Nazas. In: XI Congreso Nacional de Irrigación Simposio 5. Manejo Integral de Cuencas. Septiembre 19-21 Guanajuato, Guanajuato, México. p 23-29. 

Este artículo es citado así:

Trucíos-Caciano R., A. S. Mojica-Guerrero, L. M. Valenzuela-Núñez y J. L. González-Barríos. 2009: *Cambio en el uso de suelo en la cuenca del río Sextín*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 3(3): 121-130.

## Resúmenes curriculares de autor y coautores

**RAMÓN TRUCÍOS CACIANO.** Terminó la licenciatura en el 2000, titulándose como Ingeniero agrónomo con especialidad en zonas áridas en la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo (URUZA-UACH). Realizó su posgrado en Recursos Naturales y medio Ambiente en la URUZA-UACH de 2002-2004. Laboró como asistente de investigación en el Centro Nacional de Investigación Disciplinario en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (CENID-RASPA INIFAP) de 2005 a 2008 y labora como investigador en el mismo Centro de Investigación desde mayo de 2008 como Investigador Asociado C. Su área de desempeño es el manejo de recursos naturales a través de herramientas como Sistemas de Información Geográfica y ha trabajado con modelos hidrológicos y de transporte de nutrientes en el suelo (SWAT, LEACHM, NLEAP). Ha codirigido una tesis de Maestría y asesorado dos tesis de licenciatura. Actualmente se encuentra colaborando en tres proyectos de servicio determinando factores de vulnerabilidad de recursos hídricos e iniciando la colaboración en un proyecto donde se realizará la caracterización de áreas con potencial de captura de carbono del mezquite.

**ALDO SAÚL MOJICA GUERRERO.** Egresó como Ingeniero Forestal en el año de 2008 de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Juárez el Estado de Durango con la Tesis titulada «Cambio de Uso de Suelo en La Vertiente Sur del Área Natural Protegida Sierra de Lobos, Guanajuato». El mismo año se incorpora como asistente investigador al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Campo Experimental Delicias dentro de la Red de Innovación de Manejo Forestal.

**LUIS MANUEL VALENZUELA NÚÑEZ.** Terminó su licenciatura en 1998, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas Agrícolas de Zonas Áridas Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Realizó su maestría en la misma universidad, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Ciencias Forestales en 2001 y el grado de Docteur en Biologie Vegetale et Forestiere 2006 por la Université Henri Poincaré Nancy 1 en Francia. Desde 2007 labora en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias y posee la categoría de Investigador Titular C. Su área de especialización es la eco fisiología forestal. Ha dirigido una tesis de licenciatura y una de maestría. Es autor de aproximadamente 22 artículos científicos, más de 20 ponencias en congresos, y un capítulo de libros científicos; además ha impartido siete conferencias por invitación y es colaborador de varios proyectos de investigación financiados por fuentes externas.

**JOSÉ LUIS GONZÁLEZ BARRIOS.** Terminó su licenciatura en 1985, año en que le fue otorgado el título de Biólogo con distinción académica por la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Realizó su posgrado en Francia, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Edafología en 1988 por el Instituto Nacional Agronómico de Paris-Grignon (INAP-G) y el Doctorado en Hidrología-Edafología con mención honorífica en 1992 por la Universidad de Montpellier II (USTL). Desde 1993 labora en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de México donde posee la categoría de Investigador Titular C. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2002 (Nivel 1 vigente hasta 2013 en el área I Ciencias de la Tierra). Su área de especialización es la Hidrología y la Edafología de cuencas receptoras de agua y la relación entre sistemas productivos y ecosistemas. Ha sido profesor y asesor en universidades mexicanas y francesas, ha dirigido tesis de licenciatura, maestría y doctorado. Es autor y coautor de aproximadamente 20 artículos en revistas internacionales, 10 capítulos de libro y editor de tres libros científicos; además ha sido responsable y colaborador de proyectos de investigación nacionales e internacionales. Es evaluador acreditado del CONACYT ante sus programas de Fondos mixtos, Fondos sectoriales, Investigación básica, Cooperación bilateral, y Premio ciencia y tecnología e innovación. Es experto evaluador del programa europeo AlBan de la UNESCO y experto en Bioseguridad de la CONABIO, es árbitro de tres revistas científicas de circulación internacional y miembro de ocho asociaciones científicas.

# Evolución del matorral en el sur del Área Natural Protegida Sierra de Lobos, Guanajuato

## Shrubland evolution in the South of the Natural Protected Area Sierra de Lobos, Guanajuato

ALDO SAÚL MOJICA-GUERRERO<sup>1,3</sup>, LUIS MANUEL VALENZUELA NÚÑEZ<sup>2</sup>,  
JOSÉ LUIS GONZÁLEZ BARRIOS<sup>2</sup>, Y RAMÓN TRUCÍOS CACIANO<sup>2</sup>

Recibido: Abril 03, 2009

Aceptado: Agosto 31, 2009

### Resumen

El pastoreo, la agricultura y la quema prescrita son actividades de desarrollo económico que propician un impacto negativo en los recursos naturales, que se manifiesta en la deforestación y la contaminación en el ambiente. Esta situación se refleja como incremento o decremento de superficies con vegetación con el paso del tiempo, y una evaluación de estos cambios puede determinar la magnitud del daño. El objetivo de este estudio fue cuantificar el incremento del matorral en el perímetro sur del Área Natural Protegida (ANP) Sierra de Lobos. La evaluación del cambio de la superficie de suelo cubierta por matorral, se realizó comparando imágenes de 1974 y 2007. La elaboración de mapas se hizo a través del *software* Arc Map 9.2<sup>®</sup>. Los resultados muestran un incremento de un 24.99% a un 53.84% de la superficie cubierta por este tipo de vegetación en el periodo 1974 a 2007. Por otra parte, la superficie de tierras abiertas para agricultura redujeron superficies en un 15.77 %; asimismo, los pastizales y el bosque de encino también disminuyeron en superficie, con un 6 y un 2.5 % respectivamente. Estas disminuciones tuvieron como consecuencia el establecimiento de vegetación secundaria, principalmente en forma de matorral. El incremento de la superficie cubierta con matorral, ha limitado a poblaciones vegetales como el bosque de encino y pastizales, así como áreas agrícolas. Se entiende que parte de este problema fue causado por la apertura y el posterior abandono de tierras de cultivo.

**Palabras clave:** Uso de suelo, vegetación de zonas semiáridas, poblaciones vegetales, tierras postagrícolas, bosque.

### Abstract

Grazing, agriculture and prescribed burning are economic development activities that generate an impact on natural resources; this is manifested by deforestation and environment's pollution. This situation is reflected by a variation on vegetation surfaces over time, and an evaluation of these changes can determinate the total damage. The objective of this study was to quantify the increase of the area covered by bushes on the south perimeter of Natural Protected Area (NPA) Sierra de Lobos (Wolves Woodland). The evaluation of change on the surface covered by bushes was made through a comparison of images of 1974 and 2007. Maps were made with the Arc Map 9.2<sup>®</sup> software. Results show an increase from 24.99% to 53.84% of land area covered by this type of vegetation in the period 1974 to 2007. It was observed that the surface used for agriculture decreased 15.77 %; the grasslands and oaks forest also decreased 6 and 2.5 % respectively. These decreases have resulted in the bush establishment as secondary vegetation. The increase on the surface covered with bushes, has limited other vegetative populations as oak forest and grasslands, and agricultural areas; we understand that part of this problem was caused by the opening and subsequent abandonment of lands used for agriculture.

**Keywords:** Land use, vegetation on semiarid lands, plant populations, abandoned agricultural land, forest.

<sup>1</sup> Investigador del Campo Experimental Delicias, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias km. 2 carretera Delicias-Rosales, Col. Centro, Cd. Delicias C.P. 33000, Delicias, Chihuahua. Tel/Fax (639) 4721974.

<sup>2</sup> Investigador del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua - Suelo - Planta - Atmósfera, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Km 6.5 Margen Derecha Canal Sacramento. Ejido Las Huertas. Gómez Palacio, Dgo. C. P. 35140. Tel/Fax (871) 7191134.

<sup>3</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: mojica.saul@inifap.gob.mx

## Introducción

La denominación de Área Natural Protegida (ANP) es un instrumento para la conservación de la diversidad biológica de espacios naturales que requieren ser preservados o restaurados, con el fin de asegurar la continuidad de los procesos ecológicos, salvaguardar la diversidad genética de las especies existentes, planear y administrar integralmente el cuidado, uso y manejo de sus recursos naturales (Gobierno del Estado de Guanajuato, Periódico Oficial, 2004).

La Sierra de Lobos ha sido identificada para ser integrada dentro de la categoría de Área de Uso Sustentable. Aquí se localizan zonas de desarrollo agropecuario y forestal, flora y fauna silvestre que aún conservan funciones de importancia ecológica (Loa, 1997). La conservación de uso de suelo y la vegetación en esta importante área, es fundamental para evitar numerosos procesos dinámicos, tales como la producción de grandes cantidades de agua que drenan hacia los reservorios de almacenamiento, como la presa El Palote, que beneficia a la región, asimismo, minimizar la deficiencia de los servicios ambientales hidrológicos que presta la Sierra de Lobos. En la parte sur del área de estudio se ha presentado un fenómeno natural de propagación de la vegetación secundaria debido a la disminución de la superficie ocupada por otras comunidades vegetales. Esta situación merma de manera crítica las condiciones del área, y disminuye la calidad de los recursos y servicios que presta. A lo largo del tiempo, la vegetación sufre cambios tanto en su composición florística como en la importancia relativa entre especies, en términos de su abundancia, frecuencia y cobertura. También se dan cambios en forma de fluctuaciones, como consecuencia de variaciones ambientales y climáticas en un determinado periodo de tiempo, causando modificaciones a las poblaciones vegetales (Boccanelli y Lewis, 2006).

La influencia, asociación y correlación de las especies con respecto a los factores físicos, sugieren que el agua es el factor principal en la distribución del matorral de acuerdo con Jurado y Reid (1989). De acuerdo con los estudios realizados en Sierra de Lobos por Terrones *et al.* (2007), el matorral presente en el área se divide en dos tipos: 1) el de tipo espinoso, que

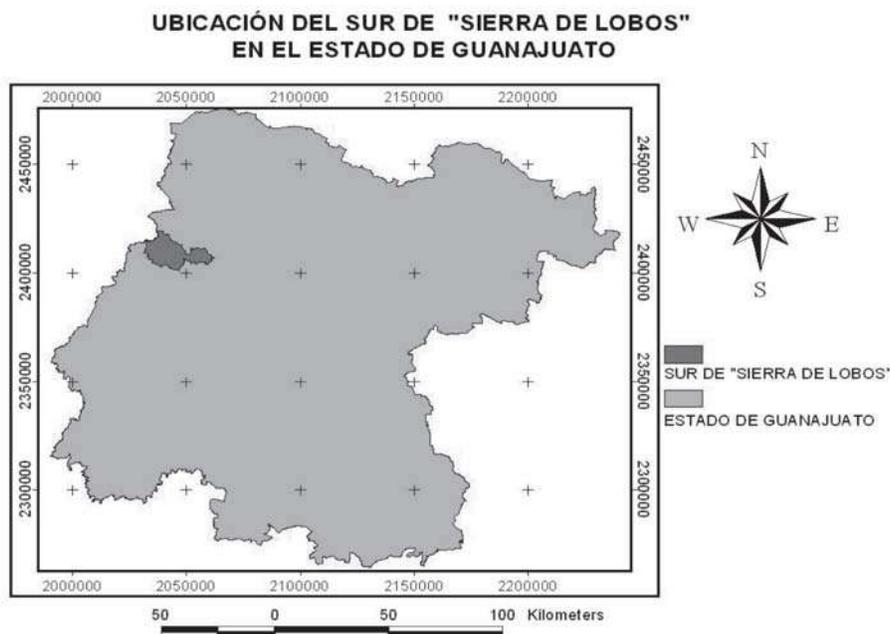
posee una amplia diversidad como consecuencia de la perturbación provocada por el pastoreo y la agricultura, se asocia a terrenos de cultivo y está dominado por especies de Opuntia y Acacias (nopales y huizaches); y 2) el de tipo subinerme, asociado principalmente en los lechos de ecotono con los bosques latifoliados mejor conservados, bajo condiciones de perturbación mínimas, incluyendo especies como la *Forestiera spp.* (lantrisco), *Celtis pallida* (granjeno), *Bursera spp.* (chichote y copalillo) y con alta dominancia por arbustivas como *Montanoa tumontore* (vara blanca) y *Jatropha dioical* (sangregado).

El objetivo de este trabajo fue cuantificar el incremento de la vegetación secundaria y la invasión que presenta el matorral ante otras comunidades vegetales, en el perímetro que cubre la superficie sur del ANP Sierra de Lobos, así como determinar las principales causas que originan la incrustación en áreas no correspondientes al matorral.

## Materiales y métodos

El área de estudio se localiza dentro del territorio del estado de Guanajuato, que forma parte de la cuenca Lerma-Chapala (Figura 1). Sierra de Lobos se localiza entre 21°08'51.94" y 21°30'16.50" de Latitud Norte y entre 101°43'17.40" y 101°17'20.59" de Longitud Oeste. Denominada ANP (Área Natural Protegida) en el año 1997, la zona presenta sierras y lomeríos, y se caracteriza por la presencia de matorral en su vertiente sur. Según lo señalado por la ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato, el propósito de Sierra de Lobos es producir bienes y servicios que respondan a las necesidades económicas, sociales y culturales de esa población (Gobierno del Estado de Guanajuato, Periódico Oficial, 2004).

**Figura 1.** Localización geográfica del área de estudio en el ANP «Sierra de Lobos» en el Estado de Guanajuato.



El clima predominante en el área de estudio es **(A) C** clima semicálido, el más cálido de los templados **C** (García, 1987). Tiene lluvias en verano y su precipitación pluvial anual oscila entre los 600 y 800 mm. Su temperatura medio anual es de entre 2.7 ° C y 17° C. El rumbo de los vientos dominantes varían de acuerdo con la estación del año, en primavera, verano e invierno provienen del Sur, y en otoño, del Oeste. La vertiente sur se encuentra asentada dentro de cinco microcuencas denominadas: La Patiña, Pénjamo Irapuato Silao, El Palote, Las Amapolas y Hernández Álvarez (Valenzuela, 2008).

El análisis de la cobertura del matorral se realizó por medio de la integración de leyendas adecuadas a la escala de trabajo para su diseño bajo un SIG (Sistema de Información Geográfica) Arc View 3.3 y Arc Gis 9.2. Posteriormente, se hizo una conversión en digital de la cartografía de la cobertura existente en 1974, con base en cartas topográficas de uso de suelo y vegetación cuya escala es de 1:50 000; obtenidas a partir de la digitalización de las cartas F14-C41; F14-C42; F14-C31 y

F14-C32. (INEGI, 1974). La interpretación de la cobertura del terreno del año 2007 en el área de estudio, se hizo con fotografías aéreas digitales. Se obtuvieron mapas escala 1:50 000, los cuales se digitalizaron y se sometieron a verificación y corrección de polígonos, apoyados con el Software Arc Map 9.2.

## Resultados y Discusión

Se obtuvo una imagen del área de estudio con las categorías de agricultura, bosque de latifolias, bosque de pino, pastizal, chaparral erosión y matorral. La superficie total del sur de Sierra de Lobos comprende poco más de 27 000 ha; en más del 50 % se ha establecido la vegetación secundaria en forma de matorral, y el resto de la superficie (46 %), es ocupado por tierras de agricultura, bosque latifoliado (encino) y de coníferas; también existe vegetación de chaparral y pequeñas superficies con grado de erosión. El uso de suelo y las superficies con diferentes tipos de vegetación se presentan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Distribución de la superficie (ha) de las diferentes unidades vegetales y uso de suelo en el sur de Sierra de Lobos, Guanajuato (1974 y 2007)

Tipo de vegetación	Superficie en 1974		Superficie en 2007		Incremento (%)	Decremento (%)
	(ha)	(%)	(ha)	(%)		
Superficie agrícola <sup>1</sup>	7,605-40	28.09	3,346-30	12.36		15.73
Matorral	6,766-95	24.99	14,579-17	53.84	28.85	
Pastizal	5,297-15	19.56	3,561-10	13.15		6.41
Bosque (latifoliadas)	5,734-74	21.18	5,053-98	18.67		2.51
Bosque (coníferas)	8-86	0.03	3-16	0.01		0.02
Superficie erosionada	1,143-11	4.22	411-77	1.52		2.70
Chaparral	520-45	1.92	121-18	0.45		1.47
Totales	27,076-66	100.00	27,076-66	100.00		

<sup>1</sup> Temporal

Las transiciones entre los diferentes estados vegetativos pueden ser inducidas por eventos naturales, tales como sequías extremas, cambios en la composición del suelo y fuegos espontáneos; pero también pueden ser resultado de la intervención del hombre, debido

a las actividades de desarrollo económico como el pastoreo, la agricultura, el uso de fuego como herramienta (quema prescrita), entre otras (Westoby *et al.*, 1989). Briske *et al.* (2003) mencionan que cuando existe equilibrio en un ecosistema, los impactos climáticos y los eventos externos que influyen sobre el comportamiento del mismo no son significativos, también expresan que el equilibrio se debe a una autorregulación y a una estabilidad interna del ecosistema.

En el año 1974, en la vertiente sur del ANP Sierra de Lobos, la superficie cubierta por matorral ocupaba casi el 25 % del total de la superficie estudiada; en el año 2007, este tipo de vegetación cubría el 53.84 %, por lo que hubo un incremento del 28.85 % (Cuadro 1). En el periodo de 33 años, el matorral ha sustituido a otras poblaciones vegetales (bosques de latifoliadas, coníferas y chaparrales entre otros). Las Figuras 2 y 3 muestran la tendencia de evolución del matorral en ese lapso de tiempo.

**Figura 2.** Distribución del matorral en la vertiente sur del ANP Sierra de Lobos en 1974.



**Figura 3.** Distribución del matorral en la vertiente sur del ANP Sierra de Lobos en 2007.



Lo anterior se debe a la apertura de tierras para agricultura y su posterior abandono; en el área estudiada, se ha presentado una transición causada por la actividad económica del hombre tal como mencionan Westoby *et al.* (1989), lo que generó un desequilibrio en el ecosistema permitiendo cambios significativos e interrumpiendo la autorregulación y estabilidad interna del mismo (Briske *et al.*, 2003). Franco-Maass *et al.*, (2006) mencionan que la agricultura ha perdido fuerza como principal actividad productiva, esto podría explicar el abandono de tierras agrícolas, y la consecuente apertura de pastizales y matorrales. En el caso del ANP Sierra de Lobos, el matorral fue el tipo de vegetación favorecida como vegetación secundaria. Turner *et al.*, (1998) mencionan que los cambios producidos en la vegetación, pueden ser resultado de disturbios, y la magnitud del cambio depende del tipo, intensidad, tamaño y frecuencia con la que ocurre el disturbio, más que por el disturbio en sí.

En el área de estudio, el disturbio principal fue la conversión y fragmentación del

ecosistema para el establecimiento de áreas agrícolas, teniendo como consecuencia la reducción de los estratos vegetativos originales; el estrato de coníferas se redujo a 3-16 ha (0.01 % de la superficie total del área de estudio) a tal grado de que casi desapareció; el chaparral se redujo a 121-18 ha (0.45 % de la superficie del área de estudio); del mismo modo hubo reducción en la superficie de pastizales y de bosque de latifoliadas, pero estos tipos de vegetación fueron afectadas en otra proporción (ver Cuadro 1). Cabe mencionar que la superficie erosionada disminuyó en un 2.7 %.

Los procesos de disminución de la cobertura en bosques y selvas, pueden ocurrir por el descontrol en las actividades de explotación. En un lapso de 18 años, en Michoacán se perdieron 513,644 ha de bosque templado y 308,292 ha de selva (tasa de deforestación 1.8 y 1.0 % anual, respectivamente), la superficie deforestada se recupera muy lentamente, permitiendo el incremento de otros tipos vegetativos (matorral y pastizal), la probabilidad de que los matorrales y pastizales se conviertan en bosques en un

periodo de 18 años, es menor al 1 % (Bocco *et al.*, 2001). Esto augura que la pérdida que ha sufrido el sur de Sierra de Lobos (680 ha de bosque de encino en un lapso de 33 años, con una tasa de deforestación de 0.36 % anual), tendrá una tasa de recuperación muy baja en un periodo de tiempo similar. Esta pérdida de bosque puede traer como consecuencia problemas ecológicos como son: pérdida de suelo por erosión, disminución de la retención e infiltración de agua hacia los mantos freáticos, e inevitablemente la debilitación del hábitat de la fauna silvestre original de 1974.

Estudios realizados en el Parque Nacional Nevado de Toluca (PNNT), demuestran que las actividades primarias entraron en un estado paulatino de recesión, hacia un estado transitorio de desarrollo de las actividades pecuarias, perdiendo importancia las actividades de agricultura (Franco-Maass *et al.*, 2006). De la misma manera en el ANP Sierra de Lobos se presentó el mismo fenómeno, la agricultura como tal, dejó de ser una actividad relevante, la disminución de las áreas de cultivo evidencian tal situación, pues de un total de 7,605-40 ha, se ha reducido a 3,346-30 ha en el periodo comprendido de 1974 a 2007, mostrando el estado moroso en el que entró la actividad agrícola.

## Conclusiones

El incremento del matorral como vegetación secundaria en el área de estudio, es un indicio de la perturbación provocada por la ampliación de la frontera agrícola y desarrollo ganadero; sin embargo, el abandono de tierras de cultivo, ha favorecido las condiciones para la invasión de dicha vegetación.

Las cubiertas vegetales en el sur de «Sierra de Lobos» han sido zonas vulnerables a las actividades de desarrollo que han alterado el estado natural original de la vegetación.

## Literatura citada

- BOCCANELLI, S. I., J. P. Lewis, 2006. Breve revisión del desarrollo de los conocimientos sobre la dinámica de la vegetación (en línea). Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario. Argentina. Vol. X. Consultado el 4 de feb. 2009. Disponible en <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Investigacion/revista/rev10/3.htm>.
- BURROWS, C. J. 1990. Processes of vegetation change. Unwin Hyman Ltd. Publ., London.
- BRISKE, D. D., S.D. Fuhlendorf y F. Smeins. 2003. Vegetation dynamics on rangelands: a critique of the current paradigms. *Journal of Applied Ecology* 40: 601-614.
- INEGI. 1974. Carta de Uso de Suelo y Vegetación. 1:50 000. México, D. F.
- GARCÍA, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México, 217p.
- GOBIERNO DEL ESTADO DE GUANAJUATO. Periódico Oficial, 6 de julio del 2004.
- JURADO, E. Y N. REID. 1989. La influencia de factores edáficos, topográficos, y perturbación sobre el matorral tamaulipeco en Linares N.L. Reporte científico num. 10. Facultad de Ciencias Forestales, U.A.N.L, Linares, N.L., México. 43 pp.
- LOA L, E. 1997. Programa de Manejo. Área de Uso Sustentable «Sierra de Lobos» Guanajuato. Instituto de Ecología de Guanajuato. Guanajuato, Gto. 55 pág.
- MAASS, S.F., H. H. R. García, C. Gonzáles y G. Nava. 2006. Cambio de uso de suelo y vegetación en el parque nevado de Toluca, en el periodo 1972-2000. (Parte A) *Investigaciones Geográficas*. Num. 061. UNAM. D.F. México. Pp.38-57
- MILES, J. 1991. Vegetation succession: past and present perceptions. En: Colonization, Succession and Stability. 26th Symposium of the British Ecol. Soc. Gray, A. J. Crawley, M. J. & Edwards P. J. (ed.) *Blackwell Sci. Pbl.*, p.1-29
- PROFEPA, 1999. Atención a contingencias en los recursos naturales durante el periodo de 1992-1999. México.
- TERRONES T. R., L. H. García, M. A. Hernández y C. Mejía. 2007. Potencial Agroforestal con Arbustivas Nativas Estado de Guanajuato. Folleto Técnico No. 1. INIFAP Campo Experimental Bajío, Celaya, Gto. 36 pág.
- TERRONES T. R., C. González, S. A. Ríos. 2004. Arbustivas Nativas de Uso Múltiple en Guanajuato. Libro Técnico No. 2. INIFAP Campo Experimental Bajío, Celaya, Gto. 213 pág.
- TURNER M. G., W. L. Baker, C. J. Peterson y R. K. Peet. 1998. Factors influencing succession: Lessons from large, infrequent natural disturbances. *Ecosystems* 1: 511-523.
- VALENZUELA N. L. M. 2008. Informe final del estudio forestal de la vertiente sur de La Sierra de Lobos, Guanajuato. INIFAP CENID RASPA. Gómez Palacio, Dgo. Sin publicar.
- WELLS C.G. 1971. Effects of prescribed burning on soil chemical, properties and nutrient availability. In Proc-Prescribed burning symp Asheville USA. P. 86-89.
- WESTOBY, M., Walker B. and I. Noy-Meir. 1989. Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. *Journal of Range Management* 42: 266-274. 

Este artículo es citado así:

Mojica-Guerrero A. S., L. M. Valenzuela-Núñez, J. L. González-Barríos y R. Trucíos-Caciano. 2009: *Evolución del matorral en el sur del Área Natural Protegida Sierra de Lobos, Guanajuato. TECNOCENCIA Chihuahua* 3(3): 131-137.

## Resúmenes curriculares de autor y coautores

**ALDO SAÚL MOJICA GUERRERO.** Egresó como Ingeniero Forestal en el año de 2008 de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Juárez el Estado de Durango con la Tesis titulada «Cambio de Uso de Suelo en La Vertiente Sur del Área Natural Protegida Sierra de Lobos, Guanajuato». El mismo año se incorpora como asistente investigador al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Campo Experimental Delicias dentro de la Red de Innovación de Manejo Forestal.

**LUIS MANUEL VALENZUELA NÚÑEZ.** Terminó su licenciatura en 1998, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas Agrícolas de Zonas Áridas Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Realizó su maestría en la misma universidad, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Ciencias Forestales en 2001 y el grado de Docteur en Biologie Vegetale et Forestiere 2006 por la Université Henri Poincaré Nancy 1 en Francia. Desde 2007 labora en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias y posee la categoría de Investigador Titular C. Su área de especialización es la eco fisiología forestal. Ha dirigido 1 tesis de licenciatura y 1 de maestría. Es autor de aproximadamente 22 artículos científicos, más de 20 ponencias en congresos, y 1 capítulo de libros científicos; además ha impartido 7 conferencias por invitación y es colaborador de varios proyectos de investigación financiados por fuentes externas.

**JOSÉ LUIS GONZÁLEZ BARRIOS.** Terminó su licenciatura en 1985, año en que le fue otorgado el título de Biólogo con distinción académica por la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Realizó su posgrado en Francia, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Edafología en 1988 por el Instituto Nacional Agronómico de Paris-Grignon (INAP-G) y el Doctorado en Hidrología-Edafología con mención honorífica en 1992 por la Universidad de Montpellier II (USTL). Desde 1993 labora en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de México donde posee la categoría de Investigador Titular C. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2002 (Nivel 1 vigente hasta 2013 en el área I Ciencias de la Tierra). Su área de especialización es la Hidrología y la Edafología de cuencas receptoras de agua y la relación entre sistemas productivos y ecosistemas. Ha sido profesor y asesor en universidades mexicanas y francesas, ha dirigido tesis de licenciatura, maestría y doctorado. Es autor y coautor de aproximadamente 20 artículos en revistas internacionales, 10 capítulos de libro y editor de 3 libros científicos; además ha sido responsable y colaborador de proyectos de investigación nacionales e internacionales. Es evaluador acreditado del CONACYT ante sus programas de Fondos mixtos, Fondos sectoriales, Investigación básica, Cooperación bilateral, y Premio ciencia y tecnología e innovación. Es experto evaluador del programa europeo AIBan de la UNESCO y experto en Bioseguridad de la CONABIO, es árbitro de tres revistas científicas de circulación internacional y miembro de 8 asociaciones científicas.

**RAMÓN TRUCÍOS CACIANO.** Terminó la licenciatura en el 2000, titulándose como Ingeniero agrónomo con especialidad en zonas áridas en la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo (URUZA-UACH). Realizó su posgrado en Recursos Naturales y medio Ambiente en la URUZA-UACH de 2002-2004. Laboró como asistente de investigación en el Centro Nacional de Investigación Disciplinario en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (GENID-RASPA INIFAP) de 2005 a 2008 y labora como investigador en el mismo Centro de Investigación desde mayo de 2008 como Investigador Asociado C. Su área de desempeño es el manejo de recursos naturales a través de herramientas como Sistemas de Información Geográfica y ha trabajado con modelos hidrológicos y de transporte de nutrientes en el suelo (SWAT, LEACHM, NLEAP). Ha codirigido una tesis de Maestría y asesorado 2 tesis de licenciatura. Actualmente se encuentra colaborando en 3 proyectos de servicio determinando factores de vulnerabilidad de recursos hídricos e iniciando la colaboración en un proyecto donde se realizará la caracterización de áreas con potencial de captura de carbono del mezquite.

# Ectomicorrizas en nogal pecanero

## Ectomycorrhitic on pecan

B. PATRICIA GONZÁLEZ-CHÁVEZ<sup>2</sup>, DÁMARIS L. OJEDA-BARRIOS<sup>1,3</sup>, O. ADRIANA HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ<sup>1</sup>, JAIME MARTÍNEZ-TÉLLEZ<sup>1</sup> Y ABELARDO NÚÑEZ-BARRIOS<sup>1</sup>

Recibido: Febrero 6, 2009

Aceptado: Octubre 8, 2009

### Resumen

El nogal pecanero (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch) tiene una asociación en las raíces alimentadoras con hongos benéficos altamente especializados. Esta colonización en las raíces es llamada «micorrizas» (hongo-raíz), y debe ser considerada como un elemento esencial en el marco de la agricultura sustentable, para promover el abastecimiento de agua, nutrientes, sanidad y productividad en el nogal. Se presentan las características morfológicas, fisiológicas y composición química de las raíces del nogal asociadas a las ectomicorrizas. También se resalta la relación raíz-micorriza en un ambiente natural como respuesta a la colonización micorrízica. Como evidencia de la simbiosis se presenta un estudio histológico de raíz en donde se observa el grado de asociación, así como su micromorfología: manto fúngico, «Red de Hartig», y cuerpo fructífero al microscopio, revelando la importancia de la relación raíz-ectomicorrizas para promover un ambiente de intercambio de nutrientes.

**Palabras clave:** *Carya illinoensis*, hongos ectomicorrízicos, estudio histológico, raíces alimentadoras, *Pisolithus spp*

### Abstract

The pecan (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch) is a partnership feeder roots with beneficial fungi highly specialized. This colonization of the roots is called mycorrhizae (fungus-root), and should be considered as an essential element in the framework of sustainable agriculture, to promote water, nutrients, health and productivity in pecan. We present the morphological, physiological and chemical composition of the roots of pecan associated with ectomycorrhizas. Just as, highlight the root-mycorrhizal relationship in a natural response to mycorrhizal colonization. As evidence of the symbiosis is presented a histological study of root where it can be seen the degree of association and their micromorphology: fungal mantle, «Red Hartig», and fruiting body under the microscope, revealing the importance of ectomycorrhizas to root to promote an atmosphere of exchange of nutrients.

**Keywords:** *Carya illinoensis*, ectomycorrhizal fungi, histology studio, pecan root, *Pisolithus spp*.

### Introducción

El cultivo del nogal pecanero (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch) ha alcanzado un importante crecimiento en el norte de México en las últimas décadas, la producción se destina al mercado de exportación en un 62.5 %, y el resto se consume en el país.

<sup>1</sup> Maestro(a)-Investigador(a). Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. V. Carranza y Escorza S/N. Col. Centro. 31000. Chihuahua, Chihuahua, México. Apartado Postal:24.

<sup>2</sup> Estudiante de Maestría. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. Universidad Autónoma de Chihuahua. V. Carranza y Escorza S/N. Col. Centro. 31000. Chihuahua, Chihuahua, México.

<sup>3</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: [dojeda@uach.mx](mailto:dojeda@uach.mx).

En la actualidad el nogal es de los cultivos agrícolas más importantes en el Estado de Chihuahua, con una superficie plantada de 48,000 ha y una producción de 32 mil toneladas que equivale a 27 %, de la producción mundial y 58 % del total nacional, que lo hace el primer productor de nuez en el país. Las variedades más importantes son Western Schley y Wichita, las cuales se cultivan en zonas áridas y semiáridas del estado (Ojeda *et al.*, 2003).

En el Estado de Chihuahua la región productora más importante comprende los municipios de Jiménez y Delicias aportando el 73 % de su producción estatal, así mismo; Villa López, Meoqui, Rosales, Ojinaga, Nuevo Casas Grandes, Buenaventura, Villa Ahumada y Flores Magón, producen el 27 % restante (FIRA, 2005).

Los nogales en su hábitat natural tienen una asociación con hongos no dañinos altamente especializados en las raíces alimentadoras. Esta infección en las raíces es llamada «micorrizas» (hongo-raíz), la relación le permite al árbol la optimización en la toma de nutrientes del suelo por la raíz, mejorando así la eficiencia productiva del árbol (Marx, 1974; Marx y Bryan, 1977; Tarango, 2004 ).

### Especies de micorriza comúnmente asociadas a raíces de nogal y otras especies

La micorrización es un proceso particularmente importante en la 'fertilización biológica' de las plantas, necesario en el contexto de la agricultura sostenible y de la producción orgánica (Alarcón y Ferrera, 2000; Bethlenfalvay, 1991; Brundett *et al.*, 1990; Marx, 1971 y Silva y Williams, 1991). La ramificación y engrosamiento de la ectomicorriza y el manto fúngico aumentan la superficie de exploración del sistema radical, por lo que la absorción de agua y de los nutrientes nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, zinc y cobre es mayor; también el hongo puede desdoblarse complejos minerales y orgánicos del suelo a nutrientes asimilables por las plantas (Carrera y López Ríos, 2004; Chamizo *et al.*, 2000; Tehryung *et al.*, 2000).

Las raíces micorrizadas viven por más tiempo y son menos sensibles a las enfermedades (Marx *et al.*, 1990; Sharpe y Marx, 1986). El mecanismo básico por el cual el hongo micorrízico protege a una raíz de los patógenos es: a) al mejorar la nutrición de la planta, particularmente del P; b) al ocupar los sitios de infección en la superficie radical y al actuar el manto fúngico como barrera; y c) al producir antibióticos y otras sustancias de defensa (Mukerji *et al.*, 1999). En algunas regiones el nogal pecanero sufre de una fungosis llamada necrosis de las raicillas alimentadoras, causada por varias especies de *Pythium*; sin embargo, cuando las raicillas son micorrizadas por *S. bovista*, la enfermedad no se presenta, pues este hongo benéfico produce antibióticos (Marx *et al.*, 1990).

Dadas sus necesidades nutricionales, el hongo micorrízico restringe su hábitat a la raíz y al suelo vecino a ella, y se reproduce cuando está colonizando una raíz. El 95 % de las plantas desarrollan micorrizas, las cuales se clasifican en dos tipos básicos: ectomicorrizas y endomicorrizas (Castellano y Molina, 1999, Marschner y Dell, 1994). Los hongos micorrízicos también producen reguladores del crecimiento que estimulan la elongación y ramificación de las raicillas alimentadoras (González, 1993; González *et al.*, 1998).

Las raíces asociadas a los hongos del suelo difieren morfológicamente de aquellas que carecen de estos hongos y representan un fenómeno de naturaleza generalizada resultante de la unión orgánica entre las raíces y el micelio del hongo, en un órgano morfológicamente independiente, con dependencia fisiológica, íntima y recíproca, seguida por el crecimiento de ambas partes y con funciones fisiológicas muy estrechas (De la Rosa, 1999). En suelo natural virgen la micorriza se desarrolla cuando las raíces de una planta en crecimiento encuentran esporas o micelio de hongos micorrízicos (Cihacek, 1985). Las esporas germinan y las hifas en crecimiento rodean las raíces (Agrios, 2001; Mukerji *et al.*, 1999; Sharpe y Marx, 1986).

Existen evidencias de la capacidad simbiótica de hongos ectomicorrízicos con *Pinus patula* y *Pinus greggi*, en los cuales los porcentajes de colonización micorrízica variaron entre especies de 9 a 66 %. La caracterización micromorfológica muestra una asociación típica de gimnospermas con una red de Hartig penetrando varias capas de células corticales (Carrera-Nieva y López-Ríos, 2004). El eucalipto (*Eucalyptus globules* y *Eucalyptus urophylla*) es reportado con asociación de endo y ectomicorrización (Chen *et al.*, 2000).

En un estudio efectuado durante dos años en Delicias, Chihuahua, México, se observó que las raíces de Pistachero (*Pistacia atlántica* L.) solo fueron endomicorrizadas con porcentajes de colonización entre 0 y 78 %. El hongo *Glomus intraradix* cepa AM-CP fue la especie que mejor colonizó a este cultivo (Tarango, *et al.*, 2004). En las especies del género *Pistacia* se ha reportado la colonización por hongos endomicorrízicos (Caravaca *et al.*, 2002; Ferguson *et al.*, 1998; Figueroa, 2001).

Existen evidencias de su alta capacidad de asociación con micorrizas en nogal pecanero (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch), por lo que presentan un alto potencial para mejorar la climatización de plantas propagadas en vivero y posteriormente trasplantadas a campo, donde frecuentemente son sometidas a condiciones de estrés por nutrientes, especialmente fósforo y nitrógeno, estrés por sequía y altas temperaturas, así como problemas por toxicidad de compuestos de aluminio y sales, entre otros (Hanna, 1987; Tarango, 2004).

También se determinó la influencia de la inoculación micorrízica en el desarrollo y la concentración foliar de nutrientes, en los que se inocularon con cepas de hongos micorrízicos arbusculares y ectomicorrízicos en plántulas de nogal pecanero, se encontró que las raíces del nogal fueron ectomicorrizadas y la colonización varió de 0 a 83 %, se identificaron hifas ornamentadas de *Pisolithus tinctorius*. También se observó una relación positiva relativa entre el porcentaje de colonización y el grosor y la altura del tallo, con un coeficiente  $r^2$ , que varió

de 0.64 a 0.74, se favoreció la concentración foliar de zinc con la ectomicorrización (Tarango *et al.*, 2004).

Se evaluó la aplicación de biosólidos anaeróbicos digeridos como una fuente de nutrientes para el nogal. La aplicación de fertilizantes NPK y biosólidos, así como un tratamiento con hongos rizosféricos. Después de tres años de evaluación el área seccional del tronco con los tratamientos de biosólidos crecieron 9.0 % más con la aplicación de la fertilización convencional, el árbol y la producción por brote fue incrementada por la aplicación de biosólidos, la concentración foliar de nutrientes y la calidad de la nuez fue estadísticamente igual con la adición convencional que con la de biosólidos. La inoculación con hongos micorrízicos promovió el crecimiento del brote en un 19.4 % con la aplicación de fertilizantes convencionales. El estatus nutricional y el rendimiento no se incrementaron con la adición de micorrizas. La adición de *Trichoderma* no favoreció ninguna de las variables evaluadas con ninguna de las fuentes de nutrientes. Los biosólidos son promotores eficientes del crecimiento, producción y calidad de la nuez en árboles de nogal pecanero (Tarango *et al.*, 2009).

### Características morfológicas, fisiológicas y composición química de raíces del nogal asociadas a ectomicorrizas

El nogal pecanero tiene raíz pivotante y la parte superior de su sistema radical es fibrosa. En dichas raíces fibrosas crecen las raicillas alimentadoras, que son pequeñas y delgadas, las cuales se forman y se secan de manera continua debido en gran parte al contenido de humedad del suelo (Sparks, 2004). Como la raíz de este árbol no tiene pelos absorbentes (Figura 1) son las raicillas alimentadoras las que absorben agua y nutrientes, la mayoría de las cuales están micorrizadas, apareciendo sus cofias más redondeadas y cubiertas por micelio fungoso. Específicamente, los hongos que han

sido reportados asociados con el nogal pecanero pertenecen a los géneros *Astraeus*, *Gyrodon*, *Pisolithus*, *Russula*, *Scleroderma*, *Tuber* y *Tylophilus* (Taber *et al.*, 1982; Smith y Read, 1998). En viveros se ha observado que las raíces del nogal son micorrizadas por *S. bovista*, cuyas macroformas son de color blanco y multiramificadas (Brunner y Brodbeck, 2001). En viveros de regiones semiáridas son más comunes raíces ectomicorrizadas con macroformas de color café o café rojizo (Carrera y López Ríos, 2004; Marx, 1977; Marx y Bryan, 1969; Tarango *et al.*, 2004).

**Figura 1.** Raíz de nogal pecanero, en su lado derecho se encuentra abundantemente colonizada por el micelio de un hongo ectomicorrízico y en su lado izquierdo se observan raicillas alimentadoras sin micorrizar (Tarango, 2004).



### Relación raíz-ectomicorriza: ambiente natural como respuesta a la colonización micorrízica

Las micorrizas se forman más eficazmente cuando la fertilidad del suelo es moderada a baja, particularmente en su contenido de fósforo (Cihacek, 1985; Tarango y Ojeda, 1999). La micorrización es mayor en árboles con una tasa fotosintética alta, lo que permite una acumulación de carbohidratos en la raíz, lo cual la hace más susceptible a la infección micorrízica (Castellano y Molina, 1999).

Suelos bien drenados, con adecuada humedad, con temperatura moderada, buena aireación y ricos en materia orgánica estimulan el crecimiento de la raíz y de los hongos

micorrízicos (Alarcón *et al.*, 2000; Smile y Williams, 1991). La presencia en las huertas de una cobertera de zacates anuales nativos favorece la micorrización natural de la raíz de los árboles (Alarcón y Ferrera, 2000). Mediante el segado de la cobertera y el no laboreo, se incrementa la materia orgánica en la primera capa del suelo y la formación de raicillas laterales y superficiales micorrizadas, lo que mejora la absorción de nutrimentos, particularmente del fósforo y zinc (Davies *et al.*, 2000).

En un trabajo realizado con el propósito de determinar el grado de ectomicorrización y la identificación de géneros de hongos ectomicorrízicos nativos a partir de cuerpos fructíferos asociados a las raíces de nogal pecanero en producción en tres huertas de la región de Delicias-Rosales, Chihuahua, México, para lo cual se recolectaron trozos de raíz micorrizados y cuerpos fructíferos presentes en el suelo para su identificación, se encontraron porcentajes de ectomicorrización desde un 6 % hasta un 46 %. La mayoría de las raíces micorrizadas se localizan entre los 5 y 35 cm de profundidad. El tipo de macroestructuras ectomicorrízicas encontradas en las raíces de nogal fueron de tipo simple, coraloide, monopodial piramidal, monopodial pinnada y dicotómica, de coloraciones blancas, beige, ocre y café. El hongo ectomicorrízico que se encontró asociado al nogal fue *Pisolithus spp* (Muñoz-Márquez *et al.*, 2009).

### Técnicas para evaluar las ectomicorrizas en nogal pecanero

La ectomicorriza se forma en las raíces cortas y en las raicillas alimentadoras, modificando su forma, tamaño y a veces su color. El hongo micorrízico crece en la superficie de la raíz, formando un manto compacto de hifas como se muestra en la Figura 2; luego forma una vaina que penetra la epidermis y las hifas crecen entre las células corticales para formar la «Red de Hartig». Las hifas del manto fúngico se prolongan hacia el suelo, donde forman rizomorfos; ambas estructuras absorben y

transportan agua y nutrientes minerales como se muestra en la Figura 1. En zona de la raíz que abarca la «Red de Hartig» ocurre el intercambio: el hongo trasloca a la raíz agua y nutrientes, y la raíz pasa al hongo carbohidratos y otras sustancias nutritivas (Castellano y Molina, 1999; Tarango, 2004).

**Figura 2.** A la derecha la punta de una raicilla de nogal pecanero forrada por el micelio de un hongo ectomicorrízico (manto fúngico), a la izquierda una raicilla sin colonizar (Tarango, 2004).



Los hongos ectomicorrízicos forman cuerpos fructíferos llamados 'esporocarpos', los cuales pueden verse en el piso de las huertas en época de lluvias, dichas estructuras producen y liberan las esporas con las cuales el hongo se propaga (Alarcón *et al.*, 2000; Ferrera, 1993; Muñoz-Márquez *et al.*, 2009).

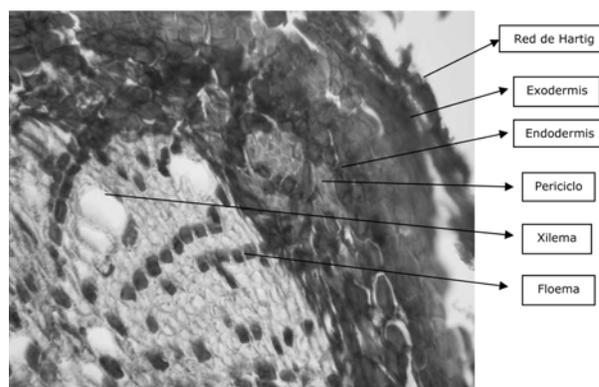
El desarrollo ectomicorrízico se inicia de propágulos, de esporas o de hifas del hongo simbiote que se encuentra en la rizosfera del sistema radicular. El propágulo se estimula por exudados de la raíz y crece vegetativamente sobre las raicillas, formando el manto fúngico. Los tejidos meristemáticos y vasculares de la raíz no son infectados. Los compuestos reguladores de crecimiento se producen tanto por el hongo como por la planta, causando un incremento en el tamaño de las células de la raíz, lo cual trae consigo cambios morfológicos en el sistema radicular, lo que origina formas simples, bifurcadas o coraloides. El color de la ectomicorriza puede ser café, negro, gris,

blanco, rojo, amarillo o mezcla de estos colores (Marx, 1974; Marx y Bryan, 1977; Muñoz-Márquez, *et al.*, 2009; Tarango *et al.*, 2004).

En ambientes edáficos naturales, los árboles no se desarrollan normalmente sin micorrizas; en una buena huerta los arbolitos no micorrizados no sobreviven más de un año después del trasplante (Tarango *et al.*, 2004). En ectomicorrizas, el hongo envuelve enteramente a la punta de la raíz con una vaina densa llamada manto hifa, el cual penetra en los espacios intercelulares. Las raíces son cortas, ramificadas y aparecen hinchadas, el desarrollo de los pelos radicales está disminuido, los volúmenes de meristemo apical y cofia pueden estar reducidos (Alarcón y Ferrera, 2000).

En las raíces de nogal con micorrizas muestreadas en la región nogalera de Aldama, Chihuahua, México, se encontró en ellas el manto fúngico formado por hifas que cubrían a las raicillas como se muestra en la Figura 3, similares a las reportadas en las huertas nogaleras de Georgia (EUA) identificadas de color café como ocurre en suelos de regiones semiáridas (González *et al.*, 2008).

**Figura 3.** Microfotografía tomada a 40x, de raíces de nogal pecanero. Aldama, Chih. Diciembre, 2008.

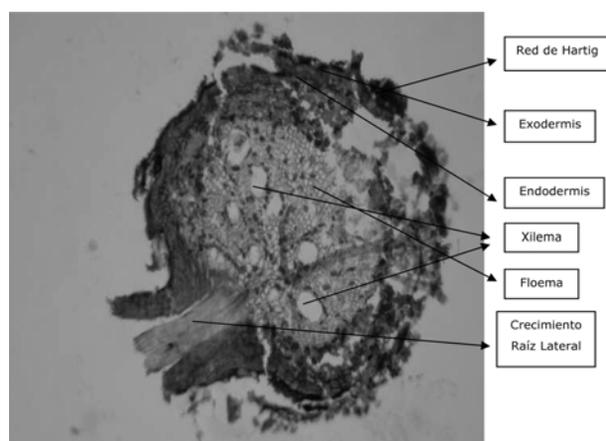


El corte transversal de la raíz de nogal en estado primario de crecimiento como se observa en la Figura 3, muestra la separación nítida entre los tres tipos de sistemas de tejidos: en la epidermis se puede ver la presencia del

hongo ectomicorrítico formando la Red de Hartig, en la endodermis prácticamente adherida a ésta, el periciclo y en el sistema vascular se aprecia la presencia del xilema y floema claramente, tras la formación del manto, el micelio penetra en dirección a la endodermis y entra en contacto con las células epidérmicas, pero no penetra el córtex, formando así la «Red de Hartig», el micelio presenta un manto septado que se prolonga y hace incrementar enormemente la rizosfera. En la Figura 4, existe presencia de una raíz lateral que emerge de la endodermis. En el cilindro vascular se puede apreciar elementos de protoxilema formando un cuerpo con proyecciones que se ven como filas que se extienden al periciclo y ocupan una posición central (Izco, 2005).

Los elementos cribosos del protofloema ocupan una posición periférica en el sistema vascular y el metafloema aparece más adentro (González *et al.*, 2008). En las condiciones de este estudio las raíces del nogal únicamente fueron ectomicorrizadas, y desde el punto de vista estructural y funcional, el micelio externo de los hongos ectomicorrízicos compensa la ausencia de pelos absorbentes. Asimismo, la respuesta de este frutal coincide con lo señalado por Tarango (2004), de que entre menor es la capacidad de una raíz de formar pelos radicales y de emitir raicillas laterales, mayor dependencia tiene de los hongos ectomicorrízicos.

**Figura 4.** Microfotografía tomada a 10 X, de raíces de nogal pecanero. Aldama, Chih. Diciembre, 2008.



## Consecuencias morfológicas de la relación raíz-ectomicorrizas para promover un ambiente de intercambio de nutrientes

Las características y consecuencias morfológicas de la infección en la raíz de nogal son las siguientes:

- Aumenta el número de raíces cortas, muy ramificadas, de estructura primaria y crecimiento limitado, con el ápice redondeado, que presentan formas características (dicotómicas, coraloides, cilíndricas, cilíndricas con constricciones, etc.) según las especies de planta y de hongo de que se trate (Marschner y Dell, 1994).

- El manto tiene un grosor y una estructura característica del hongo formador (que varía con las especies y con las razas), además el manto presenta un micelio septado con unas hifas poco ramificadas y características de la especie fúngica (Carrera y López Ríos, 2004; Tarango *et al.*, 2004).

- El manto ya aparece en la primera etapa de la infección, tras la aparición de cada nueva raicilla, cuando el hongo recubre y desarrolla un micelio con los carbohidratos cedidos por la planta. El micelio envuelve las células corticales con una estructura de cobertura. Posteriormente, el manto puede morir en las raíces largas o puede perdurar, como lo hace en las cortas. El micelio se prolonga expansivamente desde el manto hacia el exterior, lo que hace aumentar enormemente la rizósfera por agrupaciones de hifas (volumen de suelo explorado por el sistema radical).

- Tras la formación del manto, el micelio penetra en dirección a la endodermis y entra en contacto con células epidérmicas o corticales pero sin penetrar en el córtex. Se forma así la «Red de Hartig», cuya función es el establecimiento de una superficie de intercambio bidireccional de nutrientes (evidencias reportan que se incrementa la concentración de fósforo y zinc foliar) y otras sustancias entre planta y hongo (Domínguez, 2002; Sparks, 1994; Tarango *et al.*, 2004).

## Conclusiones

La presente revisión resalta la interacción de los hongos ectomicorrízicos con *Carya illinoensis* (Wangeh) K. Koch como promotores del crecimiento, producción y calidad en los nogales. Los resultados obtenidos en base a la revisión realizada, muestran las evidencias de la asociación ectomicorrizas-raíces en huertas de la región centro del Estado de Chihuahua, México. Se presentan las características morfológicas, fisiológicas y composición química de las raíces del nogal asociadas a las ectomicorrizas. Se resalta la relación raíz-micorriza en un ambiente natural como respuesta a la colonización micorrízica. Como evidencia de la simbiosis se presenta un estudio histológico de raíz en donde se observa el grado de asociación así como su micromorfología: manto fúngico, «Red de Hartig», y cuerpo fructífero al microscopio y muestra la importancia de la relación raíz-ectomicorrizas para promover un ambiente de intercambio de nutrientes. Sería conveniente continuar con estudios que identifiquen los factores que propician el desarrollo del hongo ectomicorrízico en las huertas de nogal pecanero en el marco de la agricultura sustentable.

## Literatura citada

- AGRIOS, G.N. 2001. Fitopatología. Editorial Limusa, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores. México. P. 279, 528-530.
- ALARCÓN, A.; M.C. González-Chávez, R. Ferrera-Cerrato y A. Villegas-Monter. 2000. Efecto de hongos micorrízicos arbusculares en la dinámica de aparición de estolones y nutrición de plantas de fresa cv. Fern obtenidas por cultivo in vitro. Revista Terra 18(3) 211-218.
- ALARCÓN, A. y R. Ferrera C. 2000. Biofertilizantes: importancia y utilización en la agricultura. Agric. Téc. Mex. 26(2): 191-203.
- BETHLENFALVAY, G. J. 1991. Mycorrhizae and crop productivity. In: Bethlenfalvay, G. J. and Linderman, R. G. (eds.). Mycorrhizae in sustainable agriculture. ASA-CSSA-SSSA. Madison, Wisconsin, USA. p. 1-27. (ASA special publication number 54).
- BRUNDRETT, M.; Murace, G. and Kendrick, R. 1990. Comparative anatomy of root and mycorrhizae of common Ontario trees. Can. J. Bot. 68:551-578.
- BRUNNER, I; Brodbeck, S. 2001. Response of mycorrhizal Norway spruce seedlings to various nitrogen loads and sources. Environmental Pollution 114: 223-233.
- CARAVACA, F; Barea, J.M. y Roldan, A. 2002. Synergistic influence of an arbuscular mycorrhizal fungus and organic amendment on *Pistacia lentiscus* L. seedlings afforested in a degraded semiarid soil. Soil Biol. Biochem. 34:1139-1145
- CARRERA N.A. y G. F López Ríos. 2004. Manejo y evaluación de ectomicorrizas en especies forestales. Revista Chapingo. Serie de ciencias forestales y del ambiente. 10(2): 93-98
- CASTELLANO, M.A. and R. Molina. 1999. Mycorrhizae. In:T.D. Landis, R.W. Tinus, S.E. McDonald and J.P. Barnett (eds.). The container tree nursery manual. Vol. 5. Agric. Handbook 674. USDA-FS.P. 101-167.
- CHAMIZO, A.; Ferrera-Cerrato, R. y Varela, L. 1998. Identificación de especies de un consorcio del género *Glomus*. Revista Mexicana de Micología. 14:37-40.
- CHEN, Y.L.; Brundert, M. C. and Dell, B. 2000. Effects of ectomycorrhizas and vesicular-arbuscular mycorrhizas, alone or in competition, on root colonization and growth of *Eucalyptus globules* and *E. urophylla*. New Phytol. 146:545-556.
- CIHACEK, L. J. 1985. Interpreting soil analysis. Guide A-126. New México State University. Las Cruces, NM, USA.4p.
- DAVIES, F.T.; V. Olalde-Portugal, M.J. Alvarado, H.M. Escamilla, R. Ferrera-Cerrato and J.I. Espinosa. 2000. Alleviating phosphorus stress of chile ancho pepper (*Capsicum annum* L. San Luis by arbuscular mycorrhizal inoculation. J. Hortic. Sci. Biotechnol. 75:655-661.
- DE LA ROSA ALVARADO INDIRA ISELA, 1999. Micorrizas Asociadas a los Cultivos de Papa (*Solanum tuberosum*), Manzano (*Pirus malus*) y Nogal (*Carya illinoensi*) en el Área de la Influencia Inmediata a la UAAAN.
- DOMÍNGUEZ NÚÑEZ JOSÉ ALFONSO, 2002. Aportaciones de la Micorrización Artificial con Trufa Negra en Planta Forestal, Dpto. Silvopascicultura. E.T.S.I. Montes de Madrid.
- FERGUSON, L.; Kaur, S. and Epstein, L. 1998. Arbuscular mycorrhizal fungi on pistachio rootstocks in California. Acta Horticulturae 470:211-218.
- FERRERA C., R. 1993. Ectomicorriza. In: Ferrera C.,R; González C., M.C.A. y Rodríguez M., M.N. (eds.) Manual de agronomicrobiología. Trillas. México, D. F. p.93-120.
- FIDEICOMISOS INSTITUIDOS EN RELACIÓN CON LA AGRICULTURA (FIRA), 2005. Diagnostico de la Red Nuez en el Estado de Chihuahua. Informe Estatal Chihuahua.
- FIGUEROA V., U. 2001. Evaluacion de las variedades de pistachero *Pistacia vera* L. Kerman y Pegers en el Valle de Juarez, Chihuahua, cultivadas en condiciones de salinidad. In: La investigación en pistachero en Chihuahua, México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Universidad Autónoma de Chihuahua. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Fundación Produce Chihuahua. Chihuahua. Chih., México. p. 11-15.
- GONZÁLEZ CHÁVEZ B. PATRICIA, Ojeda-Barríos Dámaris L. , Martínez-Téllez Jaime., Nuñez-Barríos Abelardo y Hernández-Rodríguez Adriana. 2008. Ectomicorriza en Nogal Pecanero: estudio Histológico. Tesis de Maestría. Maestría en Ciencias de Productividad Frutícola. Universidad Autónoma de Chihuahua. México. 86 p.
- GONZÁLEZ C., M. C.1993. La endomicorriza vesiculo-arbuscular. In: Ferrera C., M.C. A. y Rodríguez M., M. N. (eds.) Manual de agronomicrobiología. Trillas. México. D. F. p. 53-91.
- GONZÁLEZ C., C.; Ferrera C., R. y Pérez M., J. 1998. Biotecnología de micorriza arbuscular en fruticultura. Universidad Autónoma de Tlaxcala y Colegio de Posgraduados, Edo. de Méx., México. 131 p.
- HANNA, J. D. 1987. Pecan rootstocks. In: Rom, R.C. and Carlson, R. F. (eds.). Rootstocks for fruit crops. John Wiley and Sons. USA. p. 401-410.

- IZCO JESÚS, BOTÁNICA, 2005. Mc Graw Hill. Interamericana, Madrid, España, 2a. Ed. P.906.
- MARSCHNER H. and Dell, B. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant Soil* 159:89-102.
- MARX, D. H. 1971. Root inhabiting mycorrhizal fungi benefit growth of trees. 5<sup>th</sup> Annual Western Irrigated Pecan Growers Association Conference. New Mexico State University. Las Cruces, NM, US. p. 14-18.
- MARX, D.H.1977. Tree host range and world distribution of the ectomycorrhizal fungus *Pisolithus tinctorius*, *Can. J. Microbiol.* 23:217-223.
- MARX, D.H. and Bryan, W. C. 1969. Scleroderma bavista, an ectotrophic mycorrhizal fungus of pecan, *Phytopathology* 59(8): 1128-1132.
- MARX D.H., Brundrett M., G. Murase, B. Kendrick, 1990. Tree host range and world distribution of the ectomycorrhizal fungus *Pisolithus tinctorius*. *Canadian Journal of Microbiology* 23: 217-223.
- MUÑOZ-MÁRQUEZ E., Macías-López B.C., Sánchez-Chávez E., Avila-Quezada G., Silva-Rojas H., Jiménez\_Castro J., González-García J. 2009. Identificación y niveles de ectomicorrización natural en huertas nogaleras de la región de Delicias, Chihuahua. *Memorias de Resúmenes XIII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas A.C.* ISBN 978-607-95106-3-3. Torreón, Coahuila, México. 215-219 p.
- MUKERJI, K.G., R. Jalpal, M. Bali y R. Rani. 1999. The Importance of Micorrizas for Roots and Plant Roots and Their Environment. *Proceeding of an ISRR, Iupsala Symposium.* August 21<sup>st</sup>-26<sup>th</sup> Sweden. H. Pearson Amsterdam Elsevier 249 p.
- OJEDA, D., Reyes A., Ramírez H., Lagarda A., Chávez F.I., Uvalle J.X., Ramírez R.M y Romero L. 2003. Uso eficiente de la fertilización nitrogenada en el cultivo del nogal pecanero (*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch) Variedad Western Schley. Segunda Edición. Editorial Placido Cuadros. Granada, España. P. 26-50.
- SHARPE, R. R. and Marx, D. H. 1986. Influence of soil pH and *Pisolithus tinctorius* ectomycorrhizae on growth and nutrient uptake of pecan seedling. *HortScience* 21(6): 1388-1390.
- SMILEY, E. T.; Marx, D. H. and Fraedrich, B.R. 1997. Ectomycorrhizal fungus inoculations of established residential trees. *J. Arboric.* 23:113-115.
- SMITH, S.E. and Read, D.J. 1998. *Mycorrhizal Symbiosis*, 2da edición. San Diego, CA, USA: Academic Press.
- SPARKS D. 1994. Leaf zinc for maximum yield, growth in pecan. *Pecan South.* 27:19-24.
- SPARKS, D. 2004. A letter from L.D. Romberg. *Pecan South* 36(12): 14-20
- SYLVA, D. W. and Williams, S. E. 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and environmental stress. In: Bethlenfalvai, G. J. and Linderman, R.G. (eds.) *Mycorrhizae in sustainable agriculture.* American Society of Agronomy. Corp. Science Society American. Soil Science Society American. Madison, Wis., USA. p. 101-124. (ASA special publication number 54).
- TABER, R.A., J.W. Worthington; J.M. Trappe and W.A. Taber. 1982. Mycorrhizal fungi associated with native and improved varieties of pecan in Texas (Abstract). *Phytopathology* 72:951.
- TARANGO, R. S. H. 2004. Micorrizas en nogal pecanero y pistachero. Folleto Técnico No. 16 del INIFAP-Delicias. Centro de investigaciones regionales norte-centro campo experimental Delicias, Agosto del 2004. Chihuahua, México. 39 p.
- TARANGO, R., S.H.; Macías, B.C., L.; A. Alarcón, J., Pérez, M., 2004. Colonización micorrízica, crecimiento y concentración foliar de nutrimentos en nogal pecanero y pistachero. *Agríc. Téc. Méx.* 30(2), 191-203.
- TARANGO, R., S.H.; G. Nevárez Morillón, L.; Orrantia Borunda E. 2009. Growth, yield, and nutrient status of pecans fertilized with biosolids and inoculated with rhizosphere fungi. *Bioresource Technology* 100(6): 1992-1997.
- TARANGO, R. S.H. y Ojeda Barrios D. L. 1999. Efecto de la poda de renovación en el crecimiento, nutrición y producción de nogales de bajo rigor y alternancia completa. *Agríc. Téc. Méx.* 25(2): 123-133
- TEHYRUNG K., Mills H., Wetzstein H. 2000. Studies on the effect of zinc supply on growth and nutrient uptake in pecan. *J. Plant Nutrition* 25(9): 1987-2000. 

Este artículo es citado así:

González-Chávez B. P., D. L. Ojeda-Barrios, O. A. Hernández-Rodríguez, J. Martínez-Téllez y A. Núñez-Barrios. 2009: *Ectomicorrizas en nogal pecanero.* *TECNOCIENCIA Chihuahua* 3(3): 138-146.

## Resúmenes curriculares de autor y coautores

**DÁMARIS LEOPOLDINA OJEDA BARRIOS.** Maestra-investigadora de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Obtuvo su Doctorado y Maestría en la Universidad Autónoma Agraria «Antonio Narro», su Licenciatura en la Universidad Autónoma de Chihuahua. Actualmente conduce investigaciones sobre desordenes nutricionales en frutales caducifolios. Imparte los cursos de Nutrición Vegetal, Fisiología Vegetal y Anatomía Vegetal. Asesora de estudiantes de posgrado y licenciatura. Es responsable del área de Fisiología y Nutrición Vegetal con énfasis en Frutales Caducifolios en los cultivos de manzano y nogal pecanero en el Laboratorio de Bioquímica Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas-UACH.

**OFELIA ADRIANA HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ.** Maestra-investigadora de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Cursó la licenciatura en la Facultad de Fruticultura de la Universidad Autónoma de Chihuahua, otorgándosele en 1985 el título de Ingeniero Fruticultor. Realizó estudios de posgrado en la misma Facultad, obteniendo en el año de 1994 el grado de Maestro en Ciencias de la Productividad Frutícola. Posee el Doctorado in Philosophia, con Área Mayor en Manejo de Recursos Naturales, grado conferido en 2008 por la Facultad de Zootecnia de la UACH. Se desempeña como Maestra de Tiempo Completo en la UACH desde 1986 y ha sido miembro del Cuerpo Académico CA-11 UACH Frutales de Zona Templada, desde el 2006. Es responsable de varios proyectos de investigación en proceso y concluidos a nivel licenciatura y maestría y actualmente es responsable técnico de un proyecto de investigación con financiamiento externo FOMIX Chihuahua-UACH. Ha participado como ponente en congresos científicos nacionales e internacionales y en publicaciones de artículos científicos y de divulgación como autora y coautora.

**ABELARDO NÚÑEZ BARRIOS.** Profesor Investigador de la Facultad de Ciencias Agro tecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Los estudios de Licenciatura los llevo a cabo en la Universidad Autónoma de Chapingo, la maestría la realizo en la Universidad de Guelph, Canada y el Doctorado en la Universidad Estatal de Michigan, EU. Asesor de estudiantes de posgrado y licenciatura. Actualmente lleva a cabo proyectos de investigación en fisiología del estrés en diferentes cultivos incluyendo sequia, uso eficiente del agua, nutrición y cambio climático.

**JAIME MARTÍNEZ TÉLLEZ.** Profesor Investigador de la Facultad de Ciencias Agro tecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Los estudios de Licenciatura los llevo a cabo en la Universidad Autónoma de Chihuahua, la maestría y Doctorado la realizo en la Université de Bordeaux II Francia. Asesor de estudiantes de posgrado y licenciatura. Actualmente lleva a cabo proyectos de investigación en Patología en diferentes cultivos con énfasis en Agricultura Orgánica.

**BLANCA PATRICIA GONZÁLEZ CHÁVEZ.** Egresada de la Maestría en Productividad Frutícola de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

# Tasa de emergencia de lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) bajo tres enmiendas orgánicas

## Emergency rate of California Red worm (*Eisenia foetida*) in three organic amendments

OFELIA ADRIANA HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ<sup>1,4</sup>, CÉSAR VENCES CONTRERAS<sup>2</sup>, DÁMARIS LEOPOLDINA OJEDA BARRIOS<sup>1</sup>, MISSY MISMET BARRIOS BURROLA<sup>3</sup> Y CARLOS HUMBERTO CHÁVEZ GONZÁLEZ<sup>1</sup>

Recibido: Marzo 1, 2009

Aceptado: Octubre 21, 2009

### Resumen

La lombricultura es una actividad centrada en la crianza y manejo de lombrices, en condiciones de cautiverio, con la finalidad de obtener productos como el humus para uso como fertilizante agrícola. La extraordinaria voracidad y alta capacidad productiva de la *Eisenia foetida*, permite al criador encontrarse en un tiempo breve con una actividad altamente productiva. El objetivo fue evaluar la tasa de emergencia de *Eisenia foetida* bajo distintos sustrato orgánicos con que fueron alimentados sus progenitores, como mecanismo para valorar la tasa de reproducción de la especie para su establecimiento en la localidad. El estudio se realizó en condiciones de laboratorio, en la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas en Chihuahua, Chih., México. Los progenitores fueron alimentados con tres mezclas de residuos orgánicos estableciendo los siguientes tratamientos: T1: estiércol vacuno + aserrín; T2: residuos de pasto + aserrín; T3: estiércol vacuno + residuos de pasto + aserrín. Después de tres meses se cosecharon 50 huevecillos de cada una de las mezclas alimenticias y se colocaron en cajas petri dentro de una cámara bioclimática. Se evaluó la tasa de emergencia de lombricillas por huevecillo por tratamiento. Se realizó una distribución de frecuencia de Poisson y una Prueba de  $X^2$  con el paquete estadístico SAS versión 8.2. El T3: estiércol vacuno + residuos de pasto + aserrín presentó la tasa de nacimientos más alta con 115 lombrices. Los rangos de emergencia observados son menores a los reportados.

**Palabras clave:** vermicomposteo, lombriz, *Eisenia foetida*, huevecillo, reproducción.

### Abstract

The vermicompost is an activity focused on breeding and management of earthworms, in conditions of captivity, in order to obtain products such as humus for use as agricultural fertilizer. The extraordinary voracity and high productive capacity of the *Eisenia foetida*, allows the breeder to be in a short time with a highly productive activity. The aim was to assess the rate of emergence of *E. foetida* under different organic substrates that were fed their parents, as a mechanism to assess the rate of reproduction of the species to be established in the locality. The study was conducted under laboratory conditions, at the Facultad de Ciencias Agrotecnológicas in Chihuahua, Chih., Mexico. The parents were fed three mixtures of organic waste by setting the following treatments: T1: cattle manure + sawdust, T2: grazing waste + sawdust, T3: cattle manure + grazing waste + sawdust. After three months, 50 eggs were harvested from each of the blended foods and placed in petri dishes in a bioclimatic chamber. Rate was evaluated by emergency lombricillas ovule per treatment. We performed a Poisson frequency distribution and a  $X^2$  test with SAS software version 8.2. T3: cattle manure + grazing waste + sawdust presented the highest birth rate with 115 worms. Emergency ranges observed are lower than those reported.

**Keywords:** vermicompost, earthworm, *Eisenia foetida*, eggs, reproduction, parent.

<sup>1</sup> Profesor-Investigador. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua.

<sup>2</sup> Profesor-Investigador. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma del Estado de México

<sup>3</sup> Egresada de Licenciatura. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua.

<sup>4</sup> Universidad Autónoma de Chihuahua. V. Carranza y Escorza S/N. Col. Centro. 31000. Chihuahua, Chihuahua, México. Apartado Postal 24. Tel. 614 439 18 45. Fax 614 4 39 18 45. Dirección electrónica de autor de correspondencia: aernande@uach.mx

## Introducción

La agricultura enmarcada dentro de un esquema de desarrollo sustentable, se entiende como aquel tipo de agricultura en el cual se conservan los recursos naturales, mediante un sistema ambientalmente sano y económicamente viable. Su objetivo principal es satisfacer las necesidades agroalimentarias y mejorar las oportunidades de trabajo. En México, es frecuente encontrarlos en unidades familiares, con pequeños y medianos productores. (Martínez, 2004).

Hoy en día, la lombricultura es una biotecnología que utiliza a una especie domesticada de lombriz, siendo su principal característica la de transformar desperdicios orgánicos en abonos, manteniendo de esta forma los suelos en condiciones apropiadas para el desarrollo de las especies vegetales y servir de fuente de energía y alimento para la biota del suelo, ya que estos organismos primitivos tienen la capacidad de convertir los desperdicios orgánicos (restos de comida, residuos de jardín y de papel) en un abono llamado lombricomposta, vermicomposta, o humus de lombriz (Moreno, 2003).

Esta técnica se ha inspirado en el proceso que las lombrices han realizado millones de años en la naturaleza, pero se ha industrializado de tal manera, que en un periodo de tiempo más corto y en una área más reducida, puede lograr un producto que mantiene la misma calidad de aquel que se podría obtener en un bosque, fuente natural de producción de humus (Aranda 2002).

Bajo circunstancias ideales, la población de lombrices californianas puede llegar a duplicarse mensualmente y una superficie de cultivo puede expandirse hasta 32 veces la inicial. La lombriz roja es hermafrodita, no es auto fecundado, por lo tanto es necesaria la cópula, la cual ocurre cada 7 ó 10 días (Figura 1). Luego cada individuo coloca una cápsula o cocón (huevo en forma de pera de color amarillento) de unos 2 mm, de la cual emergen de 2 a 21 lombrices después de un periodo de incubación de 14 a 21 días, según la alimentación y los cuidados (Barbado, 2003; Ferruzi, 1986). Cada una de estas cápsulas dará origen a las pequeñas lombrices que son de color blanco transparente

(Compagnoni y Putzolu, 1985). El número de lombrices varía según la temperatura exterior que tenga la cápsula en el hábitat. Se puede indicar que la actividad sexual de la lombriz disminuye en los meses fríos, llegando a un máximo de fecundidad en los meses templados (Ferruzi, 1986).

**Figura 1.** Lombriz Roja Californiana (*E. foetida*).



Compagnoni y Putzolu, 1985 y Ferruzi, 1986, señalan que la lombriz roja alcanzan una madurez sexual a los tres meses de edad y puede considerarse completamente adulta a los 7 meses de su nacimiento.

En México, el lombricomposteo se desarrolló a partir de 1984 por lo que viene a ser una práctica reciente. Es evidente que existen todavía muchos y variados temas de interés en la práctica de la lombricultura susceptibles de ser explorados. Los temas de atención se centran en la búsqueda inicial del conocimiento básico de los requerimientos de la cría de las lombrices, la validación y la

adaptación tecnológica en campo, la divulgación y aceptación por los productores, la eficiencia económica y viabilidad comercial, los mejores nichos de aplicación de los productos, y en la actualidad, la consolidación de la actividad comercial, del gremio y la aceptación creciente y continua de las lombricompostas por la ciudad y el campo (Aranda, 2002).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la tasa de emergencia de lombricillas de *Eisenia foetida* que eclosionan por huevecillo, considerando distintos sustratos con que fueron alimentados sus progenitores, como mecanismo para la valoración de las tasas de reproducción de la especie en la localidad.

## Materiales y métodos

### Descripción del área de estudio

El estudio se realizó en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua en Chihuahua, Chih., México, de enero a marzo del 2008. Se utilizaron cápsulas o huevos de Lombriz Roja Californiana (*E. foetida*) obtenidos de progenitores alimentados con

distintas mezclas de residuos orgánicos para la producción de lombricompostas durante los meses de septiembre a diciembre del 2007, con el fin de cuantificar el número de embriones que emergen de cada huevecillo.

### Mezclas alimenticias

A partir del mes de septiembre, individuos de *E. foetida* fueron alimentados con residuos orgánicos para la producción de lombricomposta, utilizando estiércol vacuno, restos de poda de pasto San Agustín, Bermuda y Kentucky del ciclo vegetativo recientemente transcurrido y aserrín, a los cuales se determinó su contenido de humedad, carbono y N-total. Con los datos obtenidos se establecieron las combinaciones de materiales para la elaboración de mezclas alimenticias con una relación C/N adecuada para el establecimiento de la cría de lombriz, reportada entre 30 y 35 (Labrador, 1997 y Martínez, 2000). Con lo anterior se establecieron tres mezclas alimenticias correspondientes a los tratamientos 1, 2 y 3, los cuales se muestran en el Cuadro 1, con una relación de 30 partes de carbono por una de nitrógeno (Relación C/N=30/1).

**Cuadro 1.** Sustratos utilizados para la elaboración de mezclas alimenticias para lombriz Roja Californiana (*E. foetida*). Chihuahua, Chih., México. 2008.

Tratamiento	Mezcla alimenticia	Estiércol kg	Residuos de pasto kg	Aserrín kg	Relación C/N
1	Estiércol + aserrín	10.0		10.5	29.7/1
2	Residuos de pasto + aserrín		8.5	11.0	29.9/1
3	Estiércol + residuos de pasto + aserrín	5.0	5.0	11.5	29.9/1

## Temperatura

La temperatura de los sustratos de vermicomposteo presentó el siguiente comportamiento: En el tratamiento 1 se mantuvo de 21° C en los primeros meses y en las últimas semanas se registraron hasta 7° C, acumulando una temperatura promedio de 15.5° C; para el tratamiento 2 fluctuó de 21° C al inicio del trabajo y conforme se adentró la temporada otoño invierno llegó a disminuir hasta 5.5° C, mostrando una temperatura media de 16.1° C; el tratamiento 3 no tuvo mucha variación con respecto a los anteriores tratamientos, fluctuó de 21° C y llegó a descender hasta los 6° C, con una temperatura promedio de 15.5° C. Es importante destacar la importancia de la temperatura para el desarrollo de las lombrices, la cual se reporta de 0° C hasta 35° C (Martínez, 2004) pero estas prosperan mejor entre 12 y 25° C (Barbado, 2003).

La temperatura ambiental presentó una tendencia semejante a la encontrada en los sustratos, siendo esta: temperatura ambiental media de 17° C con media máxima de 23.8° C y una media mínima de 11.6° C, por lo que se consideraron adecuadas para la vida de las lombrices.

## Diseño de tratamientos

Después de tres meses de alimentar a las poblaciones de lombriz Roja se cosecharon 50 huevecillos de cada una de las mezclas alimenticias y se colocaron en cajas petri con una distribución de 5 huevecillos por caja, conteniendo papel secante para conservar la humedad, la cual se mantuvo constante a un 75-80 % durante todo el estudio; los riegos fueron utilizados a criterio.

Posteriormente las cajas petri fueron ubicadas en la cámara bioclimática Biotronette mark III, Environmental Chamber Lab-line. La cuantificación de emergencia de larvas se realizó diariamente durante un período de 40 días, tiempo considerado adecuado para la

eclosión de la totalidad de las lombricillas viables (Barbado, 2003).

## Variable a evaluar

Se procedió a determinar la tasa de emergencia de embriones por huevecillo según la mezcla de residuos orgánicos.

Diseño experimental y técnica estadística de análisis

Se establecieron tres tratamientos con diez repeticiones por tratamiento arreglado en un diseño experimental completamente al azar. Cada repetición se constituyó por cinco huevecillos que constituyeron las unidades experimentales.

Se realizó una distribución de frecuencia de Poisson y una Prueba de  $X^2$  en el paquete estadístico SAS versión 8.2.

## Resultados y Discusión

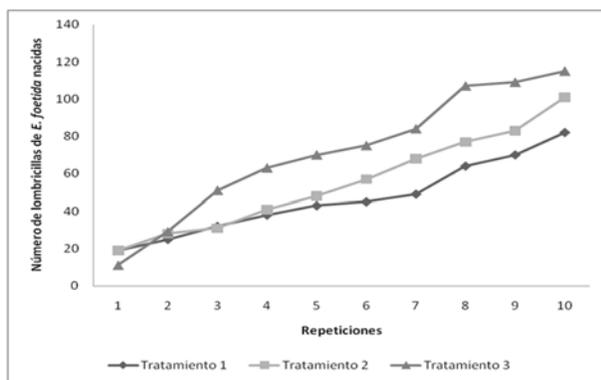
### Temperatura

Las temperaturas registradas durante el período de emergencia se mantuvieron relativamente estables con una temperatura mínima de 34° C y una máxima de 36.7° C. Sin embargo según Barbado (2003) el rango óptimo de temperatura para el crecimiento y desarrollo de las lombrices oscila entre los 12° y 25° C. Aún cuando el estudio se realizó en una cámara bioclimática, no se logró un control adecuado de la temperatura, por lo que las temperaturas registradas se encontraron por arriba del rango óptimo para la sobrevivencia de las lombricillas.

### Emergencia total

El comportamiento que presentó el nacimiento de la lombriz se presenta en la Figura 2. Se encontró diferencia significativa en el total de lombricillas que emergieron de los huevecillos obtenidos de los distintos sustratos de alimentación, los cuales fueron los siguientes:

**Figura 2.** Número total de nacimiento de lombriz Roja Californiana. Chihuahua, Chih., México. 2008.



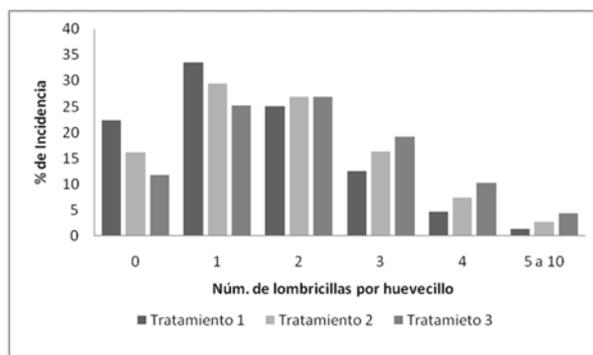
El T1 presentó una emergencia total de 82 lombrices durante los 54 días que estuvieron en observación, representando la cantidad más baja de emergencia comparado con los otros tratamientos. El T2 registró un nacimiento de 101 lombrices y el T3 presentó un total de 115 nacimientos.

### Porcentaje de incidencia de nacimiento de lombriz Roja Californiana por huevecillo

Los resultados obtenidos en este estudio para el porcentaje de nacimientos se muestran en la Figura 3. Se encontró en promedio el nacimiento de 1 y 2 lombricillas en el tratamiento 1, y entre 1 y 4 lombricillas para los tratamiento 2 y 3, los cuales se ubican dentro del rango más bajo de nacimiento reportado en la literatura ubicado entre 2 a 21 lombrices (Barbado, 2003), indicando además una dependencia entre el número de emergencia de lombricillas con respecto a la alimentación y los cuidados, por lo que la baja tasa de emergencia de *E. foetida* encontrada pudo haberse debido en este caso a la combinación de los efectos de las temperaturas y de las mezclas alimenticias

subministradas a las lombrices adultas.

**Figura 3.** Porcentaje de Incidencia observado en el nacimiento de lombriz Roja Californiana.



En base a los resultados obtenidos se procedió a realizar una proyección de la dinámica del crecimiento de la población de lombriz Roja Californiana bajo las condiciones encontradas. Para ello se consideró que la lombriz es hermafrodita y no auto fecundada, por lo que es necesaria la cópula de dos lombrices la cual ocurre cada 7 o 10 días en la que cada una de ellas pondrá un huevecillo ocurriendo esto cada semana aproximadamente. Los huevecillos eclosionarán entre 12 a 21 días de la ovoposición, y que cada lombriz joven madurará para estar en edad de multiplicarse en aproximadamente 60 a 90 días (Barbado, 2003). Se consideró además que las lombrices adultas con las que se inició el estudio seguirán apareándose cada semana. En base a lo anterior se encontró que partiendo de una población de 100 individuos adultos, en el transcurso de 20 semanas requeridas para que las lombricillas que están naciendo lleguen a ser adultas y capaces de poner huevecillos, se presentará un crecimiento poblacional de alrededor de 4,000 lombricillas, las cuales se encontrarán en distintas fases de desarrollo (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Dinámica del crecimiento de la población de lombriz Roja Californiana (E: foetida) estimada según la tasa de nacimientos encontrada en la localidad. Chihuahua, Chih. México. 2008.

Día 1	Semana 1	Semana 4	Semana 8	Semana 20	Semana 21
1er. Camada con una población inicial de 100 lombrices adultas, aprox. 50 parejas	100 huevecillos	Incubado	En proceso de nacimiento	200 adultas	100 adultas maduras + 200 adultas jóvenes

## Conclusiones

La tasa de emergencia de la lombriz Roja Californiana no fue la óptima ya que se situó en un rango de entre 2 y 4 lombricillas por huevecillo siendo que lo favorable deberían de ser entre 2 y 20 lombricillas (Barbado, 2003). Las mezclas alimenticias aportadas a la lombriz Roja Californiana presentaron efecto en la tasa de emergencia de lombricillas por huevecillo, siendo la mejor mezcla alimenticia la elaborada a partir de estiércol vacuno \* residuos de pasto + aserrín.

## Literatura Citada

ARANDA, D. E. 2002. Usos y aplicaciones de las lombricompostas en México. Lombricultura y abonos orgánicos. Memorias del II Simposium Internacional y Reunión Nacional. Junio 2002. Facultad de Ciencias Agrícolas. UAEM. p. 22-35.

BARBADO, J. L. 2003. Cría de lombrices, Ed. Albatros, Buenos Aires, Argentina. p. 17- 72.

BOLLO, E. 1993. Lombricultura, una alternativa de reciclaje. América Economía No. 68. p 50.

CHEE, B. G. 1977. Techniques of earthworms farming. Ed B.T.publishing. Tulsa, Oklahoma, USA.

COMPAGNONI, L. y Putzolu G. 1985. Cría moderna de lombrices y utilización rentable del humus. Ed. de Vecchi. Barcelona España.

DUCASAL, R. R., 2002. Biofertilizantes. Ganadería Integral Vizur. Fundación Produce. Sinaloa. p 1.

FERRUZZI, C. 1986. Manual de lombricultura. Ed Mundi-Prensa, Madrid España.

FRAGOSO, C., G. Brown, J.C. Patrón, E. Blanchart, P. Lavelle, B. Pashanasi, B. Senapati y T. Kumar. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of earthworms. *Applied Soil Ecology*. 6: p17-35.

HAIMI, J. y Huhta, V. 1990. Effects of earthworms on decomposition processes in raw humus forest soils: a microcosm study. *Biol. Fertil soils*. p 178- 180.

LABRADOR, M. J. 2001. La materia orgánica en los agroecosistemas. Grupo Mundi-Prensa. España. p 11-13, 124, 169-171, 174, 177-178.

MARTÍNEZ, C. C. 1994. Lombricultura, alternativa en la agricultura sustentable. Lombricultura y Agricultura sustentable. SAGAR. México. p 135- 153.

MARTÍNEZ, C. C. 2004. Lombricultura y abonos orgánicos. Memorias III Curso Teórico-práctico. Lombricultura técnica Mexicana. SOMELAO. Guadalajara, Jal. Del 8 al 10 de marzo. p 11-12, 21.

MARTÍNEZ, T. M. A. 2004. Manejo de Alimentos Frescos no Procesados. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. p. 1.

MORENO, R. A. 2003. La vermicomposta como alternativa orgánica para fortalecer la agricultura en las regiones áridas y semiáridas. UAAAN. p. 18. 

Este artículo es citado así:

HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ O. A., C. VENCES-CONTRERAS, D. L. OJEDA-BARRIOS, M. M. BARRIOS-BURROLA Y C. H. CHÁVEZ-GONZÁLEZ. 2009: *Tasa de emergencia de lombriz Roja Californiana (Eisenia foetida) bajo tres enmiendas orgánicas. TECNOCIENCIA Chihuahua* 3(3): 147-153.

## Resúmenes curriculares de autor y coautores

**OFELIA ADRIANA HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ.** Cursó la licenciatura y la maestría en la Facultad de Fruticultura de la Universidad Autónoma de Chihuahua, obteniendo en 1985 el título de Ingeniero Fruticultor y en 1994 el grado de Maestro en Ciencias de la Productividad Frutícola. Posee el Doctorado in Philosophia, con Área Mayor en Manejo de Recursos Naturales, grado conferido en 2008 por la Facultad de Zootecnia de la UACH. Se desempeña como Maestra de Tiempo Completo en la UACH desde 1986 y ha sido miembro del Cuerpo Académico CA-11 UACH Frutales de Zona Templada, desde el 2006. Es asesora de proyectos de investigación a nivel licenciatura y posgrado. Realiza trabajos de investigación sobre la elaboración de abonos orgánicos por medio de composteo y lombricomposteo, en nutrición hortícola y en el uso y conservación de suelos.

**CÉSAR VENCES CONTRERAS.** Cursó la licenciatura en Ingeniero Agrónomo Fitotecnista y la maestría en Fitomejoramiento en la Universidad Autónoma del Estado de México. Actualmente realiza su formación doctoral en el Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales en la misma Institución educativa. Es Profesor-Investigador y responsable del Laboratorio de Micropropagación en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la UAEM desde 1992. Es asesor de trabajos de investigación de maestría y licenciatura en el área de micropropagación in vitro y elaboración y evaluación de abonos orgánicos.

**DÁMARIS LEOPOLDINA OJEDA BARRIOS.** Es maestra-investigadora de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Obtuvo su doctorado y Maestría en la Universidad Autónoma Agraria «Antonio Narro», su licenciatura en la Universidad Autónoma de Chihuahua. Actualmente conduce investigaciones sobre desórdenes nutricionales en frutales caducifolios. Imparte los cursos de Nutrición Vegetal, Fisiología Vegetal y Anatomía Vegetal. Asesora a estudiantes de posgrado y licenciatura. Actualmente es responsable del área de Fisiología y Nutrición Vegetal con énfasis en Frutales Caducifolios en los cultivos de manzano y nogal pecanero, en el Laboratorio de Bioquímica Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, UACH.

**MISSY MISMET BARRIOS BURROLA.** Egresada de la carrera de licenciatura en Administración Agrotecnológica en el año 2008, de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

# Propuesta para la fabricación y uso de una esponja para sincronizar estros y su respuesta a la fertilidad en ovejas

## Proposal for fabrication and use of an estrus synchronization sponge and fertility response in ewes

MARTHA ESTRADA-GANDARILLA<sup>2</sup>, BRISSA CONSUELO TINTORI-ROMERO<sup>2</sup>, ALBERTO FLORES-MARIÑELARENA<sup>1</sup>, GABRIELA CORRAL-FLORES<sup>1,3</sup> ALFREDO ANCHONDO-GARAY<sup>1</sup>, CARLOS RODRÍGUEZ-MUELA<sup>1</sup>, JUAN ALBERTO GRADO-AHUIR<sup>1</sup>, JOSÉ ALEJANDRO RAMÍREZ-GODÍNEZ<sup>1</sup>

### Resumen

El crecimiento en el consumo de carne de ovino ha creado la necesidad de usar técnicas reproductivas para mejorar la eficiencia en la producción de corderos. Una de estas técnicas es la sincronización de estros, cuyo uso es limitado debido a que algunos productos son inaccesibles para el productor por el costo y la disponibilidad de los mismos. El objetivo del presente trabajo fue describir un método económico y técnicamente viable para inducir, sincronizar e incrementar la fertilidad en ovejas, para lo cual se describe la metodología para la fabricación casera de esponjas impregnadas con acetato de medroxiprogesterona, una hormona sintética de uso terapéutico en medicina humana, que al aplicarse en las borregas produce un efecto favorable en la inducción y manifestación del estro, similar a la respuesta que se obtiene con productos para sincronizar de marca comercial. La esponja de fabricación casera es más económica que otros productos, ya que la inversión para su fabricación y aplicación es de \$ 77.92 por oveja, costo que es de 20 a 41 % más económico que usar productos para sincronizar de marcas comerciales.

**Palabras clave:** Progesterona, ovejas, inducción de estro, Megestron, protocolo de sincronización

### Abstract

The increase in the consumer preference for lamb has originated a necessity for reproductive technologies in order to improve the efficiency in lamb production. Estrus synchronization is limited for some producers due to cost and availability. The objective was to describe a low cost and effective estrus synchronization method through the use of homemade sponges containing Megestron, a synthetic hormone for therapeutic use in humans, which when used in sheep leads to estrus induction in a similar way as commercial products. The homemade sponge results in low expense by producers with a total cost of \$77.92 per treated ewe, 21 to 40% lower than commercial products.

**Keywords:** Progesterone, sheep, estrus induction, Megestron, estrus synchronization

### Introducción

**E**n México la producción de ovinos se ha incrementado significativamente (Esqueda, 2006). Sin embargo, la producción de esta especie es muy baja y no alcanza a cubrir las demandas de consumo de carne de la población nacional. Lo anterior hace necesario el desarrollo y la aplicación de tecnologías de tipo reproductivo que eleven la población ovina en relación a la demanda. Una de estas técnicas es la sincronización de estros, la cual permite

<sup>1</sup> Profesor-Investigador de la Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. Escorza No. 900, Zona Centro, Cd. Chihuahua, Chih. Tel (614) 434-1448

<sup>2</sup> Estudiante de licenciatura de la Facultad de Zootecnia y Ecología. Universidad Autónoma de Chihuahua

<sup>3</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: gcorral@uach.mx

inducir al celo a un número determinado de borregas con la finalidad de preñarlas en un periodo de tiempo programado, para aumentar y concentrar la producción de corderos en ciertas épocas del año, y así obtener hasta tres partos en dos años; esta práctica de inducción es muy efectiva cuando las ovejas están fuera de época reproductiva, por esta razón es ampliamente utilizada en el mundo (Boscós *et al.*, 2002).

Existe una gran variedad de métodos y productos hormonales que son eficientes y mejoran la reproducción en animales domésticos: Bovinos (Barceló, 2002), caprinos (Estrada, 1994) y ovinos (Anchondo *et al.*, 2006; Ortega, 2006). Sin embargo, en sistemas de producción rural con baja tecnificación, la sincronización no se aplica por las siguientes razones: 1) La baja disponibilidad de los productos, 2) El costo, ya que estos son productos de importación que se cotizan en dólares y se venden en paquetes de 25 dosis, lo que es incosteable para el pequeño productor, 3) El productor desconoce la metodología para la fabricación y aplicación de protocolos de sincronización. Los objetivos de este trabajo fueron: Describir un procedimiento económico para inducción de estros y mejorar la fertilidad mediante una esponja de fabricación casera impregnada con acetato de medroxiprogesterona, de uso terapéutico en medicina humana, y evaluar su viabilidad económica con respecto a productos hormonales de patente.

## Materiales y Métodos

El material básico para la fabricación de esponjas caseras es:

- Esponja de tapicería de 1.5 pulgadas de espesor
- Sacabocados
- Aguja colchonera
- Tijeras
- Estambre
- Jeringa hipodérmica de 5 mL

- Alcohol etílico (18.67 mL/cada cinco esponjas)
- Ampolleta Megestron® (una ampolleta por cada cinco esponjas)
- Contenedor de plástico (200 mL)
- Frasco de vidrio limpio y seco (100 mL)
- Guantes de látex

### *Procedimiento*

1. Se fabricó un sacabocados con un tubo de cobre de 1.5 pulgadas de diámetro, el cual fue afilado en un extremo con un esmeril.
2. Se corta la esponja con el sacabocados.
3. Con una aguja colchonera se introduce un pedazo de estambre a través de la esponja, posteriormente se hace una puntada en forma de cruz en el otro extremo, asegurándose de que el cordón quede bien sujeto a la esponja, luego se corta el estambre a 20 cm de longitud.
4. Se impregna la esponja con una solución de alcohol etílico y la hormona Megestron® (acetato de medroxiprogesterona) que se prepara a una concentración de 10 mg/mL. Para ello, en un frasco de vidrio, se mezcla el contenido de la ampolleta previamente diluido, con un volumen de 18.67 mL del alcohol  
Nota: Se recomienda utilizar guantes de látex al impregnar las esponjas.
5. Con la jeringa se miden 4 mL de solución (10 mg/mL), este volumen se aplica lentamente a la esponja para que se incorpore en el cuerpo de la misma, quedando a una concentración final de 40 mg/esponja.
6. Las esponjas se cuelgan y se secan por un tiempo de 12 h para asegurar que el alcohol se evapore y únicamente quede la hormona impregnada.
7. Luego de este tiempo, las esponjas se almacenan en una bolsa de plástico en un lugar fresco, seco y protegidas de la luz solar hasta su aplicación, en un tiempo no mayor de 24 h.

**Figura 1.** Materiales y aspecto final de la esponja de fabricación casera.



**Protocolo de Sincronización**

Para iniciar con este proceso, las ovejas que se van a sincronizar deben tener edad promedio de 8 meses y peso mínimo de 30 kg; las ovejas deben estar desparasitadas, vitaminadas, vacunadas y suplementadas con selenio. Las instrucciones para la aplicación de la esponja, se detallan en la Figura 2. Con la aplicación de la esponja inicia el protocolo de sincronización recomendado por Gutiérrez (2005), ver procedimiento en la Figura 3.

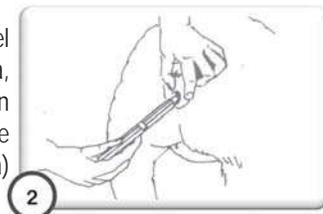
El día 12 del protocolo se aplican 1.1 mL (250 U. I.) de la hormona eCG (gonadotropina coriónica equina) por vía intramuscular profunda.

**Figura 2.** Procedimiento para la aplicación de la esponja.



Materiales para la colocación de las esponjas, se desinfectan con una solución de yodo al 10%

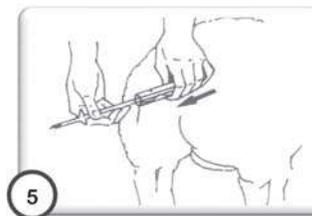
Se introduce a la vagina el aplicador de la esponja, previamente impregnada con Topazone (para evitar que se adhiera)



Se coloca la esponja dentro del aplicador, manteniendo el cordón hacia la parte externa



Se empuja la esponja con el émbolo hasta que tope en las aspás especiales que tiene y que indica que la esponja está en la vagina



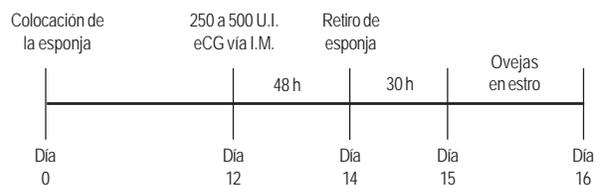
Se retira el émbolo que empuja la esponja y después el aplicador



Se recorta el cordón para que no sea retirado por las demás ovejas

Adaptado de *chrono-gest®* (Intervet Internacional B.V)

**Figura 3.** Protocolo de sincronización de estros. (Gutiérrez, 2005)



**Explantación de las esponjas**

Para retirar las esponjas únicamente se jala el cordón con que vienen sujetas. Si el cordón queda en el interior de la vagina, es necesario insertar un espéculo y proceder a retirarlo de forma manual; se debe evitar dejar residuos de

la esponja en el tracto reproductivo, ya que eso causaría problemas sanitarios y de fertilidad en las hembras.

#### Detección de estros y empadre de las ovejas.

Posterior al explante se detectan las ovejas que muestran estro, para ello se utiliza un macho celador y se lleva a cabo el empadre con monta natural, después del empadre se retiran los machos y se calcula la fecha probable de parto.

**Figura 4.** Detección de estro y empadre por monta natural



#### Diagnóstico de preñez

Un mes después del empadre, se puede realizar el diagnóstico de preñez con un equipo de ultrasonido, que incluye un transductor lineal de 60 mm que emite una frecuencia de onda 4.5 MHz. Una de las técnicas puede ser la vía transrectal propuesta por Buckrell *et al.* (1994), que consiste en humectar el transductor con un gel e introducirlo por vía rectal, posteriormente en la pantalla del ultrasonido se enfoca la imagen del lumen del útero y se busca la presencia del feto, el cual se observa como una masa donde predomina un color blanco brillante que corresponde a las estructuras óseas. El ultrasonido es una técnica confiable para diagnosticar gestaciones tempranas en ovinos (Rodríguez *et al.*, 2002).

#### Costo por tratamiento

Para establecer la viabilidad económica del uso de la esponja casera, se realizó una

comparación de costos de sincronización, ya que el uso de los productos para sincronización no sólo depende de la respuesta reproductiva de las ovejas, sino también de la conveniencia económica para el productor. En el Cuadro 1 se muestra el análisis de costos de dos productos hormonales de patente y la esponja de fabricación casera.

**Cuadro 1.** Desglose de costos de los materiales para sincronizar.

Producto hormonal	Materiales para sincronizar	Costo/Oveja*
CIDR	Dispositivo de liberación controlada de progesterona	\$119.00
	Folligon 1.1 mL (250 U.I de ecG)	\$36.25
	Aplicador	\$3.30
	Yodo	\$4.60
	<b>Total</b>	<b>\$ 163.15</b>
COM	Esponja	\$49.50
	Folligon 1.1 mL (250 U.I de ecG)	\$36.25
	Topazone®	\$2.50
	Aplicador	\$3.30
	Yodo	\$4.60
	<b>Total</b>	<b>\$ 96.15</b>
CAS	Esponja	\$0.90
	Estambre	\$0.10
	Aplicador	\$3.30
	Yodo	\$4.60
	Alcohol (3.734 mL)	\$0.52
	Acetato de medroxiprogesterona (0.27 mL)	\$29.75
	Folligon 1.1 mL (250 U.I de ecG)	\$36.25
	Topazone®	\$2.50
	<b>Total</b>	<b>\$77.92</b>

\* Cotización en pesos realizada en agosto de 2009

## Resultados y discusión

La efectividad de respuesta de la esponja de fabricación casera fue recientemente comparada con productos hormonales de patente (Dispositivo de liberación controlada de progesterona CIDR y las esponjas comerciales) Estrada-Gandarilla *et al.*, (2009); en el mencionado estudio se observó que del total de esponjas aplicadas, sólo permaneció el 78 %;

después de retiradas las esponjas las ovejas entraron en calor a las 27 h, registrando un porcentaje de respuesta del 79 % y un porcentaje de gestación de 58 %. Esos parámetros reproductivos son similares a los reportados en otros estudios donde se usaron esponjas comerciales para sincronizar estros en ovejas primíparas, donde se obtuvieron porcentajes de retención de 31.5 %, 73.5 % y 87.5 % (Ortega, 2006). Para el porcentaje de gestación, los trabajos de Iglesias *et al.* (1997) y Viñoles *et al.* (2001), reportaron tasas de preñez en borregas adultas ligeramente superiores (65 al 76 %) al 58 % reportado por Estrada-Gandarilla *et al.* (2009) en borregas primíparas.

El análisis de costos mostró diferencias económicas importantes, el costo por hembra sincronizada fue más elevado para el producto hormonal CIDR con un costo por borrega de \$163.15, mientras que el costo de sincronización de la esponja comercial fue 41 % más económico que CIDR y la esponja de fabricación casera 52 % más económica que CIDR, y 19 % más barata que la esponja comercial. Otras ventajas observadas en la utilización de la esponja casera fueron: a) El proceso para la fabricación es sencillo, b) Los materiales necesarios para la fabricación pueden comprarse en una mercería, c) La hormona para impregnar las esponjas se puede adquirir en una farmacia de patente, d) Con una ampollita se pueden fabricar hasta cinco esponjas para sincronizar igual número de animales, e) Es una tecnología que puede aplicarse tanto en hatos grandes como en hatos pequeños, f) Esta tecnología puede usarse en escuelas agropecuarias para la realización de prácticas de sincronización de estros a bajo costo.

## Conclusiones

La fabricación de esponjas caseras es una alternativa económica y técnicamente viable para sincronizar ovejas, así como su respuesta a la fertilidad. El nivel de respuesta de la esponja

es similar a otros productos de tipo comercial usados para la sincronización de estros. La tecnología es adaptable a un amplio sector de usuarios (ovinocultores, estudiantes y profesionistas).

## Agradecimientos

Proyecto de transferencia de tecnología apoyado por Fundación Produce Chihuahua, A.C.

## Literatura citada

- ANCHONDO G. A., J. C. Ortega, A. Flores, J. A. Ortega y A. J. Gutiérrez. 2006. Comparación de dos métodos de sincronización de estro en ovinos de pelo. Memorias de XXXIV Reunión Nacional de la Asociación Mexicana de Producción Animal. 17-20 de octubre. U. A. S. Mazatlán, Sin. Méx. pp 364-366.
- BARCELÓ M. 2002. Comparación de dos protocolos de sincronización de estros en bovinos productores de carne. Tesis de maestría. Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chih. México.
- BOSCOS C. M., F. C. Samartzi, S. Dellis, A. Rogge, A. Stefanakis, y E. Krombovitis. 2002. Use of progestagen-gonadotrophin treatments in estrus synchronization of sheep. *Theriogenology*. 58:1261-1272.
- BUCKRELL B. C., C. Buschbeck, C. J. Gartley, T. Kroetsch, W. McCutcheon, J. Martin, W. K. Penner, and J. S. Waltson. 1994. Further development of transcervical technique for artificial insemination in sheep using previously frozen semen. *Theriogenology*. 42:601-611.
- ESTRADA B. J. E. 1994. Sincronización e inducción de estros en cabras tratadas con Acetato de fluorogestona, Norgestomet y Norgestomet-Prostaglandinas. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Chihuahua, México.
- ESTRADA-GANDARILLA M., B. C. Tintori, A. Flores, G. Corral, A. Anchondo, C. Rodríguez, J. A. Grado, J. A. Ramírez y M. Barceló. 2009. Comportamiento reproductivo de ovejas primíparas sincronizadas con diferentes fuentes de progesterona. XIX Reunión Internacional sobre producción de carne y leche en climas calidos, Mexicali, B. C. pp.
- ESQUEDA C. M. H. 2006. La ovinocultura como una alternativa para la diversificación ganadera en el estado de Chihuahua. Disponible en: [www.ugrch.org/publicaciones/tecnica\\_la\\_ovinocultura\\_como\\_una\\_alternativa.html](http://www.ugrch.org/publicaciones/tecnica_la_ovinocultura_como_una_alternativa.html). consultado: nov 5, 2009.
- GUTIÉRREZ A. J. L. 2005. Programa de reproducción y manejo reproductivo de los ovinos. Cría de ovinos productores de carne en el norte de México. Ed. Tecno Publicaciones S. de R. L.M. I. p.105.
- IGLESIAS R. M. R., N. H. Ciccioi, and H. Irazoqui. 1997. Ram induced reproduction in seasonally anovular Corriedale ewes: MAP doses for oestrus induction, ram percentages and post-mating progestagen supplementation. *J. Anim. Sci.* 64:119-125.
- ORTEGA, A. J. C. 2006. Comparación de dos métodos de sincronización de estro en ovinos de pelo. Tesis de maestría. Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chih. México. 62 p.

RODRÍGUEZ, A. F., J. A. Grado, L. C. Valdez y M. Pérez. 2002. Manual para la inseminación artificial en ovinos. Proyecto FOMES 2000-09-04. Chihuahua, México. p. 13-14.

VIÑALES C., M. Forsberg, G. Banchemo, and E. Rubianes. 2001. Effect of long-term and short-term progestagen treatments of follicular development and pregnancy rate in cyclic ewes. *Theriogenology*. 55:993-1004.

Este artículo es citado así:

Estrada-Gandarilla M., B. C. Tintori-Romero, A. Flores-Mariñelarena, G. Corral-Flores, A. Anchondo-Garay, C. Rodríguez-Muela, J. A. Grado-Ahuir y J. A. Ramírez-Godínez. 2009: *Propuesta para la fabricación y uso de una esponja para sincronizar estros y su respuesta a la fertilidad en ovejas*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 3(3): 154-159.

## Resúmenes curriculares de autor y coautores

**ALBERTO FLORES MARIÑELARENA.** 1986 Ingeniero Zootecnista, Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua; 1991 Maestro en Ciencias, Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua; Académico Titular C de 1986 a la fecha en la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua; 2000 – 2004 Jefe del Departamento de Reproducción y Genética de la División de Posgrado e Investigación de la Facultad de Zootecnia; 2006 – A la fecha coordinador de Investigación de la Secretaría de Investigación y Posgrado de la Facultad de Zootecnia y Ecología; participación en 64 publicaciones en diversas revistas con arbitraje, congresos y foros, nacionales e internacionales.

**GABRIELA CORRAL FLORES.** Nació en Anáhuac, Municipio de Cuauhtémoc. Terminó su licenciatura en 1992, y en 1994 le fue otorgado el título de Ingeniero Zootecnista por la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó su posgrado en Estados Unidos, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de Ciencia de la Carne en 1996 por la Universidad de Sul Ross State University. Actualmente es candidato a Doctor en el área de Ciencia de la Carne, dentro del programa Académico de Doctorado Conjunto celebrado entre la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH) y la Universidad Estatal de Oklahoma (OSU). Desde 2003 labora en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la UACH y posee la categoría de Técnico Académico Titular B. Su área de especialización es en producción animal con enfoque en la caracterización de canales y carne de bovino, ovino y caprino, ha desarrollado investigación en el área de biología molecular para evaluar el efecto de polimorfismos genéticos en la calidad de la carne de bovino. En el 2004 impartió el curso de clasificación de canales bovinas con base en la norma NMX-FF-078-SCFI-2002 para la capacitación de técnicos del estado de Chihuahua. Del 2003 al 2006 participó en los comités de grado de 2 alumnos de maestría. Actualmente dirige 2 tesis de licenciatura y participa en los trabajos de investigación de 1 alumno de maestría y 1 de doctorado. Es autora y co-autora de 5 artículos científicos; además ha impartido 4 cursos de extensión para la capacitación de ovino cultores locales, actualmente dirige 1 proyecto de investigación financiado por Fundación Produce Chihuahua. A. C.

**ALFREDO ANCHONDO GARAY.** Perfil PROMEP: Noviembre del 2006 a la fecha; 1981, Ingeniero Zootecnista, Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH); 1986 Maestría en Ciencias, Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua; Área: "Reproducción y Genética Animal". Últimos puestos desempeñados: Jefe del Departamento de Reproducción y Genética Animal. Secretaría de Investigación y Posgrado, Facultad de Zootecnia y Ecología. UACH; Responsable del Laboratorio de Procesamiento de Semen e Inseminación Artificial, Facultad de Zootecnia y Ecología UACH; Presidente de la Academia de Reproducción y Genética Animal, Facultad de Zootecnia y Ecología UACH; resumen de publicaciones, 8 Arbitradas, 18 en memorias en extenso y 6 de difusión; formación de recursos humanos asesorados: 15 de maestría y 2 de licenciatura.

**CARLOS RODRÍGUEZ MUELA.** Es Ingeniero Zootecnista desde 1982 y estudio la maestría en producción animal en 1992 y el doctorado con especialidad de nutrición animal en 1999 en la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Se ha desempeñado como maestro investigador de tiempo completo en la facultad de zootecnia desde 1982, impartiendo diversas cátedras de licenciatura y posgrado habiendo formado a la fecha 8 maestros en ciencias y 2 doctores. Cuenta con el perfil PROMEP desde el 2001. Actualmente es miembro del Cuerpo Académico de Nutrición Animal (UACHIH-CA1) y cultiva la línea de investigación "Bio-procesado y evaluación integral de alimentos para animales". Ha sido responsable técnico de 8 proyectos de investigación financiados por diversas Instituciones y dependencias oficiales y ha participado en mas de 25 congresos Nacionales e Internacionales y publicado diversos trabajos como resultado de la investigación desarrollada por más de 20 años. Ha colaborado como asesor técnico de diversas dependencias públicas y privadas como ALBAMEX, SA de CV, Fundación Produce Chihuahua y la Unión Ganadera Regional de Chihuahua, además de otros organismos y empresas privadas, relacionados con la producción animal en el Estado

# Cascarilla de avena y paja de trigo utilizados como sustrato para la producción de forraje verde hidropónico

## Production of hydroponic green fodder using oats husk and pricked wheat straw like substrate

G. SONIA RODRÍGUEZ DE LA ROCHA<sup>1</sup>, DELIA LORENA HERNÁNDEZ-ACOSTA<sup>1</sup>, IRMA C. FLORES-SÁENZ<sup>1</sup>, HILDA ESCOBEDO-CISNEROS<sup>1</sup>, ARMANDO QUINTERO-RAMOS<sup>1</sup>, VÍCTOR SANTANA-RODRÍGUEZ<sup>1</sup>, S. MARGARITA RODRÍGUEZ-RODRIGUEZ<sup>2</sup>

### Resumen

La tecnología para la producción de forraje verde hidropónico (FVH) representa una alternativa para la producción intensiva de ganado en zonas con baja precipitación pluvial, derivando ahorros sustantivos en consumo de agua e incrementando la producción en forma significativa. El empleo de semilla y sustratos adecuados para la producción del forraje son fundamentales para el desarrollo eficiente de estas prácticas. El objetivo de este estudio fue evaluar la adición de cascarilla de avena (25, 50 y 75 %) y paja de trigo (25, 50 y 75 %) para producción de forraje verde hidropónico a partir de semilla de trigo. Se utilizó un control empleando el 100 % de semilla. Cada uno los tratamientos fueron realizados por triplicado, evaluándose en cada uno de ellos la productividad del forraje obtenido. Los resultados mostraron que la mayor productividad del forraje se obtuvo cuando se empleó un 75 % de cascarilla de avena o paja de trigo con un 25 % de semilla, obteniéndose 35 y 45 kg de forraje respectivamente. La producción de (FVH) mediante el empleo de sustratos incrementa la productividad treinta cinco veces más que el cultivo de FVH sin la utilización de sustratos, representando una alternativa viable para la ganadería en zonas áridas.

**Palabras clave:** Forraje, hidroponía, avena, trigo, paja.

### Abstract

Hydroponic green fodder production technology represents an alternative for the intensive livestock production in areas with low rainfall, to produce important savings in water consumption and increasing production significantly. The use of suitable substrates for seed and forage production are essential to the efficient development of these practices. The objective of this study was to evaluate the influence of oats husk (25, 50 and 75 %) and wheat straw (25, 50 and 75 %) on the production of hydroponic green fodder starting from wheat seeds. A 100% wheat seed was used as witness. Each treatment was realized three times evaluating the productivity of the fodder. The results shows that the biggest fodder productivity is obtain when you use 75 % of oats husk or wheat straw with a 25% of wheat seeds getting 35 and 45 kg of fodder respectively. FVH production through the use of substrates increases productivity thirty-five fold compared with FVH cultivation without the use of substrates, representing a viable alternative for livestock in arid areas.

**Keywords:** Fodder, hydroponics, oats, wheat, straw.

### Introducción

**E**l forraje verde hidropónico (FVH) se produce con granos forrajeros de rápida capacidad de crecimiento, que son germinados por un periodo corto de tiempo en gabinetes especiales acondicionados apropiadamente. En general, el tiempo entre el comienzo de este proceso

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Chihuahua

<sup>2</sup> Centro de Estudios Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Chihuahua No. 6

<sup>3</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: rodson2@hotmail.com

y la cosecha se estima en siete días. Al final de este periodo se obtiene una manta compuesta de granos, raíces y brotes. Estos últimos pueden alcanzar una altura de hasta 25 cm (Arano, 1998).

La producción de forraje verde hidropónico, se traduce en un método de alta productividad, con una alta rentabilidad, poca inversión inicial, y un cambio drástico en su operación en comparación al cultivo tradicional (Rodríguez, 2003). Una experiencia en producción de FHV se llevó a cabo en Uruguay, utilizando semilla de cebada cervecera y como sustrato cascarilla de arroz fermentada; la densidad de plantación fue de 1 kg/m<sup>2</sup>, utilizándose 1 kg de semilla distribuido en 1 m<sup>2</sup>, obteniéndose 22 kg de FVH a los 12 días de crecimiento (Sánchez, 2000).

Esta estrategia de producción de forraje en forma intensiva, y con alta productividad, representa una alternativa para zonas ganaderas con problemas de falta de agua y estacionalidad en las cosechas, como se presentan en el estado de Chihuahua, donde se destina a la ganadería extensiva el 72 % de la superficie. Una unidad animal requiere de 1 a 15 ha para su manutención anual lo cual no hace viable la engorda de ganado en la entidad y por eso ostenta el primer lugar en exportaciones de becerros de sobre año. Sin embargo, se importan cantidades importantes de carne para el consumo interno del estado. Por otro lado el estado es productor importante de algunos cereales tales como avena y trigo, entre otros, y los subproductos de estos cereales pueden utilizarse como sustrato para el incremento de la productividad del FVH. El propósito de este estudio es evaluar la adición de cascarilla de avena y paja de trigo para producción de forraje verde hidropónico a partir de semilla de trigo

Se ha comparado la proporción de proteína de FVH de trigo sin sustrato, con otros forrajes considerados de alta calidad proteica (Cuadro 1). El contenido de proteína del FVH de trigo es mayor que la que se encuentra en FVH de maíz, así como en otros forrajes considerados de alta

calidad proteica, como la alfalfa seca y alfalfa fresca (Rodríguez, 1999; Pérez, 2000; Rodríguez, 2003, 2003b)

**Cuadro 1.** Comparación entre FVH de maíz y trigo, alfalfa fresca y seca en relación con algunos características nutricionales para la formulación de dietas.

Contenidos	Alfalfa seca	Alfalfa fresca	FVH maíz	FVH trigo
Materia seca	93.3	23.4	24.5	24.5
% Proteína cruda	18.4	18.9	14.8	22
% Fibra detergente neutro	45	62	37.6	39
% Fibra detergente ácido	36.9		12.2	16

Diversas fuentes: Rodríguez, 1999; Pérez, 2000; Rodríguez, 2003, 2003b.

Algunas de las semillas más recomendables como alimento del ganado son: trigo, avena, cebada, maíz, sorgo y casi todas las gramíneas. Dentro de las especies animales que se han alimentado con forraje verde hidropónico con resultados exitosos se pueden nombrar las aves de corral, cerdos, conejos, borregos, chivas, caballos y vacas (ganado de carne o leche) (Rodríguez, 2003).

#### *Ventajas que presenta el uso de FVH*

- Mayor producción por unidad de superficie.
- Se requiere menos agua.
- Se adecua a las necesidades del productor.
- La posibilidad de cultivar repetida e ininterrumpidamente una misma especie sin recurrir a la alternancia, y sin que tenga lugar el cansancio o agotamiento del suelo.
- Ofrece una disponibilidad de forraje verde fresco todo el año, independientemente de los cambios climáticos del medio ambiente.
- Menor empleo de mano de obra.
- Es altamente digestible y provee de una muy buena y alta calidad alimenticia. Es una excelente fuente proteica y vitamínica, lo cual denota su buen valor nutritivo (Rodríguez, 2002).

- Se obtiene uniformidad en los cultivos.
- Es una técnica adaptable a los conocimientos, espacios y recursos de la población. (Samperio, 2007)

## Materiales y Métodos

### Materiales

#### Cultivo:

- ◆ Invernadero de 3 m de ancho por 2 m de largo
- ◆ Semilla de trigo variedad Altar, cascarilla de avena
- ◆ Paja picada de trigo
- ◆ Charolas de plástico
- ◆ Aspersores
- ◆ Bolsas negras
- ◆ Colador
- ◆ Té de composta

#### Análisis foliar:

- ◆ Cápsula de porcelana
- ◆ Espátula
- ◆ Mortero
- ◆ Pinzas para combustión
- ◆ Matraz microkjeldahl de digestión
- ◆ Vaso de precipitado de 50 ml
- ◆ Destilador microkjeldahl
- ◆ Buretas
- ◆ Soporte universal
- ◆ Pinzas para bureta
- ◆ Pipeta serológica de 5 ml
- ◆ Matraz aforado de 25 ml
- ◆ Pipeta de 10 ml
- ◆ Probeta de 50 ml
- ◆ Tubos de digestión de 25 \* 300 mm

#### Reactivos

- ◆ Mezcla reactiva de selenio
- ◆ Ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) concentrado
- ◆ Hidróxido de Sodio (NaOH) al 40%
- ◆ Indicador mixto
- ◆ Ácido bórico (H<sub>3</sub>BO<sub>4</sub>) al 4 %
- ◆ Ácido clorhídrico (HCl) 0.1 N
- ◆ Ácido nítrico 1:1

#### Equipo

- ◆ Espectrofotómetro de absorción atómica, Perkin Elmer 3100
- ◆ Mufla, Lindberg
- ◆ Desecador
- ◆ Digestor
- ◆ Parrilla
- ◆ Balanza científica Chyo JK-180
- ◆ Destilador microkjeldahl

#### Métodos

Para la producción de (FVH) se utilizaron semillas de trigo variedad Altar y como sustrato se utilizó cascarilla de avena y paja picada de trigo, a diferentes concentraciones (Cuadro 2). El proyecto se efectuó en el otoño del 2007; el trabajo se llevó a cabo en un invernadero particular, ubicado en la calle Colegio Santa Mónica No. 2011, en la colonia Misión Universidad II de la ciudad de Chihuahua.

**Cuadro 2.** Tratamientos utilizados en el estudio en gramos en base húmeda

Tratamiento	g semilla de trigo	g de paja picada	g cascarilla de avena
1	1000	0	0
2	750	0	250
3	750	250	0
4	500	0	500
5	500	500	0
6	250	0	750
7	250	750	0

Cada uno de los tratamientos se realizó por triplicado. Cada formulación se colocó en una cubeta con agua y cal, dejando reposar por un lapso de 1 h. Se utilizaron 21 recipientes. Las semillas de cada tratamiento se dejaron en remojo durante 24 h, para la absorción de agua. Posteriormente se drenó para eliminar el exceso de agua, empleándose redes de escurrimiento, por un lapso de 30 min. Inmediatamente después la semilla se colocó en cubetas y se cubrieron con bolsas nylon color negro (para

evitar la luz) por un lapso de 24 h hasta su germinación.

Un kilogramo de semilla germinada y sustrato (cascarilla de avena o paja) de cada tratamiento se vertió en una charola y se le agregó té de composta a cada charola para prevenir la propagación de hongos. Las charolas se ubicaron en el invernadero al azar a una temperatura de 22-29 °C y se programó su irrigación de acuerdo al clima y al tamaño del forraje.

El sistema de riego utilizado fue por aspersión en las primeras charolas superiores, mientras que las inferiores se regaron en cascada, ya que la estantería estaba en forma de zigzag. Cuando se apreció el crecimiento de los tallos con un tono verde, se destaparon todas las charolas. Posteriormente se retiró el cuadro cuando alcanzó una altura de 20 a 25 cm y se pesó toda la producción, registrando los pesos para cada uno de los tratamientos. De cada tratamiento se tomaron muestras y se analizaron en su contenido de nitrógeno, calcio, potasio y fósforo

**Cuadro 3.** Proporción requerida por sustrato para la producción de 1 kg de material por charola

Tratamiento	g semilla de trigo	g paja picada	g cascarilla de avena
1	621	0	0
2	465	0	98
3	465	585	0
4	310	0	196
5	310	117	0
6	155	0	294
7	155	175	0

## Resultados y discusión

Después de las 24 horas en remojo de los sustratos de paja de trigo y cascarilla de avena, se registraron las ganancias en peso, y de acuerdo con estos datos obtenidos (Cuadro 4) se procedió a pesar las cantidades establecidas en los cuadros 2 y 3.

**Cuadro 4.** Relación entre base húmeda y seca de los materiales utilizados en el experimento.

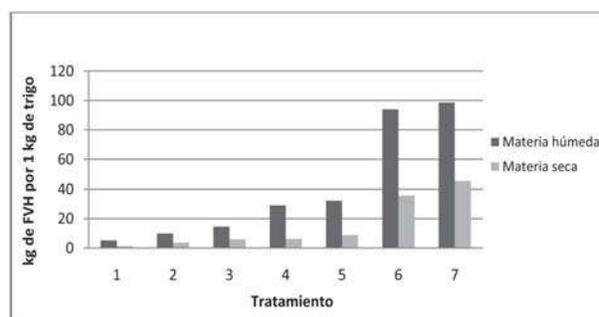
kg de semilla seca	kg de semilla húmeda
1 kg semilla de trigo	1.61 kg de trigo
1 kg paja picada de trigo	4.27 kg de paja picada de trigo
1 kg cascarilla de avena	2.55 kg de cascarilla de avena

En el Cuadro 5 se observa el rendimiento que se obtuvo de cada uno de los tratamientos, tanto en materia seca como húmeda, utilizando los diferentes sustratos, siendo la paja picada de trigo el sustrato que resultó con mayor producción así como la cascarilla de avena. Este valor se toma como materia seca debido a que el forraje fue secado al sol antes de obtener los resultados.

**Cuadro 5.** Rendimiento de forraje verde hidropónico utilizando como sustrato cascarilla de avena y paja picada cuando se utiliza 1 kg de trigo

Tratamiento	Productividad de FVH (kg) en materia húmeda		Productividad de FVH (kg) en materia seca	
	Charola	Por kg de semilla	Charola	Por kg de semilla
1	3.2	5.153	0.8	1.28
2	4.62	9.91	1.72	3.69
3	6.78	14.55	2.81	6.03
4	9.04	29.06	1.93	6.2
5	10	32.15	2.74	8.8
6	14.43	93.9	5.52	35.63
7	15.28	98.58	7.08	45.67

**Figura 1.** FVH por kg de semilla de trigo utilizada

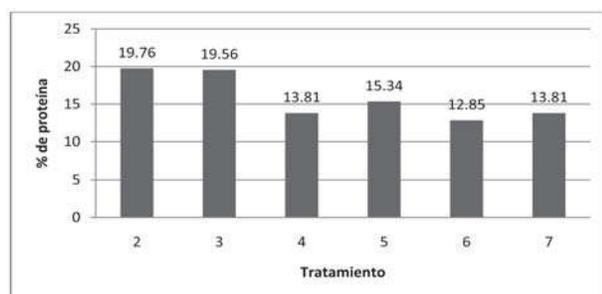


El tratamiento siete fue el que registró mayor productividad de FVH en materia húmeda por kg de semilla de trigo, con 98.58 kg de FVH con una altura de 25 cm, seguido por el tratamiento seis que dio una productividad de 93.9 kg en húmedo con la misma altura.

En materia seca, el tratamiento siete fue el que registró mayor productividad de FVH por kg de semilla de trigo, con 45.67 kg de FVH con una altura de 25 cm, seguido por el tratamiento seis que tuvo una productividad de 35.63 kg en húmedo con la misma altura.

Se observa que a medida que se aumenta el nivel de paja o de cascarilla también se incrementa la producción de FVH, esto se debe a que la paja picada de trigo contiene una mayor absorción de agua, por lo cual hace que se mantenga húmeda y obtenga mayor aireación en el colchón forrajero; lo que se explica por la presencia de microorganismos (bacterias nitrificantes) que se convierten en un medio rico en nutrientes fijadoras de nitrógeno a consumidoras del mismo y de otros nutrientes.

**Figura 3.** Porcentaje de proteína contenida en FVH obtenido.



Los tratamientos siete y seis (Figura 3) registraron una proporción aceptable en gramos de proteínas (12.85 y 13.81 % respectivamente), si se considera que las semillas de trigo blando no alcanzan estos porcentajes; según información proporcionada por Harinas el Globo, la semilla de trigo Altar, clasificación Durum tiene un porcentaje de proteína en gramos normal de 12.2 %. Aunque el tratamiento dos resultó muy alto en esta característica, su producción fue mucho menor,

lo que lo hace no redituable, económicamente hablando.

#### *Análisis estadístico de resultados*

Los resultados obtenidos de la producción de FVH se analizaron con el programa Minitab14 (2006) con un diseño completamente al azar con comparación de medias de acuerdo a Tukey ( $\alpha= 0.05$ )

**Cuadro 6.** Producción promedio por tratamiento.

Tratamiento	Kg de Forraje Verde Hidropónico			
1	3.201	±	0.124	e
2	4.607	±	0.816	d <sup>e</sup>
3	6.777	±	1.956	c <sup>de</sup>
4	9.04	±	1.867	c <sup>d</sup>
5	10.00	±	0.583	b <sup>c</sup>
6	14.43	±	2.990	b <sup>a</sup>
7	15.29	±	1.461	a

De acuerdo al análisis estadístico de los resultados, el análisis de varianza mostró diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 6). Los tratamientos con mayor producción fueron aquellos en los que se incluyeron mayores niveles de cascarilla o de paja (tratamientos 6 y 7).

## Conclusiones

El método hidropónico para la producción de FVH es una buena alternativa para reactivar la economía del campo en el sector ganadero en regiones en que el agua es un factor limitante, además de que es un complemento proteínico de alta calidad y bajo costo.

Los tratamientos que usaron como sustrato paja picada, fueron los que dieron mayor rendimiento, observándose así una mayor productividad en el tratamiento 7 el cual contiene 250 gr de semilla y 750 gr paja picada en materia húmeda. La cantidad de agua que se utiliza en la producción de FVH es de máximo 2 l por kg de forraje producido, en comparación con lo que se utiliza para producir un kg de alfalfa

(800 I). Por ello la importancia de usar métodos hidropónicos en zonas de baja precipitación pluvial, como en el estado de Chihuahua.

## Agradecimientos

Se agradece a la empresa Harinas de Chihuahua por facilitar la semilla de trigo variedad Altar y su contenido en proteínas.

## Literatura citada

ARANO R. C. 1998. Forraje verde hidropónico y otras técnicas de cultivo sin tierra. Buenos Aires Argentina. Ed. Universidad de Buenos Aires Textos. p. 147-150.

RODRÍGUEZ R. S. 2003. Forraje verde hidropónico, (Ed. Nevárez M. G., Hidroponía 2003 lo más cerca del futuro, Chihuahua, Chih. México, Ed. Universidad Autónoma de Chihuahua. Pág. 87, 88, 91, 92, 93, 95.

RODRÍGUEZ R. S., Hidroponía: agricultura y bienestar, marzo 2002. Chihuahua, Chih. México, Ed. Universidad Autónoma de Chihuahua textos universitarios, Pág. 65-71, 69 y 70.

RODRÍGUEZ R. S. 2001. Informe entregado al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Proyecto Sivilla clave 9505097.

RODRÍGUEZ M. C. y col, 2003 Producción de forraje verde mediante sistemas hidropónicos, Chihuahua, Chih. Ed. Universidad Autónoma de Chihuahua, Pág. 1-7.

SÁNCHEZ C. A, 2000, Una experiencia del forraje verde hidropónico, Uruguay Montevideo. Universidad Nacional Agraria La Molina, pág. 1,2 y 3

SAMPERIO G. Cultivos sin tierra. <http://www.glosam.com/ventajas.htm>. consultado el 10 de Marzo del 2007. 

Este artículo es citado así:

Rodríguez-De la Rocha G. S., D. L. Hernández-Acosta, I. C. Flores-Sáenz, H. Escobedo-Cisneros, A. Quintero-Ramos, V. Santana-Rodríguez, S. M. Rodríguez-Rodríguez: 2009: *Cascarilla de avena y paja de trigo utilizados como sustrato para la producción de forraje verde hidropónico*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 3(3): 160-165.

## Resúmenes curriculares de autor y coautores

**GUADALUPE SONIA RODRÍGUEZ DE LA ROCHA**. Es profesor-investigador de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Asesora estudiantes de licenciatura. Obtuvo su licenciatura en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Guadalajara recibiendo el título de Químico su maestría en la Facultad de Zootecnia de Universidad Autónoma de Chihuahua título Maestro en Ciencias área menor nutrición. Su investigación se centra principalmente en la aplicación de la Química a la producción alimentaria utilizando el método hidropónico así como en los nutrientes que dichos productos pueden aportar en la nutrición animal y de humanos. Ha impartido más de 60 cursos a la población sobre hidroponía en los estados de Chihuahua, Durango, y Sonora, a participado como organizador de 2 congresos en el área de hidroponía como maestro ponente y fundadora y presidente de la Sociedad Chihuahuense de Hidroponía, ha dirigido las brigadas de Servicio Social denominadas hidroponía y conservación de alimentos que han llegado a un mínimo de 24 Comunidades del estado de Chihuahua a lo largo de 14 años. Ha escrito libros, folletos y artículos así como material didáctico en el área.

**ARMANDO QUINTERO-RAMOS**. Es profesor-investigador de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Asesora estudiantes de licenciatura y posgrado. Obtuvo su licenciatura en Ingeniería Bioquímica en el Instituto Tecnológico de Los Mochis, su maestría en el Instituto Tecnológico de Durango y su doctorado en Ingeniería Bioquímica en el área de alimentos en la misma institución, con un programa conjunto con el Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad de Cornell. Su investigación se centra en optimización de procesos y productos, fundamentándolo en estudio de los mecanismos de transferencia de masa y calor de los materiales durante el procesamiento, a través de la evaluación de propiedades físicas, químicas y sensoriales de alimentos. Con un enfoque especial en la evaluación de las propiedades de textura de los materiales procesados. Desarrolla procesos que permita incrementar la vida de anaquel y el valor agregado en alimentos o subproductos de origen vegetal.

**VÍCTOR MANUEL SANTANA RODRÍGUEZ**. Terminó su licenciatura en 1978, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Químico Bromatólogo por la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Realizó su Maestría (1989) y Doctorado (1993) en la Universidad de Puerto Rico en el área de Ciencia y Tecnología de Alimentos. De 1981 a 1986 y de 1995 a la fecha labora en la Facultad de Ciencias Químicas y posee la categoría de académico titular C. Su área de especialización es la extrusión de alimentos y el estudio fisicoquímico de polisacáridos en cereales. Ha dirigido once tesis de licenciatura y veinte de Maestría. Actualmente dirige cuatro tesis de Licenciatura y tres de Maestría en colaboración con el CIAD. Es coautor, también en colaboración con el CIAD de seis artículos científicos; además ha presentado 34 ponencias orales y/o en cartel.

# Guía para autores de escritos científicos

## Política editorial

Son bienvenidos manuscritos originales e inéditos de tipo científico, tecnológico o humanístico, los cuales deberán estar escritos en un lenguaje accesible a lectores con formación profesional, atendiendo a los principios de: precisión, lógica y claridad. Todo manuscrito recibido es revisado en primera instancia por el Comité de Editores Asociados, para asegurar que cumple con el formato y contenido establecido por las normas editoriales de *TECNOCIENCIA Chihuahua*. Una vez revisado el escrito, los editores asociados determinarán si vale la pena publicarlo; enseguida se le regresa al autor responsable para que incorpore las observaciones y sea editado. Posteriormente, es sometido a un estricto arbitraje bajo el sistema de doble ciego, realizado por dos especialistas en el área del conocimiento. Para su evaluación se aplican los criterios de: rigor científico, calidad y precisión de la información, relevancia del tema y la claridad del lenguaje.

Los árbitros prestarán especial atención a la originalidad de los escritos, es decir, revisarán que dicho manuscrito sea producto del trabajo directo del autor o autores y que no haya sido publicado o enviado algo similar a otras revistas. Los artículos deben presentar: un análisis detallado de los resultados así como un desarrollo metodológico original, una manipulación nueva del tema investigado o ser de gran impacto social. Solo serán aceptados trabajos basados en encuestas donde se incluyan mediciones, organización, análisis estadístico, prueba de hipótesis e inferencia sobre los datos obtenidos del estudio.

## Lineamientos generales

Se aceptan manuscritos originales e inéditos, producto de la creatividad del o los autores, cuyos resultados de investigación no hayan sido publicados parcial o totalmente (excepto como resumen de algún congreso científico), ni estén en vías de publicarse en otra revista (nacional o internacional) o libro.

Para tal fin, el autor y coautores deberán firmar la carta de autoría, donde declaran que su trabajo no ha sido publicado o enviado para su publicación simultáneamente en otra revista; además, en dicho documento señalarán estar de acuerdo en aceptar las normas y procedimientos establecidos por el Consejo Editorial Internacional de la Revista *TECNOCIENCIA Chihuahua*, especificando el nombre del investigador a quien se dirigirá

toda correspondencia oficial (autor de correspondencia).

Se aceptan artículos en español o inglés, sin embargo, tanto el título como el resumen deberán escribirse en ambos idiomas. El contenido puede ser cualquier tema relacionado con algunas de las áreas del conocimiento definidas previamente o que a juicio del Consejo Editorial Internacional pueda ser de interés para la comunidad científica.

El Comité Editorial del área a la que se envíe el manuscrito, revisará que los resultados obtenidos sean de impacto regional, nacional o internacional. Además, prestará atención a la metodología en la que se sustenta la información y que esta sea adecuada y verificable por otros investigadores. No se aceptarán artículos basados en pruebas de rutina, o cuyos resultados experimentales se obtuvieron sin un método estadístico apropiado.

Cuando un artículo presente resultados experimentales con un alcance limitado puede recomendarse su publicación como una Nota Científica. Reconocemos que una mejora de la calidad de la revista es responsabilidad tanto del Consejo Editorial Internacional como de los autores.

## Manuscritos

Se entregarán cuatro copias impresas y una versión electrónica del manuscrito. También podrán remitirse los manuscritos a las direcciones electrónicas de la revista que fueron mencionadas anteriormente pero la carta de pre-

sentación, firmada debidamente por los autores, deberá entregarse personalmente en las oficinas de la Dirección de Investigación y Posgrado; también puede escanearse para su envío por correo electrónico o remitirse por fax [(614) 439-1823]. Todo manuscrito deberá acompañarse con la carta de autoría firmada por todos los autores, cuyo formato es proporcionado por la revista. En la carta deberá indicarse el orden de coautoría y el nombre del autor de correspondencia con la revista, para facilitar la comunicación con el Editor en Jefe. Esta carta debe incluir datos completos de su domicilio, número de fax y dirección electrónica.

### Formato

El manuscrito científico tendrá una extensión máxima de 25 cuartillas, incluyendo figuras y cuadros, sin considerar la página de presentación. Para su escritura se utilizará procesador Word 6.0 o posterior, para Windows 98 o versión más reciente; todo texto se preparará utilizando letra Arial 12 puntos, escrito a doble espacio y numerando páginas, renglones, cuadros y figuras del documento para facilitar su evaluación. Utilizar un margen izquierdo de 3.0 cm. y 2.0 para el resto. Se recomienda no utilizar sangría al empezar cada párrafo del manuscrito. Los manuscritos de las diferentes categorías de trabajos que se publican en la revista deberán contener los componentes que a continuación se indican, empezando cada uno de ellos en página aparte.

- Página de presentación.
- Resumen en español (con palabras clave en español).
- Resumen en inglés, *abstract* (con palabras en inglés, *keywords*).

- Texto (capítulos y su orden).
- Agradecimientos.
- Literatura citada.
- Cuadros y gráficas.

**Página de presentación.** Esta página no se numera y debe contener: a) Títulos en español e inglés, escritos en mayúsculas y minúsculas, letras negritas y centradas; b) Nombres de los autores en el orden siguiente: Nombres y apellidos de autor y coautores, uniendo con un guión el apellido paterno y materno de cada uno; además, incluir su afiliación institucional; c) Información completa (incluyendo teléfono, domicilio con el código postal y dirección electrónica) anotando departamento e institución a la que pertenece el autor y coautores; si el autor y coautores pertenecen a la misma institución, no es necesario numerarlos (ver ejemplo mostrado en el cuadro de texto). Como una norma general, el Editor en Jefe se dirigirá solamente al autor de correspondencia mencionado en la carta de autoría y no se proporcionará información alguna a otra persona que lo solicite.

**Título.** Es indicador del contenido del artículo, y si está escrito apropiadamente, facilitará indexarlo. Un buen título es breve (no más de 15 palabras), descriptivo e identifica el tema y propósito del estudio; al escribir el título debe elegirse palabras de gran impacto que revele la importancia del trabajo. Es recomendable evitar el uso de palabras o frases que tienen poco impacto y que no proporcionan información relevante sobre el contenido del estudio; como ejemplos pueden citarse: “Estudio de...”, “Influencia de la...”, “Efecto del...”, etc.

**Resumen en español.** Al leer un resumen, el investigador puede reconocer el valor del contenido del escrito científico y decidir si lo revisa todo; por lo tanto, el resu-

**Cuadro 1.** Ejemplo de una página de presentación de un manuscrito científico que incluye títulos, autores y coautores, así como nombre de institución de adscripción y datos generales para propósitos de comunicación.

## Análisis de áreas deforestadas en la región centro-norte de la Sierra Madre Occidental de Chihuahua, México

### Deforest analysis areas in the north central region of the Sierra Madre Occidental of Chihuahua, Mexico

CARMELO PINEDO ÁLVAREZ,<sup>1</sup> ALFREDO PINEDO ÁLVAREZ,<sup>2</sup>  
REY MANUEL QUINTANA MARTÍNEZ,<sup>1</sup> Y MARTÍN MARTÍNEZ SALVADOR<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Profesor de la Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua. Periférico Francisco R. Almada, Km 1 de la Carretera Chihuahua-Cauhtémoc. Chihuahua, Chih., México, 31031. Tel. (614) 434-0303. cpinedo@uach.mx.

<sup>2</sup> Estudiante de posgrado de la Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua.

<sup>3</sup> Investigador del Campo Experimental La Campana-Madera, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Av. Homero 3744, Fracc. El Vergel. Chihuahua, Chih., México, 31100.

men proporciona valiosa información del estudio y también le facilita al lector decidir si lee todo el escrito. En la segunda página se debe incluir un resumen que no exceda las 250 palabras. En él se indicarán la justificación y objetivos del estudio; dar una breve descripción de la metodología empleada; describir los resultados más relevantes y presentar datos numéricos importantes (ejemplo: *se observó un incremento de 15% en el rendimiento con la densidad de 60,000 plantas por hectárea*), y de ser posible, enfatizar el significado estadístico y escribir la conclusión general del trabajo.

**Palabras clave.** Después del resumen, en punto y aparte, escribir alfabéticamente de 4 a 6 palabras o frases cortas clave diferentes a las del título, que ayuden a indexar y clasificar el trabajo de acuerdo a su contenido. Las palabras se publicarán junto con el resumen. Los nombres de especies biológicas se escriben al principio de esta sección.

**Resumen en inglés (abstract).** Debe ser una traducción exacta del resumen en español, para ello es conveniente que los autores busquen la asesoría de profesionales de las ciencias que dominen el idioma inglés.

**Palabras clave en inglés (keywords).** Son las mismas palabras indicadas para el resumen en español que deberán ser traducidas al idioma inglés con la asesoría de un científico o técnico experto en la lengua.

**Texto (capítulos y su orden).** Existen diferencias en cuanto al contenido y estructura de cada una de las categorías de escritos científicos, que son publicados en la revista. Las normas específicas para cada categoría son descritas enseguida, y para aquellos escritos recibidos que no se ajusten a estos formatos, el Consejo Editorial decidirá si pueden enviarse para su revisión al Comité Editorial del área correspondiente.

## 1. Artículo científico

Trabajo completo y original, de carácter científico o tecnológico, cuyos resultados se obtuvieron de investigaciones conducidas por los autores en alguna de las seis áreas del conocimiento citadas inicialmente. El manuscrito científico se divide en los capítulos siguientes:

- Resumen y *abstract*.
- Introducción.
- Materiales y métodos.
- Resultados y discusión.
- Conclusiones.
- Agradecimientos.
- Literatura citada.

### Resumen y *abstract*

En una sección previa fueron descritas las normas editoriales para elaborar esta sección del escrito científico.

### Introducción

- a) Es importante resaltar el *tema* del que trata la investigación. Se recomienda iniciar esta sección redactando una o dos oraciones de carácter universal, que sirva al investigador como argumento científico al describir su trabajo. A continuación se cita un artículo, cuyo título es: “Olor penetrante y azúcares de cultivares de cebolla de días cortos afectados por nutrición azufrada”. Los autores empiezan con las oraciones siguientes:

“El sabor en la cebolla (*Allium cepa*) depende de hasta 80 compuestos azufrados, característicos del género *Allium*, además de varios carbohidratos solubles en agua. La intensidad del sabor es determinada por el genotipo de la variedad de cebolla y el ambiente en que se cultiva”.

- b) También debe incluirse la *información previa* y *publicada* sobre el tema del estudio (*antecedentes*). Para orientar al lector es suficiente incluir referencias bibliográficas relevantes y recientes, en lugar de una revisión extensa de citas a trabajos viejos y de poca importancia sobre el tópico investigado. A continuación se presenta un ejemplo de cómo presentar cronológicamente las citas bibliográficas:

“La existencia de variación genética dentro de los cultivares de cebolla ha sido demostrada para intensidad de sabor y contenido total de azúcares” (Darbyshire y Henry, 1979; Bajaj *et al.*, 1980; Randle, 1992b).

- c) *Problema a resolver*. Con una o dos oraciones especificar el problema abordado, justificar la realización del estudio, o bien, enunciar la hipótesis planteada por el investigador y cuya validez será probada por el experimento. Siguiendo con el ejemplo anterior, se presenta una breve descripción del problema estudiado:

“Se requiere un mayor conocimiento sobre características deseables, como el sabor intenso y contenido de carbohidratos solubles de la cebolla, que son afectadas por la interacción cultivar x niveles de fertilización azufrada”.

- d) *Definición de los objetivos del estudio*. Aquí se enuncia brevemente hacia donde se dirige la in-

vestigación, es decir, se describe la manera o el medio a través del cual se pretende examinar el problema definido o la pregunta planteada por el investigador. Esta parte de la introducción permitirá al lector ver si las conclusiones presentadas por el investigador son congruentes con los objetivos planteados al inicio del trabajo. Ejemplo:

*“Los objetivos de esta investigación fueron: Evaluar cultivares de cebolla de fotoperiodo corto, caracterizadas por su poco sabor y bajo contenido de carbohidratos solubles en agua, con niveles bajos y altos de azufre y determinar la asociación de dichas características con la fertilización”.*

### **Materiales y métodos**

Esta sección debe responder a las preguntas: ¿Dónde? ¿Cuándo? ¿Cómo se hizo el trabajo? Puede incluir cuadros y figuras. El autor debe proporcionar información concisa, clara y completa, para que las técnicas y/o los procedimientos descritos así como las condiciones bajo las cuales se llevó a cabo el estudio, puedan ser repetibles por otros investigadores competentes en el área (lugar, ciclo o etapa biológica, manejo del material biológico, condiciones ambientales, etc.).

Si un procedimiento es ampliamente conocido basta con citar a su(s) autor(es); sin embargo, cuando el método seguido ha sido modificado, debe proporcionarse detalles suficientes del mismo así como de un diseño experimental inusual o de los métodos estadísticos aplicados para el análisis de los resultados (arreglo de tratamientos, diseño experimental, tamaño de la unidad experimental, variables de respuesta, proceso de muestreo para obtener los datos, análisis estadístico de los datos, técnica de comparación de medias, etc.). Es recomendable dar una descripción cronológica del experimento y de los pasos de la metodología aplicada.

Al describir los materiales, deben señalarse especificaciones técnicas, cantidades, fuentes y propiedades de los materiales indicando nombre y dirección del fabricante. Para el caso de material biológico, dar información suficiente de las características particulares de los organismos (edad, peso, sexo, etapa fenológica, etc.); es importante también identificar con precisión el género, especie y nombre del cultivar o raza utilizado en el estudio. Si se trata de material no vivo, por ejemplo suelo cultivado, proporcionar los datos taxonómicos para facilitar su identificación.

### **Resultados y discusión**

En esta parte importantísima del manuscrito los resultados derivados del estudio se distinguen porque: son presentados en forma de cuadros y figuras, analizados estadísticamente e interpretados, bajo la luz de la hipótesis planteada antes de iniciar la investigación. Es recomendable que el autor incluya un número óptimo de cuadros y figuras de buena calidad, que sean absolutamente necesarios y que sirvan como fundamento para mejorar la comprensión de los resultados y darle soporte a la hipótesis sometida a prueba.

Cada cuadro y figura debe numerarse; su título debe ser claro y descriptivo; los símbolos y abreviaturas incluidos deben ser explicados apropiadamente. Los cuadros y figuras elaborados a partir de los *resultados* deben ser explicativos por sí mismos; los comentarios que se hagan deben resaltar características especiales tales como: Relaciones lineales o no lineales entre variables, una cantidad estadísticamente superior a otra, tendencias, valores óptimos, etc. En síntesis responde a la pregunta “¿qué ocurrió?”.

En la sección de *discusión* los datos presentados en forma de cuadros y figuras son interpretados enfocando la atención hacia el problema (o pregunta planteada) definido en la introducción, buscando demostrar la validez de la hipótesis elaborada por el investigador. Una buena discusión puede contener:

- a) Principios, asociaciones y generalizaciones basadas en los resultados;
- b) excepciones, variables correlacionadas o no y definición de aspectos del problema no citados previamente pero que requieren ser investigados;
- c) énfasis sobre resultados que están de acuerdo con otro trabajo (o lo contradicen), y
- d) implicaciones teóricas o prácticas.

Cuando la discusión se presenta en una sección separada no debe escribirse como una recapitulación de los resultados, pero debe centrarse en explicar el significado de ellos y explicar cómo proporcionan una solución al problema abordado durante el estudio. Cuando se comparan los resultados del presente estudio con otros trabajos, ya sea que coincidan o estén en desacuerdo con ellos, deben citarse las referencias más pertinentes y recientes.

### **Conclusiones**

Es aceptable escribir en una sección separada una o varias conclusiones breves, claras y concisas, que se desprenden de los resultados de la investigación y que sean

una aportación muy concreta al campo del conocimiento donde se ubica el estudio. No se numeran las conclusiones y al redactarlas debe mantenerse la congruencia con los objetivos del trabajo y el contenido del resumen.

### Agradecimientos

En esta sección se da el crédito a personas o instituciones que apoyaron, financiaron o contribuyeron de alguna manera a la realización del trabajo. No se debe mencionar el papel de los coautores en este apartado.

### Literatura citada

Incluye la lista de referencias bibliográficas citadas en el manuscrito científico, ordenadas alfabéticamente y elaborada conforme a las reglas siguientes:

1. Es recomendable que las referencias bibliográficas obtenidas sean preferentemente de: *Artículos científicos* de revistas periódicas indexadas, *capítulos o libros y manuscritos en extenso* (4 o más cuartillas) publicados en memorias de congresos científicos.
2. Al escribir una referencia empezar con el apellido paterno (donde sea costumbre agregar enseguida el apellido materno separado por un guión) del autor principal y luego las iniciales de su(s) nombre(s). Enseguida escriba la inicial del nombre del segundo autor y su primer apellido. Continuar así con el tercero y siguientes autores separando sus nombres con una coma y una y entre el penúltimo y último autor.
3. Colocar primero las referencias donde un autor es único y enseguida donde aparece como autor principal. En estos casos el orden de las citas se establece tomando como base el apellido del primer coautor que sea diferente.
4. En las citas donde el(los) autor(es) sea(n) los mismos, se ordenarán cronológicamente; se utilizarán letras en referencias de los mismos autores y que fueron publicadas en el mismo año (2004a, 2004b, 2004c, etc.).
5. Títulos de artículos y de capítulos de libros se escribirán con minúsculas (excepto la primera letra del título y nombres propios). Los títulos de libros llevan mayúsculas en todas las palabras excepto en las preposiciones y artículos gramaticales.

Cada uno de los tipos de referencias bibliográficas y las reglas para citarlas se ilustran con ejemplos enseguida:

#### *Artículos científicos de revistas periódicas*

- GAMIELY, S., W. M. Randle, H. A. Mills, and D. A. 1991. Onion plant growth, bulb quality, and water uptake following ammonium and nitrate nutrition. *HortScience* 26(9):1061-1063.
- RANDLE, W. M. 1992a. Sulfur nutrition affects nonstructural water-soluble carbohydrates in onion germplasm. *HortScience* 27(1):52-55.
- RANDLE, W. M. 1992b. Onion germplasm interacts with sulfur fertility for plant sulfur utilization and bulb pungency. *Euphytica* 59(2):151-156.

#### *Capítulos de libros*

- DARBYSHIRE, B. and B. T. Steer. 1990. Carbohydrate biochemistry. In: H.D. Rabinowitch and J.L. Brewster (eds.). *Onions and allied crops. Vol. 3. CRC Press, Boca Raton, Fla. p. 1-6.*

#### *Libros*

- STEEL, R. G. D. and J. H. Torrie. 1960. Principles and Procedure of Statistics: A Biometrical Approach. McGraw-Hill Book Company Inc. New York. 481 p.

#### *Memorias de Congresos científicos*

- MATA, R. J., F. Rodríguez y J. L. Pérez. 2005. Evaluación de aditivos fertilizantes: raíz-set LSS (producto comercial) y root N-Hancer (producto experimental) en la producción de ajo (*Allium sativum* L.) y cebolla (*Allium cepa* L.) en Chapingo, México. In: Memoria de artículos en resumen y en extenso, XI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas (SOMECH). 27-29 de septiembre de 2005. Chihuahua, Chih., México. p. 134.

#### *Boletín, informe, publicación especial*

- HOAGLAND, D. R. and D. I. Arnon. 1980. The water culture method for growing plants without soil. Calif. Agr. Exp. Sta. Circ. 347. 50 p.
- ALVARADO, J. 1995. Redacción y preparación del artículo científico. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Publicación Especial 2. 150 p.
- US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY(USEPA). 1981. Process design manual for land treatment of municipal wastewater. USEPA Rep. 625/1-77-008 (COEEM1110-1-501). U.S. Gov. Print. Office, Washington, D.C. 60 p.

## 2. Nota científica

Son de menor extensión que un artículo (máximo 10 cuartillas a doble espacio, incluyendo cuadros y figuras).

Pueden incluirse:

- a) Descubrimientos o aportaciones breves, obtenidas de un estudio reciente de carácter local o limitado;
- b) el producto de modificaciones o mejoramiento de técnicas, procedimientos experimentales, análisis estadísticos, aparato o instrumental (de laboratorio, invernadero o campo);
- c) informes de casos clínicos de interés especial;
- d) resultados preliminares, pero importantes y novedosos, de investigaciones en desarrollo, o bien,
- e) desarrollo y aplicación de modelos originales (matemáticos o de cómputo) y todos aquellos resultados de investigación que a juicio de los editores merezcan ser publicados.

Como en el caso de un artículo extenso, la nota científica debe contener: a) *título* (español e inglés), b)

autor(es), c) institución de adscripción del autor(es), d) resumen (en español e inglés), e) palabras clave (español e inglés). El texto de una nota científica contendrá también la misma información señalada para un artículo extenso: f) introducción, g) materiales y métodos, h) resultados y discusión, e i) conclusiones, sin embargo, su redacción será corrida de principio a final del trabajo; esto no quiere decir que sólo se supriman los subtítulos, sino que se redacte en forma continua y coherente. La nota científica también incluye el inciso k) bibliografía.

### 3. Ensayo científico

Manuscrito de carácter científico, filosófico o literario, que contiene una contribución crítica, analítica y sólidamente documentada sobre un tema específico y de actualidad. Se caracteriza por ser una aportación novedosa, inédita y expresa la opinión del(os) autor(es) así como conclusiones bien sustentadas. Su extensión máxima es de 20 cuartillas a doble espacio (incluyendo cuadros y figuras).

La estructura del ensayo contiene los incisos siguientes: a) Títulos (español e inglés), b) autor(es), c) Institución de adscripción, d) resumen (español e inglés), e) palabras clave (español e inglés), f) introducción, g) desarrollo del tema, g) conclusiones y h) bibliografía. El tópico es analizado y discutido bajo el apartado *Desarrollo del tema*.

### 4. Revisión bibliográfica

Consiste en el tratamiento y exposición de un tema o tópico relevante y de actualidad. Su finalidad es la de resumir, analizar y discutir, así como poner a disposición del lector información ya publicada sobre un tema específico. Ya sea que la revisión temática sea solicitada por el Consejo Editorial a personas expertas o bien que el manuscrito sea presentado por un profesional experimentado, debe resaltarse la importancia y significado de hallazgos recientes del tema. El texto contiene los mismos capítulos de un ensayo, aunque en el capítulo *desarrollo del tema* es recomendable el uso de encabezados para separar las diferentes secciones o temas afines en que se divide la revisión bibliográfica; además, se sugiere el uso de cuadros y figuras para una mayor comprensión del contenido.

*Desarrollo del tema* es recomendable el uso de encabezados para separar las diferentes secciones o temas afines en que se divide la revisión bibliográfica; además, se sugiere el uso de cuadros y figuras para una mayor comprensión del contenido.

### Preparación de cuadros y figuras

Se recomienda insertar los cuadros y figuras, numerados progresivamente, en el lugar correspondiente del texto. Deberá incluirse por separado un archivo para los cuadros y otro para las figuras en formato Excel, con el propósito de editarlos en caso de ser requerido. Los títulos de los cuadros y/o figuras se escriben en letra Arial, negritas y 12 puntos. En los títulos, el uso de las letras mayúsculas se limita a la primera letra y nombres propios.

### Cuadros

Los cuadros con los resultados se presentan en tablas construidas preferentemente con tres o cuatro líneas horizontales; las dos primeras sirven para separar los encabezados, mientras que la(s) última(s), para cerrar la tabla. Las líneas verticales se usan también para distinguir columnas de datos. El cuadro 1 presenta un ejemplo de cuadro con información estadística.

### Figuras

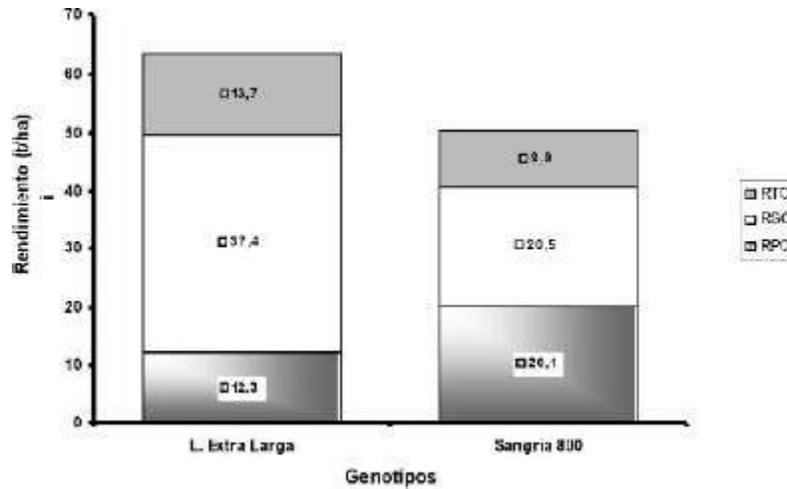
En las figuras no se debe duplicar la información presentada en los cuadros o viceversa. Se recomienda el uso de medidas de acuerdo al Sistema Métrico Decimal y las abreviaturas utilizadas deberán apearse a las recomendaciones que aparecen en la tabla que se anexa al presente documento.

Siempre que se incluyan figuras de línea o de otro tipo deben utilizarse símbolos bien definidos para evitar confusiones. Si se usan gráficas del tipo de barras o pastel, los rellenos deben ser contrastantes. En lo posible, las fotografías incluidas en el manuscrito deben ser en blanco y negro, en formato *tif* con 300 puntos de resolución y enviadas en un archivo electrónico separado.

Cuadro 1. Análisis de varianza de la variable *Peso de flor fresca en Golden Delicious*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Cuadrado medio	F <sub>c</sub> calculada	Significancia P <sub>r</sub> > F <sub>t</sub>
Colector	3	4306,25	1435,42	2,68	0,1099
Día	3	214118,75	71372,92	133,30	0,0001
Error	9	4818,75	535,42	-	-
Total	15	223243,75	Desv. Estándar =	23,14	
Estimadores	CV <sub>(%)</sub> =	10,9	Media =	211,9	

Figura 1. Rendimiento de tres cortes en dos genotipos de sandía (Janos, Chih., UACH-2005).



Cuadro 2. Unidades de medición y abreviaturas de uso frecuente.

Unidades	Abreviatura	Unidades	Abreviatura
cal	Caloría(s)	ml	Mililitro (s)
cm	Centímetro(s)	mm	Milímetro (s)
°C	Grado centígrado(s)	min	Minuto (s)
DL <sub>50</sub>	Dosis letal 50%	ng	Nanogramo (s)
g	Gramo(s)	P	Probabilidad (estadística)
ha	Hectárea(s)	p	Página
h	Hora (s)	PC	Proteína cruda
i. m.	Intramuscular (mente)	PCR	Reacción en cadena de la polimerasa
i. v.	Intravenosa (mente)	pp	Páginas
J	Joule(s)	ppm	Partes por millón
kg	Kilogramo(s)	%	Por ciento (con número)
km	Kilómetro(s)	rpm	Revoluciones por minuto
l	Litro(s)	seg	Segundo (s)
log	Logaritmo decimal	t	Tonelada (s)
Mcal	Megacaloría(s)	TND	Total de nutrientes digestibles
MJ	Megajoule(s)	UA	Unidad animal
M	Metro(s)	UI	Unidades internacionales
msnm	Metros sobre el nivel del mar	vs	Versus
µg	Microgramo(s)	xg	Gravedades
µl	Microlitro(s)	km.h <sup>-1</sup>	Kilómetro por hora
µm	Micrómetro(s) ó micra(s)	t.ha <sup>-1</sup>	Tonelada por hectárea
mg	Miligramo(s)	µg. ml	Microgramos por mililitro

Cualquier otra abreviatura se pondrá entre paréntesis inmediatamente después de la(s) palabra(s) completa(s).

Los nombres científicos y otras locuciones latinas se deben escribir en cursivas, como se indica en los ejem-

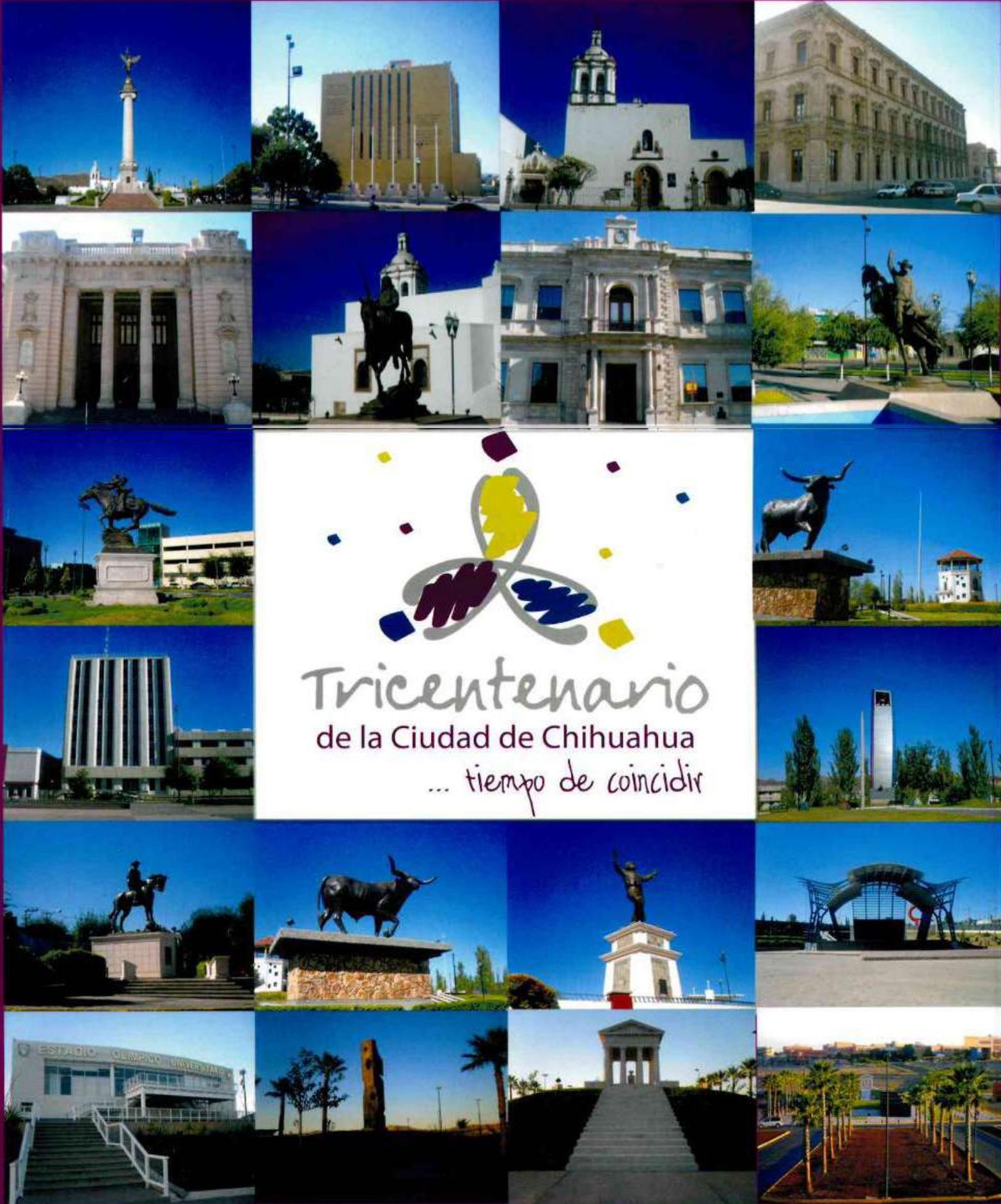
plos siguientes: Durazno (*Prunus persica* L. Batsch), Tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.), Hongo fitopatológico (*Pythium aphanidermatum* Edson), Palomilla de la manzana (*Cydia pomonella* L.), en laboratorio: *in vitro*, sin restricción: *ad libitum*.



**PRIMER FORO ESTATAL DE  
RESULTADOS EN CIENCIA Y TECNOLOGIA  
FOMIX 2009  
CHIHUAHUA**



**Ceremonia de inauguración y entrega de reconocimientos en el Primer Foro Estatal de Resultados en Ciencia y Tecnología FOMIX Chihuahua, realizado en Febrero del 2009.**



Tricentenario  
de la Ciudad de Chihuahua  
... tiempo de coincidir

Fotos y diseño por L.S.C.A. Martha I. Acosta Chávez