

Investigación en Matemáticas, Economía, Ciencias Sociales y Agronomía

PÉREZ-SOTO, Francisco
FIGUEROA-HERNÁNDEZ, Esther
GODÍNEZ-MONTOYA, Lucila
ROCHA-QUIROZ, Jaime
GARCÍA-NÚÑEZ, Rosa María

Investigación en Matemáticas, Economía, Ciencias Sociales y Agronomía

PÉREZ-SOTO, Francisco
FIGUEROA-HERNÁNDEZ, Esther
GODÍNEZ-MONTOYA, Lucila
ROCHA-QUIROZ, Jaime
GARCÍA-NÚÑEZ, Rosa María

Universidad Autónoma Chapingo

ECORFAN-México

*Investigación en Matemáticas, Economía,
Ciencias Sociales y Agronomía*

Autores

PÉREZ-SOTO, Francisco
FIGUEROA-HERNÁNDEZ, Esther
GODÍNEZ-MONTOYA, Lucila
ROCHA-QUIROZ, Jaime
GARCÍA-NÚÑEZ, Rosa María

Diseñador de Edición

ESPINOZA-GÓMEZ, Luis

Producción Tipográfica

TREJO-RAMOS, Iván

Producción WEB

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda

Producción Digital

LUNA-SOTO, Vladimir

Editor en Jefe

RAMOS-ESCAMILLA, María

Ninguna parte de este escrito amparado por la Ley de Derechos de Autor, podrá ser reproducida, transmitida o utilizada en cualquier forma o medio, ya sea gráfico, electrónico o mecánico, incluyendo, pero sin limitarse a lo siguiente: Citas en artículos y comentarios bibliográficos, de compilación de datos periodísticos radiofónicos o electrónicos. Visite nuestro sitio WEB en: www.ecorfan.org/mexico

ISBN 978-607-8324-77-4

A los efectos de los artículos 13, 162 163 fracción I, 164 fracción I, 168, 169,209, y otra fracción aplicable III de la Ley del Derecho de Autor.

Presentación

El presente tomo recopila los avances de investigación en las disciplinas abordadas por la Universidad Autónoma Chapingo: *Matemáticas aplicadas a la Economía; Crecimiento económico; Variables macroeconómicas y pobreza; Economía y Medio ambiente; Producción y Comercialización; Ciencias Sociales y Humanidades*; así como *Tecnología aplicada a la Agronomía*. Avances enriquecidos con los aportes de investigadores de otras instituciones con afinidad de intereses profesionales y que anualmente se exponen en un encuentro planeado para ello.

Cada trabajo del libro incluye conclusiones para los interesados en las temáticas aludidas y en ellos nos enteramos de aspectos como los siguientes:

- El mayor incremento del precio de los insumos como el maíz, sorgo y en menor medida desperdicio de pan, en relación con el menor crecimiento del precio del ganado en pie, dará como consecuencia un desabasto de carne bovina.
- El agua es un recurso primordial en las zonas áridas y semiáridas de México, en tanto que su aporte limita la producción de la agricultura. En este estudio se observó que el precio real del agua es muy bajo en relación a otras zonas agrícolas del mundo.
- Hoy en día en el país se consumen alrededor de 718 mil barriles diarios de gasolinas, un aproximado de 113.7 millones de litros, una cantidad tan grande que nuestro país se ve en la necesidad de importar cerca del 39 % de las gasolinas que consumimos.
- Los jaliscienses radicados en Estados Unidos tienen una mayor capacidad de financiamiento del bienestar en la entidad, que el propio gobierno de ese estado.
- México continuará basando sus finanzas públicas y su política de desarrollo económico en la extracción de combustibles fósiles (petróleo). Este modelo acelerará el deterioro y agotamiento de los recursos naturales. -La importancia de la agricultura orgánica radica en que retoma los tres ámbitos de la sustentabilidad; el ámbito ambiental, el económico y el social.
- Es fundamental motivar la organización de los productores de haba para que ellos puedan captar una mayor proporción de los altos márgenes de precios que los consumidores están dispuestos a pagar.
- Las condiciones del clima afectan a la producción agraria. Debido al fenómeno de cambio climático, es necesario contar con herramientas informáticas que proporcionen información climatológica para poder tomar medidas preventivas a favor de una mayor cantidad y calidad de producción. La herramienta de software permite la consulta del clima por localidades evitando la necesidad de contar con una estación meteorológica.

- Es factible evaluar la calidad física del grano de arroz mediante el procesamiento y análisis de la imagen digital, por lo que esta metodología se puede recomendar para la clasificación de calidad física del grano de arroz por sus características morfológicas y sustituir así la clasificación del grano en forma manual o visual.
- El bajo contenido de Nitrógeno en el suelo y las dosis bajas de nitrógeno sugieren que es posible reducir la dosis del mismo en el cultivo de garbanzo y afectar el rendimiento, ello favorece la rentabilidad del cultivo y reduce la contaminación del medio ambiente.
- Los beneficios del nopal son significativos para la industria y para la sociedad, por ello, se debe proporcionar asesoría técnica y brindar apoyos económicos a los productores, y así, ellos obtengan los insumos para la elaboración de diversos subproductos que contribuyen a mejorar la salud y la estética de quienes lo consumen.

Es decir, trabajos para diagnosticar y proponer respuestas a problemáticas vigentes y con ello mostrar la importancia social y el compromiso del quehacer de las instituciones públicas. Todos abordados con casos específicos y donde se aprecia una rigurosa metodología para identificar la validez del conocimiento universitario.

Fraternalmente

Francisco Pérez Soto

Contenido

Matemáticas aplicadas a la Economía	
Precios de ganado en pie y precio de los insumos	1
La producción ejidal de tomate rojo (<i>Lycopersicum Esculentum</i>) en El DR-017, y su huella hídrica	8
Escenarios prospectivos de Producción de miel para 2020 y 2050 en Aguascalientes	16
Eficiencia y productividad del agua en los cultivos de Nogal Pecanero y Alfalfa Forrajera en el Municipio de Rodeo, Durango	27
Crecimiento económico, variables macroeconómicas y pobreza	
Impacto del precio de las gasolinas en el gasto de los hogares en México, 2000-2012	35
Remesas y el gasto público, fuentes de bienestar social en Jalisco	52
Economía y medio ambiente	
Desarrollo económico y recursos naturales en México	63
Producción y comercialización	
Importancia de la agricultura orgánica y sus bondades para México en el contexto actual	74
Canales y márgenes de comercialización del haba (<i>Vicia Faba L.</i>) En México	87
Ciencias sociales y humanidades	
La naturaleza no ontológica. El significado en Marx y la escuela de Frankfurt	94
La Epistemología. En la Filosofía de la Ciencia	105
Experiencias sobre el requisito de idioma en el posgrado de la Universidad Autónoma Chapingo	122
Tecnología aplicada a la agronomía	
Modelo compuesto para crecimiento de una plántula oleaginosa	129
Modelos compatibles de ahusamiento-volumen como sistema de cubicación para arboles de Teca	139
Comparación de dos modelos de redes neuronales artificiales para clasificar Flores de Petunia <i>SPP</i> con base en color	153
Cálculo de la evapotranspiración de referencia con valores climatológicos en tiempo real y pronosticados	161
Propuesta de un medidor de ph en cultivos de Tilapia para Acuaponía	175
Clasificación de la cobertura vegetal mediante algoritmos de umbralización múltiple	182
Estimación de pérdida de suelo en microcuencas de la estación forestal experimental Zoquiapan	194
Análisis de crecimiento y rendimiento de maíces criollos en temporada de secano	212
Búsqueda de parasitoides de huevo de Chinche Verde Apestosa (<i>Nezara viridula L.</i>) y Conchuela Café (<i>Euschistus servus Say</i>) en el norte de Sinaloa	220
Calidad de arroz mediante análisis de imágenes digitales	231
Determinación de la huella hídrica azul en durazno criollo (<i>Prunus persica L. Batsch</i>) del DDR 183 Fresnillo, Zacatecas	242
Efecto de spinosad y malation en mezcla con proteína hidrolizada contra larvas y adultos de <i>Ceraeochrysa valida</i> (Banks)	250

Entomofauna asociada al Nopal Tunero bajo dos condiciones de manejo en Axapusco, Edo. de México	263
Evaluación de 14 líneas sobresalientes del arroz de grano largo delgado provenientes del FLAR, en la Tierra Blanca, Veracruz	270
Evaluación de sustratos orgánicos para la obtención de esquejes de nochebuena (<i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd)	280
Fertilización nitrogenada en garbanzo en el norte de Sinaloa	286
Filogenia de especies del género <i>Trichoderma spp</i> en los sistemas agroforestales-cacaotales	294
Manejo de cultivos para mejorar la fertilidad del suelo y mitigar las emisiones de CO ₂	301
Patogenicidad de <i>Paecilomyces carneus</i> sobre el nematodo dorado de la papa	310
Plantas nativas asociadas al pitayo (<i>Stenocereus griseus</i>) Haworth y su aprovechamiento, en San Ciró de Acosta, S. L. P.	323
Proceso de la extracción del Mucilago, como subproducto del Nopal en la Delegación Milpa Alta	333
Rendimiento en grano de maíces híbridos en el trópico húmedo de México	350
Productividad de genotipos de Frijol Negro en condiciones de humedad residual y con estrés hídrico terminal	360
Rendimiento, calidad nutrimental y rentabilidad de girasol en función al nitrógeno y densidad de población	373
Severidad de falsa cenicilla en cártamo a través de análisis de imágenes digitales	382
Tasa de crecimiento, biomasa y rendimiento de maíces criollos en temporada de lluvias y clima templado	390

Matemáticas aplicadas a la economía

Precios de ganado en pie y precio de los insumos

MARTÍNEZ-DAMIÁN, Miguel Ángel*†, MORA-FLORES, José Saturnino y TÉLLEZ-DELGADO Ricardo

Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Economía. Carretera México-Texcoco, Km. 36.5. C.P. 56230. Montecillo, Edo de México.

Resumen

La carne de bovino es un alimento importante en la población mexicana, y la ganadería una actividad pecuaria socioeconómicamente relevante para el país. El objetivo del presente trabajo es medir el efecto en la producción de carne de res del crecimiento asimétrico de los precios de ganado en pie y de los insumos en la engorda de los animales: desperdicio de pan, sorgo y maíz. La metodología la constituyó un Modelo de Desplazamiento de Equilibrio (MDE) alimentado con las elasticidades precio de la producción y los insumos. Los resultados mostraron que la producción de carne, presenta una tasa de crecimiento negativa de 6.4 % anual, debido al incremento de los precios de los insumos, y principalmente por el reducido crecimiento del precio del ganado en pie; de continuar las tendencias, ocurrirá una reducción en la producción de carne bovino, y con ello, un posible aumento en las importaciones del producto, o sustitución de ésta por carne de pollo o cerdo.

Bovine meat, supplies, elasticities.

Abstract

Beef is an important staple in the Mexican population, and one socioeconomically relevant livestock activity for the country. The aim of this study is to measure the effect on production of beef in the asymmetric growth in prices of live cattle and inputs in the fattening of animals waste of bread, sorghum and corn. The methodology was an equilibrium displacement model (DEM) fed with price elasticities of production and inputs. The results showed that meat production has a negative growth rate of 6.4% per year, due to rising input prices and reduced mainly by price growth of cattle; trends continue, will occur a reduction in the production of bovine meat, and with it, a possible increase in imports of the product, or replacement thereof for chicken or pork.

Carne bovino, insumos, elasticidades

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: angel01@colpos.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

La carne de bovino es un alimento importante en la dieta de la población en general. Su consumo es necesario en los humanos para su sano crecimiento, la reposición de células y la realización de las funciones corporales. Esta carne tiene 10 a 20% de proteína, su porcentaje de grasa varía de 4.5 a 14 % de grasa, minerales (hierro, potasio y fósforo), y vitaminas del complejo B, necesarios para el buen funcionamiento del organismo (Secretaría de Economía, 2006).

México es un país ganadero, ocupa aproximadamente 53.7 % de las 200 millones de hectáreas de su superficie para esta actividad, y representa alrededor de 40 % del Producto Interno Bruto (PIB) del sector agropecuario (INEGI, 2006). La producción de carne de bovino en canal en 1980 fue de 1'065,070 Mg, aumento en 2011 a 1'803,932 Mg, y el incremento es constantemente debido que el consumo de la carne está en el segundo lugar después de la de pollo (SIACON-SIAP, 2013).

La mayoría de los bovinos que se engordan en la región templada provienen del trópico, principalmente de los estados de Veracruz, Chiapas y Tabasco, con una participación agregada de 24.88 % en el mercado nacional para 2011, aunque también se engordan animales en el norte y occidente del país, destacando Chihuahua y Jalisco con 5.53 % y 10.81 %, respectivamente (SIACON-SIAP, 2013).

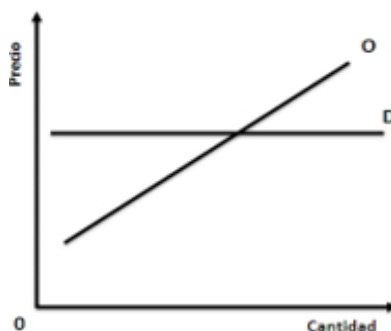
La principal zona de consumo y comercialización de carne de bovino es el Valle de México (Téllez, 2012), donde generalmente los bovinos llegan con un peso vivo que fluctúa entre los 300 y 400 kg son alimentados durante 3 o 4 meses en confinamiento para alcanzar un peso promedio de 500 kg y sean sacrificados en los rastros TIF o municipales del estado de México.

Debido al constante crecimiento anual de la población mexicana y al incremento de la demanda de carne de res en México, es necesario conocer los efectos que tendrían los aumentos en los precios de los insumos utilizados en la alimentación del ganado de carne, con el fin de conocer los posibles alcances que éstos tendrían en el mercado de res en México. Según Benítez *et al* (2010), la oferta de carne bovina se explica directa e inelásticamente por el precio de la carne bovina en canal (0.311), por el precio real de exportación en canal (0.168), y en forma inelástica por el precio de importación (0.021); además fue afectada inversa e inelásticamente por el precio real del sorgo (-0.032) y por el precio de bovino en pie de entrada a rastro con dos meses de rezago (-0.500).

En México, el precio del ganado en pie ha crecido menos que el precio de los insumos necesarios para su producción. Esto implica que la producción ganadera enfrenta cada vez mayor presión para obtener ganancias. El objetivo del presente estudio fue investigar el efecto en la producción de carne bovina de un crecimiento asimétrico entre precios de ganado en pie y precios de insumos. Como objeto de estudio se tiene a un productor de pequeña escala no tecnificado con sistema estabulado, sin embargo, no se pierde el alcance general de la producción de carne bovina en México. La hipótesis fue que dicho entorno de precios excluye la posibilidad de tasas de crecimiento positivas para la oferta de ganado en pie.

Materiales y métodos

Suponga que el mercado de la carne de res al productor se puede modelar como en la Figura 1, es decir, hay una oferta individual y una demanda representada por el precio de res en pie. Se modela a la oferta de ganado para carne en pie como una función de su propio precio y de los precios de tres insumos que ocupan gran parte de los costos variables, considerado que los demás costos se mantienen constantes, sin limitar la oferta de carne en pie. Los precios de los insumos son considerados como desplazadores en la función de oferta.



Fuente: Elaboración propia.

Bajo tales condiciones y supuestos se presentan las ecuaciones 1 y 2:

$$Y^s = f(P_y, P_s, P_m, P_p) \quad (1)$$

$$P_y = P_y^s \quad (2)$$

Dónde:

Y^s = cantidad ofrecida de ganado en pie

P_y = precio de ganado en pie

P_s = precio del sorgo

P_m = precio del maíz

P_p = precio del desperdicio de pan

Se analiza un escenario base donde se desea saber cómo afecta a la cantidad ofrecida de carne de res cuando los precios de la carne crecen a una tasa menor que los precios de los insumos.

Tomando diferencial total en 1 se tiene:

$$dY^s = \frac{\partial f(\cdot)}{\partial P_y} dP_y + \frac{\partial f(\cdot)}{\partial P_s} dP_s + \frac{\partial f(\cdot)}{\partial P_m} dP_m + \frac{\partial f(\cdot)}{\partial P_p} dP_p \quad (3)$$

Imponiendo equilibrio, se toma diferencial total en la ecuación 2.

$$dP_y = dP_y^e \quad (2')$$

Sustituyendo la ecuación 2' en 3 se obtiene.

$$dY^s = \frac{\partial f(\cdot)}{\partial P_y} dP_y^e + \frac{\partial f(\cdot)}{\partial P_s} dP_s + \frac{\partial f(\cdot)}{\partial P_m} dP_m + \frac{\partial f(\cdot)}{\partial P_p} dP_p \quad (3')$$

La ecuación 3' se puede re-expresar en términos de diferenciales logarítmicos o cambios porcentuales y elasticidades, expresándose como se observa en la ecuación 4.

$$dlnY^s = \varepsilon dlnP_y^e + \eta_s dlnP_s + \eta_m dlnP_m + \eta_p dlnP_p \quad (4)$$

Donde $dlnY^s dlnY^s$ es el cambio porcentual en la cantidad ofrecida de res, $\varepsilon \varepsilon$ es la elasticidad precio propia de la carne de res, $dlnP_y^e dlnP_y^e$ es el cambio porcentual en el precio de la carne de res, $\eta_s \eta_s$ es la elasticidad precio propia de sorgo, $dlnP_s dlnP_s$ es el cambio porcentual en el precio del sorgo, $\eta_m \eta_m$ es la elasticidad precio propia de maíz, $dlnP_m dlnP_m$ es el cambio porcentual en el precio del maíz, $\eta_p \eta_p$ es la elasticidad precio propia de pan y $dlnP_p dlnP_p$ es el cambio porcentual en el precio del pan.

La ecuación 4 es un ejemplo simplificado de un Modelo de Desplazamiento de Equilibrio (MDE), el cual es utilizado para estudiar las interacciones de los sistemas simultáneos de funciones de las variables endógenas y exógenas, además, para la evaluación de la promoción en los mercados y el estudio del excedente del consumidor y productor (Alston, Chalfant, Piggott, 1995), así como para estudiar diferentes cuestiones del comercio internacional. Dicha ecuación presenta al cambio porcentual en la cantidad ofrecida de res, como una función de las elasticidades propia y de insumos, así como de sus tasas de crecimiento.

Para evaluar el cambio porcentual en la cantidad ofrecida de res como se sugiere en la ecuación 4, se recopilaron datos de volúmenes de producción de carne de res de treinta meses, desde enero del 2000 hasta marzo del 2014, del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP); y los precios de ganado en pie al productor de Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), para el mismo periodo. Se utilizó el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) del apartado de alimentos base 2003 del Banco de México, para eliminar el efecto de la variable inflación.

También se obtuvieron datos de precios de pan, sorgo y maíz, de la Agencia de Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA) y del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesca.

Los cambios porcentuales de los precios mencionados en la ecuación 4, se estimaron a partir de una tasa de crecimiento real; y para estimar la tasa de crecimiento de cada componente, se empleó el modelo de crecimiento de la ecuación 5:

$$Y_t = \theta_0 e^{\theta_1 t} + \varepsilon_t \quad (5)$$

El estimador del parámetro θ_1 es un estimador de una tasa de crecimiento continuo para el periodo empleado en cada caso. Dicho modelo se estimó en forma no-lineal para cada bien y para el índice de precios al consumidor. La tasa real de crecimiento del precio se estimó como la diferencia del crecimiento nominal de precios, menos la tasa de crecimiento del índice de precios (Brambila, 2011).

Con respecto a las elasticidades a emplear, y dado que la estimación de las mismas excede los objetivos del presente trabajo, la elasticidad precio propia de res utilizada fue de 0.2195, la elasticidad precio propia del maíz, sorgo y pan fueron -0.067908, -0.613222 y -1.19819, respectivamente (Márquez, *et al.*, 2001).

Resultados

En el Cuadro 1, se muestran los resultados de las estimaciones de la tasa de crecimiento real del precio para cada componente; dado que las elasticidades empleadas provienen de datos anuales, las tasas de crecimiento mensuales estimadas se convirtieron a tasas reales anualizadas véase Brambila 2011.

Cuadro 1 Tasas de crecimiento real del precio ganado en pie, maíz, sorgo y pan (periodo enero 2000 a marzo de 2014)

	Tasa de crecimiento mensual	Tasa de crecimiento anual	Tasa de inflación anualizada	Tasa de crecimiento real
Precio Res	0.00606	0.07272	0.042552	0.030168
Precio pan	0.004949	0.059376	0.0378	0.021576
Precio sorgo	0.009091	0.109092	0.042552	0.06654
Precio maíz	0.008654	0.103848	0.042564	0.061284

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP, SAGARPA y ASERCA.

Es de observarse que la tasa de crecimiento del ganado en pie ha crecido en términos reales aproximadamente al 3% anual mientras que el sorgo y el maíz lo han hecho al 6%, el doble. El resultado de la sustitución de las respectivas elasticidades y tasas de crecimiento en la ecuación 4, arroja como resultado una tasa de crecimiento negativa para la carne de res en pie de aproximadamente 6.4 % anual (Ecuación 6).

$$\begin{aligned}
-0.064195737192 &= \varepsilon \, d\ln P_y^s + \eta_s \, d\ln P_s + \eta_m \, d\ln P_m + \eta_p \, d\ln P_p \\
-0.064195737192 &= \varepsilon \, d\ln P_y^s + \eta_s \, d\ln P_s + \eta_m \, d\ln P_m + \eta_p \, d\ln P_p
\end{aligned}
\tag{6}$$

Con base en el resultado obtenido y la información de la tendencia del mercado de granos, al aumentar paulatinamente los precios se puede proyectar un escenario en el cual un aumento de los precios del maíz, sorgo y pan, combinada con un crecimiento menor en el precio del ganado en pie, un productor que anualmente vende 120 cabezas de ganado en pie estaría disminuyendo su producción a 112 cabezas de ganado aproximadamente. Si este mismo escenario se trasmite a nivel nacional, aplicándole la tasa estimada de -6.4 % a la producción de ganado, de acuerdo con la información del SIAP (2011), las 3'416,055 toneladas de ganado bovino producidas ese año disminuirían a 3'197,428 toneladas, debido a la alza en los precios de los insumos. Trabajos realizados por Vázquez *et al* (1997) y Aguilera *et al* (1999), en sistemas ganaderos de cría (ciclo completo) en el estado de Chihuahua y por Rejón y Magaña (2002), en sistemas de cría y de engorda en Yucatán, coinciden con los resultados obtenidos en este trabajo, al reportar ingresos menores a los costos de los sistemas de producción.

El mayor crecimiento de los precios de los insumos y menor dinamismo del precio del producto, que redundan en una reducción de la producción de carne, tiene como lo expresa Benítez *et al* (2010), un impacto de crecimiento en las importaciones de carne de res y un aumento en el consumo de productos sustitutos como carne de pollo y cerdo.

Conclusiones

El mayor incremento del precio de los insumos como el maíz, sorgo y en menor medida desperdicio de pan, en relación con el menor crecimiento del precio del ganado en pie, generará un desabasto de carne bovino, lo que finalmente generará un incremento de las importaciones del producto, o la sustitución de carne de bovino por carne de pollo o cerdo.

Referencias

Aguilera SR, Canudas EG y Villagómez CJ. Estrategias para mejorar la rentabilidad del sistema de engorda de ganado bovino en corral y en pastoreo. Memoria XXXIII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Veracruz, México, 1997; pp. 355.

Alston, J.M., J.A. Chalfant, and N.E. Piggott. "Demand Response and Returns to Incremental Advertising in the Australian Meat Industry." *Economic Analysis of Meat Promotion*. H.

Kinnucan, J. Lenz, and C. Clary, eds. Ithaca NY: National Institute for Commodity Promotion Research and Evaluation, Cornell University, 1995.

ASERCA (Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria). Claridades Agropecuarias, Cárnicos vol 087 Julio de 2000 México D.F.

Banco de México. Indicadores Económicos y Financieros. Disponible en:
www.banxico.org.mx/tipo/estadisticas/index.htm. Agosto 2008

Benítez RJ, García MR, Mora FJS, y García SJA. Determinación de los factores que afectan el mercado de carne bovina en México. *Agrociencia*, 2010; 44:1:109-119.

Brambila P.J.J. Bioeconomía: instrumentos para su análisis económico. SAGARPA-COLPOS. Primera edición: Texcoco, Estado de México, marzo 2011.

INEGI. 2005. Encuesta de Población y Vivienda del INEGI. Instituto Nacional de Estadística, y Geografía. Consultado: marzo 2014.

Márquez SI, García MR, García DG, Mora FJS y López LE. El efecto de las importaciones de carne bovina en el mercado interno mexicano, 1991-2001. *Agrociencia*. 2001; 38: 1 pp. 121-130.

Secretaría de Economía. México Calidad Suprema. México, D.F. 2006; 26 p.

SIACON-SIAP. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. Base de datos con información agrícola, pecuaria y pesquera. 2013. Disponible en:
http://infosiap.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=285&Itemid=391

Rejón AM y Magaña MM. Rentabilidad de la producción bovina en el municipio de Tzucacab, Yucatán. *Revista Economía*, Año XIX, Vol. I, No. 58. Primero y segundo trimestres. 2002; pp. 59-75.

Tellez. DR, Mora FJS, Martínez DMA, García MR y García SJA. Caracterización del consumidor de carne bovina en la Zona Metropolitana del Valle de México. *Revista Agrociencia*. 2012; Vol. 46. No. 1, pp. 75-86.

Vazquez GR, Reyes L, Flores M y Barrera V. Evaluación financiera de la ganadería bovina para carne en el Estado de Chihuahua en 1995. XXXIII. Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Veracruz. 1997; pp. 223.

La producción ejidal de tomate rojo (*Lycopersicum Esculentum*) en El DR-017, y su huella hídrica

NAVARRETE-MOLINA, Cayetano*†, RÍOS-FLORES, José Luis y ARÉVALO, Mayra

Universidad Autónoma Chapingo - Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas., Bermejillo, Durango, C.P. 35230.

Resumen

El objetivo fue cuantificar la eficiencia física, económica y social del uso agrícola del riego por bombeo y gravedad en tomate rojo (*Lycopersicum esculentum*) en el sector ejidal de la Comarca Lagunera y comparar tales cifras con las determinadas en alfalfa forrajera promedio para la Comarca Lagunera. Se desarrollaron modelos matemáticos que permitieron evaluar la eficiencia y la productividad del agua de riego como indicadores de sustentabilidad del agua. Los resultados indican que se requirieron un total de 94 L kg-1 de tomate rojo en riego por bombeo y 483 L kg-1 en gravedad, mientras que el cultivo de alfalfa tuvo un índice igual a 304 L kg-1. La utilidad bruta fue de \$11.21 m-3 en riego por gravedad y de \$75.55 m-3 en riego por bombeo, mientras el cultivo de alfalfa tuvo una utilidad igual a \$1.78 m-3. Se encontró que el precio del m3 en ambos cultivos el costo del riego fue muy bajo (\$0.28 m-3). Se determinó que en tomate rojo de gravedad se generaron 58.1 empleos hm-3, mientras que el tomate irrigado mediante bombeo generó 68.1 empleos hm-3, mientras que en el cultivo de alfalfa se generaron 4.7 empleos hm-3. La ganancia por trabajador encontrada fue de \$193.05 en el tomate rojo de riego por gravedad y de \$1,044.42 en el de riego por bombeo, y en la alfalfa fue \$58.71. Finalmente bajo las mismas condiciones de cultivo, así como de mercado la cantidad mínima que se requiere producir para tener una operación viable (punto de equilibrio) en tomate de gravedad el indicador fue 5.176 ton ha-1 y 5.377 ton ha-1 en tomate bombeo, mientras que el alfalfa obtuvo un índice igual a 74.811 ton ha-1. En base al análisis realizado se concluye que el cultivo de tomate bajo riego por bombeo fue más eficiente en términos físicos, económicos y sociales en relación al tomate en riego por gravedad y que el cultivo de alfalfa.

Tomate rojo, productividad, eficiencia, sector ejidal.

Abstract

The aim was to quantify the physical, economic and social efficiency of agricultural irrigation by pumping and gravity red tomato (*Lycopersicon esculentum*) in the ejido sector of the Laguna Region and compare these figures with some alfalfa forage on average for the Laguna Region. Mathematical models that allow assessing the efficiency and productivity of irrigation water and water sustainability indicators were developed. The results indicate that a total of 94 L kg-1 red tomato on irrigation pumping and 483 L kg-1 in severity, were required while the alfalfa had a rate equal to 304 kg L-1. Gross profit was \$ 11.21 m-3 in furrow irrigation and \$ 75.55 m-3 irrigation pumping, while the alfalfa had a profit equal to \$ 1.78 m-3. It was found that the price of m3 in both crops irrigation cost was very low (\$ 0.28 m-3). It was determined that red tomato gravity jobs 58.1 hm-3 were generated, while the tomato irrigated jobs 68.1 hm-3 by pumping genre while the alfalfa 4.7 jobs hm-3 were generated. Earnings per worker was found \$ 193.05 in red tomato surface irrigation and \$ 1044.42 in irrigation pumping, and the alfalfa was \$ 58.71. Finally under the same growing conditions as well as market the minimum amount required to produce to have a viable operation (breakeven) in tomato gravity indicator was 5.176 t ha-1 and 5.377 t ha-1 in tomato pumping while the alfalfa had a rate equal to 74811 ton ha-1. Based on the analysis it concludes that the tomato crop irrigated by pumping was more efficient in physical, economic and social terms in relation to gravity irrigation tomato and alfalfa cultivation.

Red tomato, productivity, efficiency, ejido sector.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: ingnavarrete@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

De todos los sectores de la economía, la agricultura es el más sensible a la escasez de agua. A veces el sector agrícola es considerado como un usuario “residual” del agua, después de los sectores doméstico e industrial, sin embargo supone el 70.0% de las extracciones globales de agua dulce y más del 90.0% del uso consuntivo. También es el sector con más posibilidades u opciones de ajuste. En casi todas las regiones del mundo, la evapotranspiración desde tierras agrícolas regadas es, con mucho, el mayor uso consuntivo del agua extraída para uso humano. (ONU-Agua, 2012). En el estado de Zacatecas la historia no es diferente 92.0% del agua la emplea el sector Agropecuario, 7.0% el sector industrial y 1% el sector urbano, con 94.0% de sus acuíferos explotados. El concepto de la productividad del agua fue establecido por Kijne *et al.*, (2003) como una medida sólida para determinar la capacidad de los sistemas agrícolas de convertir el agua en alimento. Para incrementar la productividad del agua es necesario maximizar la productividad de cada gota de agua, así como una mejorar la captación y aprovechamiento de agua de lluvia que pueda contribuir en la reducción de la presión que se ejerce sobre los recursos hídricos de determinada región (Mekonnen y Hoekstra, 2010).

La determinación de la productividad en la práctica se utilizara como una herramienta de diagnóstico para entender el uso del agua en los sistemas agrícolas. Este indicador permitirá a los tomadores de decisiones hacer juicios acerca de qué alternativas existen para resolver problemas técnicos, de la productividad del agua, acerca de si una región es o no eficiente en la producción agrícola, proporcionando elementos para la determinación de posibles oportunidades de redistribución de agua en las cuencas (Kijne *et al.*, 2003). En este sentido este trabajo busca evaluar los indicadores de productividad física, económica y social del agua subterránea en los cultivos de tomate rojo bajo riego por bombeo y gravedad en el Distrito de Riego 017, Comarca Lagunera.

Materiales y métodos

Localización del área de estudio

Se seleccionó el Distrito de Riego 017, Comarca Lagunera, que comprende parte de los estados de Coahuila y Durango. Esta región se localiza entre los meridianos 102° 22' y 104° 47' longitud oeste, y paralelos 24° 22' y 26° 23' latitud norte, a una altura de 1200msnm. De acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificada por García (1973), el clima de la Comarca Lagunera es de tipo desértico con escasa humedad atmosférica y precipitación pluvial promedio de 240 mm anuales; el periodo de lluvia comprende de mayo a septiembre donde ocurre 70.0% de la precipitación. En la mayor parte de la región se tiene una evaporación anual de 2 600 mm y una temperatura media de 20°C (De la Cruz *et al.*, 2003).

Fuentes de información

Se utilizó la base de datos de la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) del ciclo agrícola 2012, empleándose datos de producción, rendimiento, superficie sembrada y cosechada del tomate rojo para el Distrito de Riego, 017 en condiciones de riego rodado o de gravedad y en riego por bombeo en el sector ejidal y comparar estos indicadores con los obtenidos en el cultivo de alfalfa promedio para La Laguna.

Para este estudio se define como agricultura de riego por gravedad todas aquellas tierras que tienen acceso a fuentes de agua normalmente de lluvia, captada en presas y embalses y que posteriormente es conducida a la parcela. Mientras que el riego por bombeo, se define como la extracción de agua subterránea con fines de riego.

Para construir los costos de producción del cultivo, se emplearon los datos de la SAGARPA, para el ciclo 2012. Con base en estos valores, se calculó la rentabilidad del cultivo para el área de influencia a nivel municipal. Las láminas de riego empleadas fueron las indicadas por el Campo Experimental Matamoros Coahuila, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), de la Comarca Lagunera.

Variables evaluadas

- 1.- Litros de agua usados en el riego, necesarios para producir 1kg de producto físico (Y1).
- 2.- Los kilogramos de producto físico producido por cada m^3 de agua usado en el riego (Y2).
- 3.- Litros de agua usada en el riego necesario para producir \$1 de ingreso bruto (Y3).
- 4.- Ingreso bruto generado por m^3 de agua usada en el riego (Y4).
- 5.- Utilidad bruta producida por cada m^3 de agua usada en el riego (Y5).
- 6.- Cantidad de agua (m^3) utilizada en el riego para producir \$1 de utilidad bruta (Y6).
- 7.- Precio del metro cubico pagado por el productor (Y7).
- 8.- Ingreso bruto por cada m^3 de agua en relación al precio del m^3 de agua al productor (Y8).
- 9.- Cantidad de empleos generados por hectómetro de agua irrigada (Y9).
- 10.- Horas de trabajo invertidas por tonelada (Y10).
- 11.- Ganancia por trabajador (Y11).
- 12.- Ganancia por hora invertida por trabajo (Y12).
- 13.- Punto de equilibrio expresado en tonelada por hectárea (Y13).
- 14.- Vulnerabilidad crediticia (Y14).

Ecuaciones matemáticas utilizadas

$$Y_1 = \frac{V}{RF} = \frac{10000 \text{ LR}}{RF}$$

$$Y_2 = \frac{1}{Y_1} = \frac{RF}{V} = 0.0001 \frac{RF}{LR}$$

$$Y_3 = \frac{V}{RM} = \frac{10000 \text{ LR}}{RM} = \frac{10000 \text{ LR}}{RF (\text{Pr})}$$

$$Y_4 = \frac{1}{Y_3} = \frac{RM}{V} = \frac{0.0001 \text{ RM}}{LR} = \frac{0.0001 \text{ RF (Pr)}}{LR}$$

$$Y_5 = \frac{U}{V} = \frac{I-C}{10000LR} = \frac{0.0001(RF(\text{Pr})-C)}{LR}$$

$$Y_6 = \frac{1}{Y_5} = \frac{V}{U} = \frac{10000LR}{U}$$

$$Y_8 = \frac{U/m^3}{\text{Precio del agua}/m^3}$$

$$Y_9 = \frac{E}{1,000,000 \text{ m}^3 \text{ de agua}}$$

$$Y_{10} = \frac{J * 8}{RF}$$

$$Y_{11} = \frac{S * U}{\text{Numero de empleados permanentes}}$$

$$Y_{12} = \frac{U}{j * 8}$$

$$Y_{13} = \frac{C}{\text{Pr}}$$

$$Y_{14} = \frac{RF}{\text{Pe}}$$

Donde:

LR = Lámina de riego (m)

V = Volumen de agua utilizado (m³) = LR*10000

RF = Rendimiento físico por hectárea (ton ha-1)

I = RM= Ingreso o rendimiento monetario por hectárea (en pesos de 2012)

C = Costo por hectárea (en pesos de 2012)

U = Utilidad o ganancia bruta por hectárea (en pesos de 2012) = I - C

Pr = Precio real por tonelada (en pesos de 2012)

E = Número de empleos generados al año

S = Superficie cosechada (ha).

J = Numero de jornales por hectárea.

288 = Número de jornadas de trabajo al año por trabajador.

Pe =Punto de equilibrio.

Resultados

Superficie cosechada, producción, análisis económico marginal en el cultivo de Tomate rojo (Lycopersicon esculentum) producido en el sector ejidal en el DR-017 La Laguna. La producción de Tomate rojo en el sector Ejidal en el ciclo agrícola 2012 se dividió en 17 ha irrigadas por gravedad y 222.5 ha de bombeo, las cuales produjeron 367 ton y 20,272 ton respectivamente. Mientras en el riego rodado una ha produjo 21.588 ton, la misma superficie al ser irrigada mediante agua subterránea generó 4.22 veces más, ya que produjo 91.11 ton ha⁻¹. Para lograr ese notorio aumento en la productividad del suelo, fue necesario que el costo por ha se elevara también, de \$36,865.7 en gravedad a \$38,295.9 en bombeo, pues mientras el costo por ha se elevaba 3.9%, el rendimiento físico se incrementó 322%, es decir; marginalmente, el tomate producido bajo condiciones de bombeo, incrementaba 48.6 kg de tomate por cada \$1 de incremento en el costo. El precio determinado fue de \$7,122 ton⁻¹ para ambas formas de riego, denotándose diferencias notorias en la Relación Beneficio-Costo (RB/C), del orden de 4.17 en gravedad y 16.94 en bombeo. En el caso del cultivo de referencia, la alfalfa promedio producida en bombeo en La Laguna, la Relación Beneficio-Costo fue igual a 1.19, fue, con mucho, muy inferior a la rentabilidad del tomate, ya sea de gravedad o de bombeo, teniendo un rendimiento físico de 88.711 ton ha⁻¹, y un precio medio rural del orden de \$541 ton⁻¹.

En lo referente al número de jornales por ha, con 174.37 y 168.37 jornales ha⁻¹, en el tomate de gravedad y bombeo respectivamente, se genera 4.72 veces más empleo por ha en tomate gravedad y 4.56 veces más empleo en tomate bombeo en relación al cultivo de alfalfa. La alfalfa se comportó, como un gran demandante de agua, pues requirió de 910.12 millones de m³ de agua (Mm³), en comparación del 1.91 y el 0.18 Mm³ en el tomate de bombeo y gravedad respectivamente, y con ese consumo global de agua, la alfalfa produjo regionalmente un volumen de ganancia igual a \$253.50 millones de pesos, que si bien fue superior a los \$137.85 millones de pesos producidos de ganancia por ambos tomates, el consumo de agua por el forraje fue desproporcionado, pues consumió 435.5 veces más agua que ambos tipos de riego en el tomate, pero con ello logró una ganancia solamente 1.83 veces más grande que la producida regionalmente por el cultivo de tomate en sus dos tipos de riego en el sector ejidal, lo que tipificaría al sector ejidal, como más eficiente en términos económicos al usar el agua de riego produciendo tomate que la producción regional de alfalfa.

Asimismo, en este mismo rubro de la eficiencia económica, la producción de alfalfa, requirió una inversión de \$1,364.38 millones de pesos, y con ello generó una ganancia, igual a \$203.9 millones, mientras que en la producción ejidal de tomate, requirió de una inversión de \$9.14 millones de pesos, pero ello generó una derrama económica, del orden de \$137.85 millones de pesos. Lo anterior, ubica a la producción ejidal de tomate como altamente eficiente en términos económicos.

Indicadores de la huella hídrica en tomate rojo (Lycopersicum esculentum) en el sector ejidal en La Laguna

La primera variable, es un indicador de eficiencia del agua de riego, (Y_1), misma que evalúa la cantidad de agua, en litros, requerida para producir un kg de producto. Así, se determinó que existieron notorias diferencias en la producción de tomate, ya que, mientras que en gravedad fueron necesarios 483 L kg^{-1} , mientras que en tomate rojo en riego por bombeo se demandaron solamente 94 L kg^{-1} , mientras que el cultivo parámetro requirió de un total de 304 L kg^{-1} de forraje. Visto de otra forma la variable Y_2 indica que el agua de riego de bombeo fue más eficientemente usada, pues con solamente el 19.5% del agua usada en gravedad para producir un kg de tomate, se produjo ese mismo kg (Cuadro 1).

Cuadro 1 Indicadores de la Huella hídrica mediante índices de eficiencia y productividad del agua irrigada de origen superficial irrigada por gravedad (G) y subterránea (B) en los cultivos de tomate (*Lycopersicum esculentum*) producido en el sector Ejidal y alfalfa (*Medicago sativa*) promedio en la Comarca Lagunera. Cifras monetarias en pesos nominales de 2012

Tipo de índice:	Variable	Tomate Gravedad	Tomate Bombeo	Alfalfa B
<i>Eficiencia física</i>	$Y_1 = \text{Litros de agua/kg}$	483	94	304
<i>Productividad física</i>	$Y_2 = \text{Kg/m}^3 \text{ de agua}$	2.070	10.609	3.286
<i>Eficiencia económica</i>	$Y_3 = \text{Litros de agua por \$1 de ingreso bruto}$	68	13	563
<i>Productividad económica</i>	$Y_4 = \text{Ingreso bruto por m}^3 \text{ de agua}$	\$14.74	\$75.55	\$1.78
<i>Productividad económica</i>	$Y_5 = \text{Utilidad bruta por m}^3 \text{ de agua}$	\$11.21	\$71.10	\$0.28
<i>Eficiencia económica</i>	$Y_6 = \text{Litros de agua por \$1 de utilidad}$	89.2	14.1	3,590.2
<i>Indicador económico</i>	$Y_7 = \text{Precio del m}^3 \text{ de agua al productor}$	\$0.28	\$0.28	\$0.28
<i>Indicador económico</i>	$Y_8 = \text{Ingreso bruto por m}^3 \text{/precio del m}^3 \text{ de agua al productor}$	52.30	268.00	6.31
<i>Indicador económico-social</i>	$Y_9 = \text{Empleos generados por cada 1, 000,000 m}^3 \text{ de agua}$	58.1	68.1	4.7
<i>Indicador económico-social</i>	$Y_{10} = \text{Horas de trabajo invertidas por ton}$	64.62	14.78	3.33
<i>Indicador económico-social</i>	$Y_{11} = \text{Ganancia por trabajador (\$ miles)}$	\$193.05	\$1,044.42	\$58.71
<i>Indicador económico-social</i>	$Y_{12} = \text{Ganancia por hora invertida de trabajo}$	83.79	453.31	25.48
<i>Indicador económico-social</i>	$Y_{13} = \text{Punto de equilibrio (ton/ha para ni perder ni ganar)}$	5.176	5.377	4.811
<i>Indicador económico-social</i>	$Y_{14} = \text{Vulnerabilidad crediticia (rendimiento físico/ Punto de equilibrio)}$	4.17	16.94	1.19

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el cuadro 1, para producir \$11.21 de utilidad en el tomate de gravedad requirió el uso de un m^3 de agua, pero, si ese mismo volumen de agua, hubiese sido usado en el tomate de bombeo, habría generado una utilidad de \$71.10, es decir; el agua de riego de bombeo fue 6.34 veces más productiva, más aún, de usarse ese mismo volumen de agua, un metro cúbico, en la producción de alfalfa, produciría solamente \$0.28 de ganancia, con lo que, y con mucho, se posiciona al tomate ejidal, en cualquiera de sus dos formas de riego, como un cultivo con una huella hídrico-económica mucho menor, pues para producir \$71.10 de utilidad en alfalfa habría demandado un volumen de agua 253.93 veces *mayor*. Por ello la variable Y_5 , indica que en tomate irrigado por gravedad se requirieron 89.2 L para generar \$1 de ganancia bruta, y de 14.1 L en bombeo y de 3,590.2 L en el alfalfa.

En el aspecto social se observó que por cada hectómetro de agua empleado en el tomate rojo de riego por gravedad se generaron 58.1 empleos hm^3 , mientras que en tomate de riego por bombeo se generaron 68.1 empleos hm^3 , mientras que en el cultivo de alfalfa apenas se generaron 4.7 empleos hm^3 . Es notable observar que el principal de los forrajes en La Laguna, generó solamente 4.7 empleos por cada 1, 000,000 metros cúbicos de agua irrigada. Con lo anterior, se demuestra que la huella hídrica, en términos sociales, en este particular rubro del empleo, es más favorable en el cultivo hortícola que en el forrajero, socialmente, el agua es más redituable en la producción de tomate que en alfalfa, pues genera más empleo (Cuadro, 1).

Por otro lado la variable Y_{13} evalúa el punto de equilibrio (como cantidad de $ton\ ha^{-1}$ que deben producirse para ni perder ni ganar) de cada uno de los tres cultivos. Así, en el tomate producido en riego por gravedad, señala que el productor debe producir 5.377 $ton\ ha^{-1}$ para a partir de allí, empezar a producir ganancia, mientras que en bombeo, el punto de equilibrio es de 5.377 $ton\ ha^{-1}$ a la vez que la alfalfa tuvo un punto de equilibrio de 74.811 $ton\ ha^{-1}$. Por lo que considerando los rendimientos realmente obtenidos se observa que los tres cultivos superaron el punto de equilibrio.

Finalmente la variable Y_{14} muestra que los tres cultivos son susceptibles de líneas crediticias, pues son capaces de producir excedentes que cubran el adeudo, no obstante, el margen de negociación del cultivo de alfalfa, es estrecho, pues la variable Y_{14} indica que produce solamente un 19% (el índice es 1.19) de producto físico por arriba de lo mínimo deseable, mientras que en el tomate ejidal, si es producido en gravedad, al ser 4.17 el indicador, señala que produce 4.17 veces lo mínimo deseable, y 16.94 veces en el caso del tomate rojo ejidal de bombeo, lo que posiciona a ambos tomates como altamente susceptibles de líneas crediticias para llevar a cabo la producción (Cuadro 1).

Conclusiones

En base al análisis realizado se concluye que el cultivo de tomate bajo riego por bombeo fue más eficiente en términos físicos, económicos y sociales en relación al tomate en riego por gravedad y que el cultivo de alfalfa.

Referencias

De la Cruz, E.; Gutiérrez, E.; Palomo, A.; Rodríguez, S. 2003. Amplitud combinatoria y heterosis de líneas de maíz en la Comarca Lagunera. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 26 (4): 279-284.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana. UNAM. México, DF. 246p.

Kijne, J.W.; R. Barker; Molden, D (eds.) 2003. *Water productivity in agriculture: Limits and Opportunities for Improvement*. CABI Publication, Wallingford UK. 332p.

Mekonnen, M. M.; and Hoekstra, A. Y. 2010. A global and high-resolution assessment of the green, blue and grey water footprint of wheat. *Hydrology and Earth System Sciences*. 14:1259–1276.

UN-Water. 2012. *The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under uncertainty and risk*. World Water Assessment Programme (WWAP). Unesco, Paris, France.

Escenarios prospectivos de Producción de miel para 2020 y 2050 en Aguascalientes

MEDINA-CUÉLLAR, Sergio Ernesto^{*†} PORTILLO-VÁZQUEZ, Marcos^{''} y VENEGAS-VENEGAS, José Apolonio^{''}

'Centro de Investigación en Geografía y Geomática "Ing. Jorge L. Tamayo", A.C. Contoy 137 Esq. Chemax, Col. Lomas de Padierna, Delegación Tlalpan, CP. 14240, México D.F.

'' Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38.5. C. P. 56230. Chapingo, Texcoco, Estado de México.

Resumen

Con una función de producción tipo Cobb-Douglas, basada en el efecto de la temperatura, precipitación, superficie cosechada de temporal y cantidad de trabajo, sobre la producción de miel de abeja por colmena en el Estado de Aguascalientes, con datos de 4,901 colmenas para el periodo de 1998 al año 2010 y un R² en diferencias de 0.71; se hicieron predicciones para los años 2008, 2009 y 2010, reestimado el modelo con un panel de datos de 1998 al año 2007, obteniendo un R² en diferencias de 0.64; dichos pronósticos mostraron un error porcentual absoluto medio del 5.96 %, respecto a los datos reales. En ambos modelos, las elasticidades a corto plazo resultaron similares a las de largo plazo, destacando que las segundas fueron ligeramente menores, esto mostró que el sistema reacciona a cambios en el corto plazo, que se atenúan gradualmente a lo largo del tiempo. Este comportamiento, apunta a que los cambios en las variables en el corto plazo, pueden ser relevantes para pronosticar el rendimiento de miel por colmena. Con el panel de datos completo, se simuló la producción de miel bajo los escenarios climáticos previstos por el Instituto Nacional de Ecología para los años 2020 y 2050, estimando que el rendimiento promedio disminuirá 1.784 % para el primero, y 4.244 % para el segundo, respecto a lo observado en el año 2010 pronosticando pérdidas económicas en el Estado de Aguascalientes, por \$144,876.6 y \$344,727.9 (MXN 2013) respectivamente.

Apicultura, econometría, agroclimatología, modelo bioeconómico, Estado de Aguascalientes.

Abstract

With a Cobb-Douglas type, based on the effect of temperature, precipitation, temporary harvested area and quantity of work on the production of honey per hive in the State of Aguascalientes, with 4,901 hives to data the period 1998 to 2010 and R² in differences of 0.71; predictions for 2008, 2009 and 2010 were, I re-estimated the model with panel data from 1998 to 2007, earning a 0.64 R² differences; They said forecasts showed a mean absolute percentage error of 5.96% compared to the actual data. In both models, the short-run elasticities were similar to the long-term, noting that the latter were slightly lower, it showed that the system reacts to change in the short term, which gradually fade over time. This behavior indicates that the changes in the variables in the short term, may be relevant for predicting the performance of honey per hive. With complete data panel, honey production under the climate scenarios forecast by the National Institute of Ecology for the years 2020 and 2050, estimating that the average yield 1.784% decrease for the first simulated, and 4.244% for the second, compared to what was observed in 2010 predicting economic losses in the State of Aguascalientes, for \$ 344,727.9 \$ 144,876.6 and (£ 2013) respectively.

Beekeeping, econometrics, agroclimatología, bio-economic model, Aguascalientes.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: don_sergio@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

La apicultura es un medio de vida prioritario para muchas familias, por lo que es importante el desarrollo de funciones de producción para prever la producción de miel y facilitar la toma correcta de decisiones. El análisis de la producción de miel de abeja en función del clima, uso del suelo, trabajo y capital se había abordado por separado (Abdul-Malik & Mohammed, 2012; Ramananarivo et al., 2011; Vural & Karaman, 2010), debido a la dificultad para analizar tales variables en conjunto en una zona geográfica determinada, a causa de la carencia de datos de producción y manejo, bajo condiciones ambientales correspondientes al desarrollo de una fuente de néctar dominante, para observar el impacto del clima sobre la cosecha de miel.

Recientemente se ha observado que considerar en conjunto las variables ambientales mencionadas, en el diseño de una función de producción, podría permitir conocer cómo afecta cada una, en la productividad de las colmenas (Medina-Cuéllar *et al.*, 2014), pudiendo hacer estimaciones económicas en consecuencia.

En el trabajo realizado por Medina-Cuéllar *et al.* (2014), enfocado a la segunda temporada de cosecha de miel en Aguascalientes, que tiene lugar en los meses de octubre y noviembre; se analizó la relación de la producción de miel por colmena con las variables temperatura, precipitación pluvial, superficie cosechada de cultivos de temporal en la zona de pecoreo y jornales aplicados, manteniendo constante el capital compuesto por la infraestructura de los apiarios. Dicha relación se determinó desde un enfoque bioeconómico, con una función de producción tipo Cobb-Douglas.

Ante el temor de posibles crisis alimentarias, producto de los cambios climáticos, independientemente de que sus causas sean o no antropogénicas, la inquietud por incluir como factor a los recursos naturales, dentro de las funciones de producción, responde a la necesidad de contar con mayor certidumbre al momento de hacer pronósticos de producción y ventas, dentro del sistema de economía de mercado en el que se desarrolla el comercio mundial (González, 2009), lo que justifica el desarrollo de este ejercicio para conocer; desde la perspectiva del modelo desarrollado por Medina-Cuéllar et al. (2014), el impacto económico de los cambios en el ambiente, sobre una actividad tan sensible a las variaciones del clima como lo es la apicultura.

Materiales y métodos

Con 5,589 km² de superficie, Aguascalientes es una entidad federativa de la República Mexicana, donde gracias a las características semiáridas predominantes en su territorio, se produce miel con bajo contenido de agua, más del 60.0% de la miel producida en la segunda temporada de cosecha proviene de especies de la familia Asteraceae, donde destaca la aceitilla (*Bidens sp.*), considerada como maleza en los cultivos de temporal en la región.

Para satisfacer las necesidades de cosecha, sanidad y alimentación de una colmena, la cantidad mínima de trabajo requerida es $0.6 \text{ jornales} \cdot \text{colmena}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ y la cantidad máxima es 1.0. El trabajo por colmena se midió como el porcentaje usado de los $0.4 \text{ jornales} \cdot \text{colmena}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ disponibles.

Debido a que la flora de la temporada, sólo prolifera en los cultivos de temporal y no en los de riego donde se aplican herbicidas que las eliminan, se recurrió a registros de superficie cosechada de temporal anual a nivel municipal (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática [INEGI], 1984, 2002, 2011a, 2011b), para calcular la superficie cosechada de cultivos de temporal (ha) en un radio de pecoreo de 6 km de cada apiario, asegurando el radio recomendado de 3 km entre apiarios (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], 2009).

Los datos de la temperatura media ($^{\circ}\text{C}$) y precipitación ($\text{mm} \cdot \text{día}^{-1}$), ambas del segundo semestre de los años de 1998 a 2007, fueron proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (Comisión Nacional del Agua [CONAGUA], 2010).

El diseño de la función de producción tipo Cobb-Douglas propuesta por Medina-Cuéllar *et al.* (2014); Ecuación (1), mostró un R^2 en diferencias de 0.71, el cual tomó en cuenta la ubicación de los apiarios, considerando prácticas de producción homogéneas bajo protocolos de inocuidad, para analizar el efecto de la temperatura, precipitación, superficie cosechada de temporal, y cantidad de trabajo, sobre la producción de miel de abeja por colmena en el Estado de Aguascalientes; para lo cual se definió una muestra de 41 apicultores, que concentraron el 55 % del inventario estatal (4,901 colmenas) reportado para el año 2010, por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Para asegurar la uniformidad en dichos protocolos, la muestra se conformó con miembros del Comité Sistema Producto Apícola del Estado de Aguascalientes, A.C., quienes conservaron sus apiarios en las mismas zonas por 13 años (1998-2010).

$$Y = e^{1.7079} * Y_{-1}^{-0.114216} * T^{-0.4169} * H^{0.2339} * Q^{0.000734} * Q_{-1}^{0.00004} * L^{0.4754} \quad (1)$$

Con base en el modelo representado en la Ecuación (1), se procedió a realizar la simulación de dos de los escenarios climáticos previstos por el INE (Instituto de Ecología y Cambio Climático), para el Estado de Aguascalientes correspondientes a los años 2020 y 2050, cuyas predicciones tienen el 2001 como año base (Instituto Nacional de Ecología [INE], 2013).

Las series de datos correspondientes a temperatura y precipitación, para los años posteriores al 2010, se calcularon dividiendo el incremento o decremento previsto para cada variable, entre los años que componían el periodo de 2011 a 2020 y de 2021 a 2050 respectivamente.

Para generar la serie de datos, correspondiente a la proporción de superficie cosechada de cultivos de temporal (secano), se consideró el hecho, de que entre el 80.0% y 90.0% de la superficie cultivada de granos en la zona de estudio, corresponde al maíz, por lo que se realizó una extrapolación para el Estado de Aguascalientes, de las predicciones realizadas a partir del año 2010 por Ballesteros-Barrera *et al.* (2011), para los años 2020 y 2050, respecto a la reducción del 16.0% y 34.0% respectivamente de las áreas favorables en México para cultivar el maíz.

La variable referente a la cantidad de trabajo aplicado, se mantuvo constante para la estimación de la producción de miel por colmena, desde el año 2011 al 2050, con el propósito de observar la manera en la que responde la productividad de las colmenas, ante los cambios en las variables que el hombre no puede controlar.

Resultados

Para analizar la consistencia del modelo y su capacidad predictiva, en este ejercicio se reestimó el modelo con un panel de datos reducido de 1998 hasta el año 2007, después se realizaron predicciones para los años 2008, 2009 y 2010, dando lugar al modelo mostrado en el Cuadro 1; se observa que el modelo es significativo a nivel global, y también en el caso de cada variable, de acuerdo con las pruebas de “F” y “t de student” respectivamente a un nivel de significancia del 5.0%, asimismo, observando el resultado del estadístico “h” de Durbin, se descarta la presencia de correlación serial de primer orden.

Cuadro 1 Modelo de kg de miel por colmena

Variable dependiente: $\Delta \ln Y_t$				
Instrumentos: $\ln L_{t-1}, \ln W_t, \ln TPIB_t$				
Variable	Coefficiente	Error Std.	t-Estadístico	Prob.
C	2.0852	0.6509	3.2035	0.0014
$\ln Y_{t-1}$	-1.0825	0.0454	-23.863	0.0000
$\ln T$	-0.6393	0.1902	-3.3606	0.0008
$\ln H$	0.1901	0.0623	3.0509	0.0024
$\ln Q$	-0.6128	0.1435	-4.2689	0.0000
$\Delta \ln Q$	0.6185	0.1439	4.2979	0.0000
$\ln Q_{t-1}$	0.6167	0.1443	4.2742	0.0000
$\ln L$	0.5683	0.0543	10.462	0.0000
R^2 en diferencias	0.6353			
Adjusted R-squared	0.6314			
F-statistic	202.5452			
Prob(F-statistic)	0.0000			
Estadístico “h” de Durbin	0.5008			

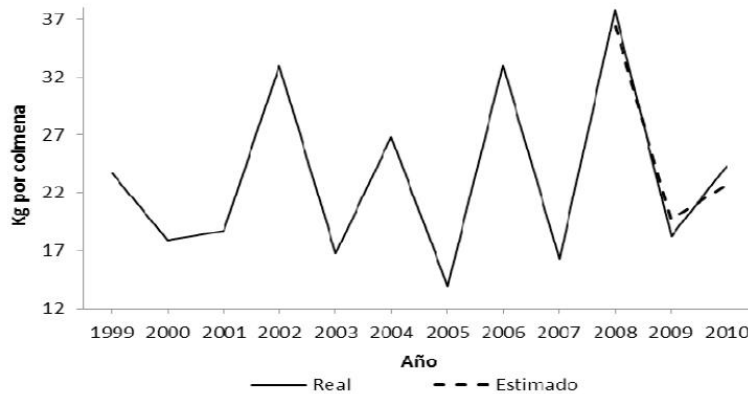
Fuente: Elaboración propia con datos de 1998 a 2007.

La variable Y (producción de miel) se despejó del modelo obtenido (Cuadro 1) con el nuevo panel de datos, obteniendo la siguiente función de producción tipo Cobb-Douglas para estimar los kg de miel por colmena:

$$Y = e^{2.0852} * Y_{t-1}^{-0.0825} * T^{-0.6393} * H^{0.1901} * Q^{0.0057} * Q_{t-1}^{0.0018} * L^{0.5683} \quad (2)$$

El contraste de los datos reales contra los resultados estimados por el modelo se detalla en el Cuadro 2, y el detalle para los tres últimos años se muestra en la figura 1.

Figura 1 Capacidad predictiva del modelo



Fuente: Elaboración propia con datos promedio del Estado de Aguascalientes.

El error porcentual absoluto medio de los tres últimos años es del 5.96%, lo que indica la utilidad del modelo para realizar predicciones, al menos en un período trianual (Cuadro 2).

Cuadro 2 Validación del modelo (Kg por colmena reales vs predichos)

Año	Real	Estimado
2010	24,32	22,72
2009	18,27	19,68
2008	37,75	36,39
2007	16,28	
2006	33,01	
2005	13,99	
2004	26,87	
2003	16,78	
2002	33,01	
2001	18,71	
2000	17,95	
1999	23,68	

Fuente: Elaboración propia con datos de 1998 a 2010.

En este modelo los exponentes de las variables explicativas de la ecuación (2), representan las elasticidades de la cantidad de kg por colmena con respecto a los valores que toma cada variable explicativa; miden el cambio porcentual en los kg por colmena obtenidos, debido a una variación del 1.0% en cada variable independiente, manteniendo las otras constantes.

La variable correspondiente a la temperatura media observada en el segundo semestre del año, indica que cuando esta aumenta en un 1.0%, la producción por colmena se reduce en 0.6393 %.

Este comportamiento concuerda con varios estudios en los que se expone la existencia de una relación inversa, tanto entre la temperatura y el comportamiento productivo de las abejas (Bartomeus *et al.*, 2011; Gordo & Sanz, 2006; Gordo *et al.*, 2010), como entre dicha variable, y la productividad de la principal fuente de néctar de la segunda temporada (Funes *et al.*, 2009; Vibrans, 1995).

Los autores citados en el párrafo anterior, también mencionan la relación directa entre la productividad de las abejas y la fuente néctar en cuestión, con la precipitación, lo cual es ilustrado por el modelo obtenido donde se observa una relación directa entre precipitación y productividad, los resultados homólogos obtenidos en la presente investigación, señalan los datos cuantitativos de esta relación, válidos para el área de estudio, pues cuando los niveles de lluvia aumentan en un 1.0%, la producción de miel por colmena aumenta en 0.1901%.

La proporción de superficie cosechada de cultivos de temporal (secano), es la variable con la que se infiere la dotación de recursos apibotánicos. El modelo obtenido demuestra esta dependencia, donde se observa que al aumentar la proporción de superficie cosechada de temporal del año anterior en 1.0%, la producción de miel por colmena aumentará en 0.0018%, y al aumentar la del año corriente en la misma proporción, la producción aumentará en 0.0057%. Esta relación directa muestra como el dato del año corriente, a pesar de ser pequeño, señala que es el que determina en mayor medida la productividad de las colmenas.

Por su parte, la variable correspondiente al trabajo aplicado por colmena durante el año, muestra una relación directa con la productividad; cuando esta variable aumenta en un 1.0%, la cosecha de miel aumenta en 0.5683%, cabe aclarar que este aumento sólo es válido dentro de los valores de la variable que va de 0.6 jornales, hasta 1.0 jornales por colmena al año, ya que esta es la cantidad máxima de jornales que se detectaron en la información analizada, y que se pueden aplicar a la colmena en un año.

Finalmente, el modelo sugiere un cierto ajuste a la baja de la producción de miel del 0.0825% tras un aumento, *ceteris paribus*, del 1.0% en la del año anterior, lo que puede estar relacionado con la adaptación a la variabilidad debida al clima, puesto que las condiciones de manejo técnico de los productores entrevistados son homogéneas.

Con base en el modelo expuesto en la ecuación (1), se procedió a simular la producción de miel bajo dos de los escenarios previstos por el INE, para el Estado de Aguascalientes.

Tales escenarios corresponden a los años 2020 y 2050, tomando como punto de partida para las predicciones de ambos periodos el año 2001 (INE, 2013), en ambos se observan cambios importantes en las variables referentes a temperatura y precipitación (Cuadro 3), que junto con la superficie cosechada y el trabajo aplicado, componen la función de producción de miel obtenida.

Cuadro 3 Escenarios de cambio climático para Aguascalientes

Escenario	Precipitación total anual	Temperatura media anual
2020	Disminuirá entre 0 y -5 %	Aumentará entre 0,6 y 1,4°C
2050	Variará entre +5 y -15 %	Aumentará entre 1,5 y 2,5°C

Fuente: INE 2013.

Debido a que entre el 80.0% y 90.0% de la superficie cultivada de granos en la zona de estudio corresponde al maíz, con predominio del maíz blanco (Cruz-Delgado *et al.*, 2006; Peinado-Guevara, 2010), para hacer las estimaciones correspondientes a la variable identificada como proporción de superficie cosechada de temporal, requerida por el modelo para los años 2020 y 2050, se realizó una extrapolación para el Estado de Aguascalientes de las predicciones realizadas por Ballesteros-Barrera *et al.* (2011), quien tomó como base el año 2010, para calcular la disminución de las áreas en donde se encontrarán condiciones favorables para cultivar el maíz en México, señalando que en el año 2020 serán de 402,934 km² y de 318,302 km² en el 2050 para todo el país, lo cual implica una reducción del 16.0% y 34.0% respectivamente (Ballesteros-Barrera *et al.*, 2011). Se calcularon dichos porcentajes para la zona de estudio, tomando como base su superficie cosechada correspondiente al año 2010, para generar la serie de datos hasta los años 2020 y 2050.

El porcentaje de jornales adicionales usados que se consideró para modelar los escenarios de los años 2020 y 2050, fue el promedio del periodo de los años 1999 a 2010, se mantuvo esta variable constante desde el año 2011 hasta el 2050, para prestar atención a las variables fuera del control de los apicultores, las cuales demuestran el impacto de los cambios climáticos de cada escenario, sobre el rendimiento de las colmenas, asumiendo la posibilidad de que los embates desfavorables del clima en el rendimiento por colmena, pueden ser mitigados aplicando una cantidad de trabajo mayor, hecho que inevitablemente aumentaría los costos de producción y el precio del producto, pero que está limitada a la disposición de un jornal por colmena anual, que es la máxima cantidad de control que el apicultor puede ejercer ante una labor productiva sujeta a condiciones, en su mayoría, fuera del control humano.

Cuadro 4 Rendimiento promedio según la función de producción

Periodo	Rendimiento promedio _{/a}	Cambio en el rendimiento _{/a}	Cambio (%)	Pérdida/ Colmena _{/b}	Pérdida/ Cosecha _{/b}
1998-2010	23.387				
2011-2020	22.970	-0.417	-1.78	\$16.26	\$144,876.60
2021-2050	22.395	-0.992	-4.24	\$38.69	\$344,727.90

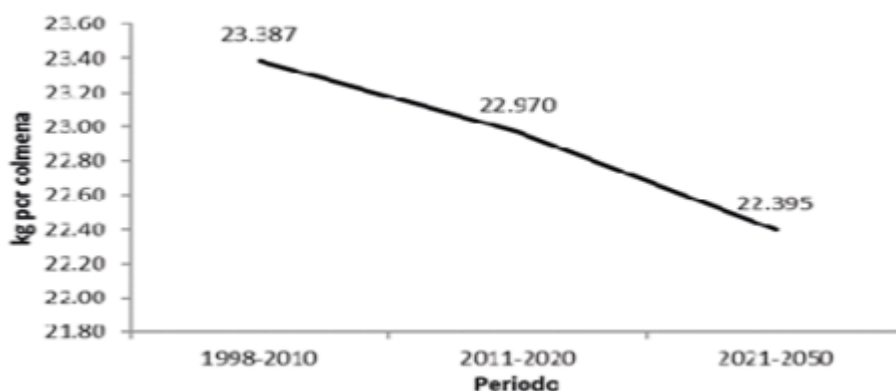
/a. kg por colmena. /b. Pérdida económica promedio de la 2ª temporada de cosecha en el periodo, expresada en Pesos Mexicanos de 2012.

Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta aplicada, INE.

Al aplicar la función de producción propuesta, se observó el impacto de las variables climáticas y de uso del suelo sobre la productividad de las abejas; tomando como base el rendimiento promedio por colmena del periodo 1998-2010, que corresponde a 23.387 kg; para el periodo 2011 a 2020, dicho rendimiento promedio habrá disminuido 1.784 %, y para el periodo 2021 a 2050 se habrá reducido en 4.244%, lo que representará una pérdida de ingresos por \$16.26 y \$38.69 pesos por colmena respectivamente para los últimos dos periodos futuros mencionados, considerando el precio de \$39.00 Pesos Mexicanos por kg de miel (SAGARPA, 2012), del mes de octubre de 2012 (Cuadro 4).

En los pronósticos de los escenarios futuros, se observa una tendencia a la baja en el rendimiento promedio de miel por colmena en el área de estudio, según los datos reales obtenidos para el periodo de 1998 a 2010, y las predicciones de producción promedio realizadas con base en los escenarios climáticos previstos por el INE (Figura 2).

Figura 2 Producción promedio por colmena



Fuente: Elaboración propia con datos promedio reales y predichos por el modelo bioeconómico.

Suponiendo que la población de 8,910 colmenas se mantuviera constante hasta los periodos correspondientes a los años 2020 y 2050, la cual constituyó el inventario de colmenas para el año 2010 de la zona de estudio, con la función de producción propuesta se estiman pérdidas promedio para la segunda temporada de cosecha, por cerca de \$144,876.60 y \$344,727.90 pesos mexicanos (del año 2013) respectivamente, en el Estado de Aguascalientes.

Conclusiones

Al emplear el modelo bioeconómico propuesto para realizar pronósticos de producción, bajo escenarios en los que las variables referentes al clima y a superficie cosechada se ven afectadas, se observó un decremento en el rendimiento de miel por colmena, lo cual implicará pérdidas económicas para los periodos 2011-2020 y 2021-2050.

Si este hecho se observa de forma ingenua, las pérdidas económicas que tendrán lugar en el futuro no parecen ser grandes, pero por otro lado, al observar tal decremento de una forma holística, desde la perspectiva de los futuros escenarios de cambio climático previstos, el panorama es diferente.

El decremento previsto en la productividad de las colmenas reflejará, no solo como los cambios en el ecosistema tienen implicaciones económicas en la apicultura, dada la sensibilidad de los insectos empleados para ejercerla, y de las fuentes de néctar involucradas en cada temporada, sino también, en los cultivos con los que interactúan las abejas de diferentes formas.

Aunque en apariencia, las pérdidas económicas esperadas en la apicultura, no sean tan elevadas respecto a las ganancias que otras actividades agropecuarias pueden proporcionar, y que podrían compensar los ingresos que dejarían de percibirse por la cosecha de derivados de la colmena; analizando el sistema agroalimentario en su conjunto, las abejas habrán reducido ya sea su actividad, o su capacidad productiva, y por lo tanto, contribuirán en menor medida al desarrollo de otras plantas, provocando pérdidas no sólo económicas sino también de biodiversidad, lo que podría generar consecuencias desfavorables en términos de sustentabilidad alimentaria, considerando que gran parte de la producción global agrícola depende la polinización animal, la cual es en gran medida ejecutada por himenópteros como las abejas, cuando llevan a cabo sus labores de producción de miel y derivados de la colmena.

Referencias

Abdul-Malik, A., & Mohammed, A. (2012). Technical efficiency of beekeeping farmers in Tolon-Kumbungu district of Northern region of Ghana. *Journal of Development and Agricultural Economics*, 4(11), 304-310. doi: 10.5897/JDAE12.074.

Ballesteros-Barrera, C., Jiménez-García, D., & Hernández-Cárdenas, G. (2011). El impacto potencial del cambio climático sobre los agroecosistemas. El caso del cultivo del maíz, proyecciones al futuro. *Manejo Agroecológico de sistemas* (Vol. 2, pp. 1-14). Puebla, México: Universidad Autónoma de Puebla.

Bartomeus, I., Ascher, J. S., Wagner, D., Danforth, B. N., Colla, S., Kornbluth, S., & Winfree, R. (2011). Climate-associated phenological advances in bee pollinators and bee-pollinated plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. doi: 10.1073/pnas.1115559108.

CONAGUA. (2010). Temperatura y precipitación de estaciones meteorológicas en Aguascalientes (Periodo 1997-2010). Aguascalientes, México: Comisión Nacional del Agua.

Cruz-Delgado, M. S., Gómez-Valdez, M. M., Ortiz-Pulido, M. E., Entzana-Tadeo, A. M., Suárez-Hernández, C. Y., & Santillán-Moctezuma, V. (2006). *Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996-2012*. México, D.F.: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

Funes, G., Díaz, S., & Venier, P. (2009). La temperatura como principal determinante de la germinación en especies del Chaco seco de Argentina. *Ecología Austral*, 19(2), 129-138.

González, J. I. (2009). Pobreza y Cambio Climático. Trabajo realizado para Naciones Unidas - Pnud. *PNUD*.

Gordo, O., & Sanz, J. J. (2006). Temporal trends in phenology of the honey bee *Apis mellifera* (L.) and the small white *Pieris rapae* (L.) in the Iberian Peninsula (1952–2004). *Ecological Entomology*, 31(3), 261-268. doi: 10.1111/j.1365-2311.2006.00787.x

Gordo, O., Sanz, J. J., & Lobo, J. M. (2010). Determining the environmental factors underlying the spatial variability of insect appearance phenology for the honey bee, *Apis mellifera*, and the small white, *Pieris rapae*. *Journal of Insect Science*, 10(34), 1-21.

IICA. (2009). *Manual de apicultura básica para Honduras*. Tegucigalpa, Honduras: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

INE. (2013). El Cambio Climático en México, Información por Estado y Sector. *El Cambio Climático en México*. Retrieved July 10, 2013, from http://www2.inecc.gob.mx/cclimatico/edo_sector/estados/futuro_aguascalientes.html

INEGI. (1984). Anuario Estadístico de Aguascalientes 1984 (Vol. 1, pp. 27). Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

INEGI. (2002). Anuario estadístico del Estado de Aguascalientes (2002 ed., pp. 201). Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

INEGI. (2011a). Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos (pp. 197). Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

INEGI. (2011b). Anuario estadístico del Estado de Aguascalientes (pp. 210). Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

Medina-Cuéllar, S. E., Portillo-Vázquez, M., García Álvarez-Coque, J. M., Terrazas-González, G. H., & Alba-Nevárez, L. L. (2014). Influencia del ambiente sobre la productividad de la segunda cosecha de miel de abeja en Aguascalientes de 1998 a 2010. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 20(2), 323-329. doi: 10.5154/r.rchscfa.2013.08.030.

Peinado-Guevara, V. M. (2010). *Impacto de los apoyos fiscales para la producción y comercialización del maíz blanco en el valle de Guasave, Sinaloa*. Sinaloa, México: eumed.net.

Ramananarivo, S., Andriamanalina, S. I., Raharijaona, J. L., Ralihalizara, J., & Ramananarivo, R. (2011). Litchi fruit and honey production: positive externalities. *Acta Horticulturae (ISHS)*, (921), 187-195.

SAGARPA. (2012). Mercado apícola-Precios de miel. *Notiabeja*, 2012(5), 6.

Vibrans, H. (1995). *Bidens pilosa* L. y *Bidens odorata* Cav. (Asteraceae: Heliantheae) en la vegetación urbana de la Ciudad de México. *Acta Botánica Mexicana*, 32, 85-89.

Vural, H., & Karaman, S. (2010). Socio-economic analysis of beekeeping and the effects of beehive types on honey production. *African Journal of Agricultural Research*, 5(22), 3003-3008.

Eficiencia y productividad del agua en los cultivos de Nogal Pecanero y Alfalfa Forrajera en el Municipio de Rodeo, Durango

RÍOS-FLORES, José Luis*†, CHAVARRÍA-PÉREZ, Graciela y SALAZAR-MARMOLEJO, Blanca Veronica

Universidad Autónoma Chapingo - Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Bermejillo, Durango, C.P. 35230.

Resumen

El objetivo fue cuantificar la eficiencia física, económica y social del uso agrícola del riego por gravedad en alfalfa (*Medicago Sativa*) vs nogal pecanero (*Carya illinoensis*) en el municipio de Rodeo, Durango y contrastarle en contra de promedios regionales irrigados por gravedad en el DR-017. Se desarrollaron modelos matemáticos que permitieron evaluar la eficiencia y la productividad del agua de riego como indicadores de la sustentabilidad del agua subterránea irrigada en los cultivos de alfalfa y nogal. Los resultados muestran que se emplearon 11,779 L kg⁻¹ de nuez y 267 L kg⁻¹ de alfalfa, es decir; se produjeron 0.085kg m⁻³, en nogal y 3.752 kg m⁻³ en alfalfa. El agua es un recurso primordial en las zonas áridas y semiáridas de México, en tanto que su aporte limita la producción agropecuaria del país, Sin embargo en este estudio se observó que el precio real del agua represento un porcentaje muy bajo del costo de producción, lo que provoca un uso irracional del mismo (\$0.13 m⁻³ en nogal y \$0.17 m⁻³ en alfalfa), requiriéndose 517 L para generar \$1 de utilidad en nogal y 774.1 L en alfalfa. Por otro lado se determinó que en el cultivo de nogal se generaron 13.5 empleos/hectómetro de agua, mientras que en el cultivo de alfalfa solo se generaron 3.9 empleos hm⁻³. La productividad horaria determinada fue de 366 h ton⁻¹ en nogal y 2.37 h ton⁻¹. Finalmente bajo las mismas condiciones de cultivo, así como de mercado la cantidad mínima que se requiere producir para tener una operación viable (punto de equilibrio) en el cultivo de nogal el indicador fue 0.548 ton ha⁻¹ y en alfalfa 30.495 ton ha⁻¹. En base al análisis realizado se concluye que el cultivo de alfalfa fue más eficiente en términos físicos y económicos en relación al nogal pecanero.

Eficiencia, huella hídrica, productividad.

Abstract

The aim was to quantify the physical, economic and social efficiency of agricultural irrigation by gravity in alfalfa (*Medicago sativa*) vs Pecan (*Carya illinoensis*) in the town of Rodeo, Durango and offer a counterpoint against regional averages irrigated by gravity in the DR-017. Mathematical models that allow assessing the efficiency and irrigation water productivity model as indicators of the sustainability of groundwater irrigated alfalfa crops were developed and walnut. The results show that employed 11,779 kg L-1 nut 267 and L-1 kg alfalfa, ie; 0.085kg occurred m-3, walnut and 3,752 kg m-3 in alfalfa. Water is a vital resource in the arid and semiarid areas of Mexico, while their contribution limits agricultural production in the country, however this study found that the real price of water represent a very small percentage of the cost of production, causing an irrational use of the (m-3 \$ 0.13 and \$ 0.17 Walnut m-3 alfalfa), requiring 517 L to generate \$ 1 useful in walnut and 774.1 L in alfalfa. Furthermore it was determined that in growing 13.5 walnut Jobs / hectómetro water generated while the alfalfa only 3.9 jobs hm-3 were generated. The determined hourly productivity was 366 h-1 ton walnut ton and 2.37 h-1. Finally under the same growing conditions as well as market the minimum amount required to produce to have a viable operation (break-even) in the cultivation of walnut indicator was 0.548 t ha-1 and alfalfa 30,495 t ha-1 . Based on the analysis it concludes that the cultivation of alfalfa was more efficient in physical terms and in relation to economic pecan.

Efficiency, water footprint, productivity.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: j.rf2005@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

La producción agropecuaria y el uso del agua son dos procesos estrechamente vinculados. A medida que la competencia por este recurso se intensifica, el agua destinada a la producción de alimentos debe ser utilizada de manera más eficiente (Pasquale, Hsiao y Federes, 2007).

El concepto de la productividad del agua fue establecido por Kijne *et al.*, (2003) como una medida sólida para determinar la capacidad de los sistemas agrícolas de convertir el agua en alimento. Para incrementar la productividad del agua es necesario maximizar la productividad de cada gota de agua, así como una mejorar la captación y aprovechamiento de agua de lluvia que pueda contribuir en la reducción de la presión que se ejerce sobre los recursos hídricos de determinada región (Mekonnen y Hoekstra, 2010).

La determinación de la productividad en la práctica se utilizara como una herramienta de diagnóstico para entender el uso del agua en los sistemas agrícolas. Este indicador permitirá a los tomadores de decisiones hacer juicios acerca de qué alternativas existen para resolver problemas técnicos, de la productividad del agua, acerca de si una región es o no eficiente en la producción agrícola, proporcionando elementos para la determinación de posibles oportunidades de redistribución de agua en las cuencas (Kijne *et al.*, 2003). En este sentido este trabajo busca evaluar los indicadores de productividad física, económica y social del agua subterránea en los cultivos de nogal pecanero y alfalfa en el municipio de Rodeo, Durango.

Materiales y métodos

Fuentes de información

Se utilizó la base de datos de la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) del ciclo agrícola 2012, empleándose datos de producción, rendimiento, superficie sembrada y cosechada de alfalfa y de nogal pecanero para el municipio de Rodeo, Durango, en condiciones de riego rodado o de gravedad. Para este estudio se define como agricultura de riego por gravedad todas aquellas tierras que tienen acceso a fuentes de agua normalmente de lluvia, captada en presas y embalses y que posteriormente es conducida a la parcela.

Para construir los costos de producción del cultivo, se emplearon los datos de la SAGARPA, para el ciclo 2012. Con base en estos valores, se calculó la rentabilidad del cultivo para el área de influencia a nivel municipal. Las láminas de riego empleadas fueron las indicadas por el Campo Experimental Matamoros Coahuila, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), de la Comarca Lagunera.

Variables evaluadas

- 15.- Litros de agua usados en el riego, necesarios para producir 1kg de producto físico (Y_1).
- 16.- Los kilogramos de producto físico producido por cada m^3 de agua usado en el riego (Y_2).

- 17.- Litros de agua usada en el riego necesario para producir \$1 de ingreso bruto (Y_3).
- 18.- Ingreso bruto generado por m^3 de agua usada en el riego (Y_4).
- 19.- Utilidad bruta producida por cada m^3 de agua usada en el riego (Y_5).
- 20.- Cantidad de agua (m^3) utilizada en el riego para producir \$1 de utilidad bruta (Y_6).
- 21.- Precio del metro cubico pagado por el productor (Y_7).
- 22.- Ingreso bruto por cada m^3 de agua en relación al precio del m^3 de agua al productor (Y_8).
- 23.- Cantidad de empleos generados por hectómetro de agua irrigada (Y_9).
- 24.- Horas de trabajo invertidas por tonelada (Y_{10}).
- 25.- Ganancia por trabajador (Y_{11}).
- 26.- Ganancia por hora invertida por trabajo (Y_{12}).
- 27.- Punto de equilibrio expresado en tonelada por hectárea (Y_{13}).
- 28.- Vulnerabilidad crediticia (Y_{14}).

Ecuaciones matemáticas utilizadas

$$Y_1 = \frac{V}{RF} = \frac{10000 \text{ LR}}{RF}$$

$$Y_2 = \frac{1}{Y_1} = \frac{RF}{V} = 0.0001 \frac{RF}{LR}$$

$$Y_3 = \frac{V}{RM} = \frac{10000 \text{ LR}}{RM} = \frac{10000 \text{ LR}}{RF (\text{Pr})}$$

$$Y_4 = \frac{1}{Y_3} = \frac{RM}{V} = \frac{0.0001 \text{ RM}}{LR} = \frac{0.0001 \text{ RF (Pr)}}{LR}$$

$$Y_5 = \frac{U}{V} = \frac{I - C}{10000LR} = \frac{0.0001(RF(\text{Pr}) - C)}{LR}$$

$$Y_6 = \frac{1}{Y_5} = \frac{V}{U} = \frac{10000 \text{ LR}}{U}$$

$$Y_8 = \frac{U / m^3}{\text{Precio del agua} / m^3}$$

$$Y_9 = \frac{E}{100,000 \text{ m}^3 \text{ de agua}}$$

$$Y_{10} = \frac{J * 8}{RF}$$

$$Y_{11} = \frac{S * U}{\text{Numero de empleados permanentes}}$$

$$Y_{12} = \frac{U}{j * 8}$$

$$Y_{13} = \frac{C}{Pr}$$

$$Y_{14} = \frac{RF}{Pe}$$

Donde:

LR = Lámina de riego (m)

V= Volumen de agua utilizado (m^3) = LR*10000

RF= Rendimiento físico por hectárea ($ton\ ha^{-1}$)

I= RM= Ingreso o rendimiento monetario por hectárea (en pesos de 2012).

C= Costo por hectárea (en pesos de 2012)

U = Utilidad o ganancia bruta por hectárea (en pesos de 2012) = I - C

Pr = Precio real por tonelada (en pesos de 2012)

E = Número de empleos generados al año

S= Superficie cosechada (ha).

J= Numero de jornales por hectárea.

288 = Número de jornadas de trabajo al año por trabajador.

Pe=Punto de equilibrio.

Resultados

Entorno macroeconómico de la eficiencia del uso de agua superficial y el precio del agua en alfalfa y nogal pecanero de Rodeo, Durango

El nogal pecanero tanto del sector de la pequeña propiedad como el del ejidal, en 2012, con sus 267 hectáreas irrigadas por gravedad en el municipio de Rodeo, Durango, represento el 6.56% de las 4,066 ha cosechadas en todo el estado de Durango, aportando el 16.31% de las 3,646.45 toneladas producidas ese año. El Valor Bruto de la Producción de nogal represento el 7.61% del VBP del estado de Durango.

Los rendimientos determinados para cada uno de los cultivos fue $75.040\ ton\ ha^{-1}$ en el cultivo de alfalfa y $2.228\ ton\ ha^{-1}$ en el nogal, con ingresos por hectárea de \$43,523 en alfalfa y \$50,936.3 en nogal, con un precio por tonelada de \$40,000 en el caso de la nuez y \$580 de la alfalfa. Los costos por hectárea fueron \$21,925.4, en nogal y \$17, 686.7, en el cultivo de alfalfa. La ganancia ha^{-1} asciende a \$29, 011 en nogal, mientras en alfalfa es de \$ 25,836.4, determinándose una Relación Beneficio-Costo (RB/C) en la alfalfa igual a 2.46, y de 2.32 en nogal.

Si bien los índices de la Relación Beneficio/Costo son favorables en ambos cultivos, lo anterior indica que mientras que en la producción del nogal, se logra recuperar cada \$1 invertido en la producción, se obtienen 1.32 adicionales, mientras en alfalfa se recupera cada \$1 erogado y se recuperan \$1.46 adicionales, de allí que sea válido afirmar que en términos estrictamente financieros, el cultivo de la alfalfa es más eficiente en el uso del capital que el cultivo de nogal en el municipio de Rodeo, Durango.

El cultivo de alfalfa es un gran demandante de agua, con una lámina de riego que varía entre 2.4 a 2.7 m (Vázquez *et al.*, 2010). En el municipio de Rodeo, el alfalfa y el nogal en conjunto requirieron $22.13\ Mm^3$ de agua en riego por gravedad, para irrigar sus 1,173 hectáreas de riego establecidas para ambos cultivos, no obstante, el cultivo de alfalfa demando el 81.87% ($18.12\ Mm^3$) de ese volumen, y el cultivo de nogal utilizo $4.02\ Mm^3$ los cuales representan el 18.13% del agua requerida por ambos cultivos.

Así mismo, en conjunto los cultivos de alfalfa y nogal, en bajo riego por gravedad requirieron 35,735 jornadas de trabajo (124.1 personas/año), mientras el alfalfa contribuyo con el 56.46% (20, 177 jornadas) el cultivo de nogal aportó 15,558 jornadas de trabajo que representan el 43.54% del total.

Eficiencia física del agua empleada en el riego por gravedad en alfalfa y nogal pecanero

La eficiencia física del agua rodada de riego está señalada en la variables Y_1 del Cuadro 1, donde se puede observar que en el caso del alfalfa se requirieron 267L kg^{-1} de alfalfa forrajera, mientras que en el caso del nogal se necesitaron 11,779 L para generar un kilogramo de nuez, es decir; para producir un kilogramo de nuez se emplearon 44.16 veces más agua de la que se requiere para producir un kilogramo de alfalfa. Este indicador es un reflejo de la presión que se ejerce sobre los recursos hídricos de la región, en tanto que la relación entre el agua y producción así lo indica. La variable Y_2 señala que en promedio en el Municipio de Rodeo Durango, se produjeron 3.752 $kg m^{-3}$ de alfalfa, mientras que en nogal el indicador 0.085 $kg m^{-3}$ de nuez. Sin embargo los valores del indicador de productividad física se ubican por debajo de los otros indicadores (Al-Karaki, y Al-Hashimi, 2012) quienes bajo condiciones controladas de hidroponía determinaron un índice de 585 $kg m^{-3}$ en sorgo forrajero y 521 $kg m^{-3}$ en alfalfa (Lorite *et al.*, 2012).

Cuadro 1 Indicadores de eficiencia y productividad el agua irrigada por gravedad en nogal pecanero (*Carya illinoensis*) y alfalfa (*Medicago sativa*) en Rodeo, Durango en 2012. Cifras monetarias en pesos nominales de 2012

Variable económica	nogal	alfalfa
Y_1 = Litros de agua/kg	11,779	267
Y_2 = kg/m^3 de agua	0.085	3.752
Y_3 = Litros de agua por \$1 de ingreso bruto	294	460
Y_4 = Ingreso bruto por m^3	\$3.40	\$2.18
Y_5 = Utilidad bruta por m^3	\$1.93	\$1.29
Y_6 = Litros de agua por \$1 de utilidad	517.0	774.1
Y_7 = Precio del m^3 de agua al productor	\$0.13	\$0.17
Y_8 = Ingreso bruto por m^3 /precio del m^3 de agua al productor	26.81	13.07
Y_9 = Empleos generados por hectómetro de agua hm^3	13.5	3.9
Y_{10} = Horas de trabajo invertidas por ton	366.07	2.37
Y_{11} = Ganancia por trabajador (\$ miles)	\$143.39	\$334.12
Y_{12} = Ganancia por hora invertida de trabajo	62.23	145.02
Y_{13} = Punto de equilibrio	0.548	30.495
Y_{14} = Vulnerabilidad crediticia	2.32	2.46

Fuente: Elaboración propia.

Eficiencia económica del agua superficial usada en el riego por gravedad en alfalfa y nogal pecanero

Se determinó que el precio del agua por metro cubico irrigado por gravedad en el caso del nogal pecanero fue de \$0.13 m^3 , y en el cultivo de alfalfa el precio fue de \$0.17 m^3 (Y_7). Los precios adecuados del agua son importantes para la mejora de la demanda y de la conservación de este recurso (Takele y Kallenbach, 2001).

Sin embargo los precios del metro cubico no evidencian el valor real del agua, algunos agricultores estadounidenses pagan entre US\$ 0.01 a US\$ 0.05 m⁻³ empleado en el riego mientras que el público en general paga US\$0.30 a US\$ 0.80 m⁻³ por el agua tratada de uso doméstico (Gleick, 2004).

La variable Y₃, muestra que en el cultivo de nogal se requirió un total de 294 L para generar \$1 peso de ingreso bruto, mientras que en alfalfa forrajera se requirieron 460L para generar \$1 de ingreso bruto. De acuerdo con las cifras del Cuadro 1, el ingreso bruto por metro cubico en el cultivo de nogal fue de \$3.40 m⁻³, mientras en el cultivo de alfalfa fue de \$2.18 m⁻³. Se determinó que el cultivo de alfalfa tuvo una utilidad bruta igual a \$1.29 m⁻³, siendo inferior a la determinada en el cultivo de nogal, el cual tuvo un indicador igual a \$1.93 m⁻³, lo que porcentualmente implica que el cultivo del nogal 19.8% superior al cultivo de alfalfa. La variable Y₆, evalúa la cantidad de agua irrigada, necesaria para producir \$1 de utilidad bruta, así se determinó que en el cultivo de alfalfa existió una mayor eficiencia, toda vez que en el primer caso se demandaron 774.1 L para producir \$1 de utilidad, mientras que en nogal el indicador fue igual 517 L para generar ese mismo peso de utilidad (Cuadro 1).

Eficiencia social del agua usada en el riego por gravedad en alfalfa y nogal pecanero

Las variables Y₈ a Y₁₁ del Cuadro 1, evalúan la productividad social del agua, de ellas la variable Y₈, analiza la proporción existente entre la utilidad bruta por m³ y el precio que paga el agricultor por m³. De esta forma se determinó un indicador igual a 26.81 en el cultivo de nogal, lo que sugiere que el productor de nogal en Rodeo, por cada \$1 erogado en agua, obtuvo un ingreso 26.81 veces superior, mientras que en el caso del agricultor dedicado a la producción de alfalfa obtuvo \$13.07 de ingreso por cada \$1 que este pago por metro cubico.

En cuanto a la eficiencia social del agua, que es la cantidad de empleos generados por hectómetro de agua, el indicador fue 13.5 (Y₉) en el nogal pecanero y 3.9 en el cultivo de alfalfa forrajera, este indicador es bajo en cultivos como los forrajes en relación a otros cultivos como las hortalizas y los frutales que requieren de una gran cantidad de mano de obra para actividades que no se realizan en otros cultivos forrajeros. Al mismo tiempo la cantidad de empleos que pueda generar un cultivo se relacionan con la productividad horaria, de tal forma que la variable Y₁₀, muestra que en el caso del nogal se requirieron 366.07 h ton⁻¹ generada de nuez, mientras en el cultivo de alfalfa la productividad horaria fue igual a 2.37 h ton⁻¹.

La productividad del trabajo vista como ganancia por trabajador (Y₁₁), muestra que el cultivo de nogal fue menos productivo que el cultivo de alfalfa ya que mientras el cada trabajador adscrito a la producción de nuez produjo \$143.39, cada trabajador vinculado a la producción de alfalfa forrajera generó \$334.12 de ganancia, es decir; un trabajador promedio de forrajes generó 2.32 veces más ganancia que el trabajador en nogal. Visto desde otro ángulo, la ganancia generada por hora de trabajo (Y₁₂), fue de \$145.02 hora⁻¹, mientras que en nogal esta fue igual \$62.23 hora⁻¹.

La variable Y_{13} , muestra que bajo las mismas condiciones de cultivo, así como de mercado la cantidad mínima que se requiere producir para tener una operación viable (punto de equilibrio) fue de 0.548 ton ha⁻¹ de nuez y de 30.495 ton ha⁻¹ en alfalfa forrajera. Tomando en consideración la producción obtenida en cada uno de los dos cultivos evaluados, se observa que ambos se ubicaron por encima del punto de equilibrio con 75,040 ton ha⁻¹ en el caso de la alfalfa y 2.228 ton ha⁻¹, en nogal, lo que los ubica como eficientes económicamente. La variable Y_{13} , que evalúa la vulnerabilidad crediticia del cultivo, desde la perspectiva de cuantas veces cubre el rendimiento físico por hectárea al punto de equilibrio. De esa forma, el Cuadro 1 indica que en el caso de la alfalfa, el rendimiento físico por hectárea del cultivo (75,040 ton ha⁻¹), alcanzó a cubrir 2.46 veces las 30,495 ton ha⁻¹ que tuvo como punto de equilibrio la alfalfa, lo cual señala que el cultivo tuvo una relación Beneficio/Costo de 2.46. Por otro lado el nogal tuvo un indicador igual a 2.32, lo que muestra que ambos cultivos son económicamente rentables en el municipio de Rodeo, Durango.

Conclusiones

El agua es un recurso primordial en las zonas áridas y semiáridas de México, en tanto que su aporte limita la producción de la agricultura. Sin embargo en este estudio se observó que el precio real del agua es muy bajo en relación a otras zonas agrícolas del mundo. La determinación de índices de productividad física y monetaria pueden ser empleados como indicadores de eco-eficiencia, rendimiento y presión sobre el medio ambiente. La eficiencia y productividad del agua en el cultivo de alfalfa producida en el DR017, fueron altos tanto en términos productivos como socioeconómicos, en relación al cultivo de nogal.

Referencias

- Al-Karaki, G.; Al-Hashimi, M. (2012). Green fodder production and water use efficiency of some forage crops under hydroponic conditions. *International Scholarly Research Network ISRN Agronomy*. 12: 1-5.
- Astori, D., (1986). *Enfoque crítico de los modelos de contabilidad social*. Siglo XXI editores. (6ª edición). 38-40pp.
- Gleick, P. H. (2004). Global freshwater resources: Soft-path solutions for the 21st century. *Science*. 302: 1524–1528.
- Kijne, J.W.; R. Barker; Molden, D (eds.) (2003). *Water productivity in agriculture: Limits and Opportunities for Improvement*. CABI Publication, Wallingford UK. 332p.
- Lorite, I. J.; García, V. M.; Carmona, M.; Santos, A. A.; Soriano, M. A. (2012). Assessment of the irrigation advisory services, recommendations and farmers. Irrigation Management: A Case Study in Southern Spain. *Water Resources Management*. 26 (8): 2397-2419.

Mekonnen, M. M.; and Hoekstra, A. Y. (2010). A global and high-resolution assessment of the green, blue and grey water footprint of wheat. *Hydrology and Earth System Sciences*. 14:1259–1276.

Pasquale, S., Hsiao, T. S., Fereres, E. (2007). On the conservative behavior of biomass water productivity. *Irrig Sci*. 25: 189–207.

SAGARPA (2012). Anuario Estadístico de la Producción Agropecuaria. SAGARPA-Delegación Región Lagunera. Cd. Lerdo, Durango.

Takele, E.; Kallenbach, R. (2001). Analysis of the impact of alfalfa forage production under summer water - limiting circumstances on productivity, agricultural and grower's returns and plant stand. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 187: 41-46.

Vázquez, V., C, García, H., J.L, Salazar, S. E, Murillo, A., B, Orona, C., I, Zúñiga, T., R, Rueda, P., E. O, Preciado, R., P. (2010). Rendimiento y valor nutritivo de forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con diferentes dosis de estiércol bovino. *Rev Mex Cienc Pecu*. 1(4):363-372.

Crecimiento económico, variables macroeconómicas y pobreza

Impacto del precio de las gasolinas en el gasto de los hogares en México, 2000-2012

DE-LA-ROSA-ZAMORA, Alejandro*† & PÉREZ-SOTO, Francisco

Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5 carretera México-Texcoco.

Resumen

Con la presente investigación tiene como propósito investigar el impacto de las gasolinas en los gastos de los hogares en México, a partir de encuestas de ingresos y gastos de los hogares publicados por el INEGI. Se utiliza el índice de Gini para medir desigualdad y el concepto de deciles de ingreso principalmente, los resultados indican que el consumo de gasolinas en México se ha incrementado. No obstante se tiene que importar cerca del 39 % de las gasolinas que consumimos. Para el período 2000-2012, al agrupar los tres primeros deciles, concentran el 7%, los siguientes 4, 5, 6 y 7 concentran el 25.6% y los últimos tres deciles concentran el 67.4% del ingreso corriente total de los hogares en México. La desigualdad del ingreso ha disminuido no obstante la pobreza se ha incrementado, en 53.3 millones de personas para 2012. El gasto corriente se incrementó en 32.7%, sobresaliendo el primer decil 26.4% de gastos de consumo, empobreciendo a este estrato de hogares en México, los estratos de ingreso 4, 5, 6 y 7 reaccionan reduciendo en menos 3.68% sus gastos de consumo. En tanto que los tres estratos de ingresos más altos ajustan su consumo en apenas 2% de sus ingresos. Se estimó un incremento en el costo del transporte en general, principalmente para los deciles 2, 3 y 9 de la distribución. Los gastos en transporte público, representan el 18.23% para los tres primeros deciles de ingreso, el 27.05% para los deciles 3, 4, 5, y 6 y apenas el 12.12% para los deciles de ingreso superiores. Lo que significa que los deciles medios utiliza más el transporte público en relación a los deciles de ingreso altos. Los incrementos en gastos en gasolina magna que realizan los hogares mexicanos, el primer decil representó el 0.09%, le sigue el segundo decil con 0.79%, el tercer decil con 0.38%, el cuarto con 0.95%, el quinto con 0.87%, el sexto con 1.06%, en séptimo con 1.13%, el octavo con 1.50%, el noveno con 1.78% y el décimo con 2.28%. No obstante que el consumo de gasolina Magna era de 93% y solo 7% era de gasolina Premium, los datos procesados a partir de las ENIG-H indican que los deciles de ingreso 5,7,8,9 y 10 se han ajustado disminuyendo en menos del 1% su consumo de este combustible.

Ingreso corriente, desigualdad, decil.

Abstract

With this research is to investigate the impact of gasoline in household spending in Mexico, from household income and expenditure surveys published by the INEGI purpose. Gini index is used to measure inequality and the concept of income deciles mainly results indicate that gasoline consumption in Mexico has increased. However it has to import about 39% of gasoline we consume. For the period 2000-2012, by grouping the first three deciles, account for 7%, the next 4, 5, 6 and 7 account for 25.6% and the last three deciles account for 67.4% of total current household income in Mexico . Income inequality has however decreased poverty has increased, at 53.3 million people in 2012. Current expenditure increased by 32.7%, highlighting the first decile 26.4% of consumer spending, impoverishing this stratum of households in Mexico , income strata 4, 5, 6 and 7 react at least 3.68% by reducing their consumption expenditures. While the three highest income strata adjust their consumption by just 2% of their income. It estimated an increase in the cost of transport in general, especially for deciles 2, 3 and 9 of the distribution. Costs by public transport, accounting for 18.23% for the first three deciles of income, 27.05% for deciles 3, 4, 5, and 6 and only 12.12% for higher income deciles. Meaning that the means used deciles more public transportation in relation to higher income deciles. Increases in spending on gasoline magna made by Mexican households, the top decile accounted for 0.09%, followed by the second decile to 0.79%, the third decile to 0.38%, with 0.95% the fourth, fifth with 0.87%, the sixth with 1.06% to 1.13% in seventh, eighth with 1.50%, with 1.78% the ninth and tenth with 2.28%. Although Magna gasoline consumption was 93% and only 7% were of Premium gasoline, the processed data from the ENIG-H indicate that income deciles 5,7,8,9 and 10 are set to decline in less than 1% of the fuel consumption.

Current income, inequality, decile.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: adelarosa6307@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

A pesar de los aumentos mensuales que ha realizado el Gobierno federal sobre el precio de la gasolina, los mexicanos consumen cerca de 397 litros por persona al año, nivel muy superior en comparación con países industrializados, según un estudio de la Cámara de Diputados.

El consumo per cápita de gasolinas es mayor en 22% que en Alemania, 71% que en Italia, 103% que Chile, 141% que en España y Francia, 192% que en Argentina, 242% al de Brasil y 567% que el de China (julio de 2013).

La Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) ha aplicado incrementos mensuales desde 2010 sobre la gasolina, con el fin de reducir el subsidio que otorga al energético.

En el primer cuatrimestre del año, los subsidios destinados al rubro fueron de 42,248 millones de pesos, cifra cercana a los 48,895 millones de pesos presupuestados en la Ley de ingreso de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2013, según datos de Hacienda.

El alto consumo de energético se ha mantenido a pesar de que en los últimos seis años la gasolina Magna subió 70%, la Premium 45%, y el diésel 106%, según datos de la Dirección General de Servicios de Documentación, Información y Análisis (DGSDIA) de la cámara.

Con cada auto que sale de las agencias automotrices, el consumo de gasolinas aumenta. Tan sólo en el periodo de 1990 al 2000, las ventas de gasolina pasaron de 362.5 a 448.5 mil barriles por día, y para 2010 del orden de 727.8 mil barriles se espera que alcancen los 720 mil barriles hacia el 2014. Hoy en día en el país se consumen alrededor de 718 mil barriles diarios, esto es, un aproximado de 113.7 millones de litros de gasolina, una cantidad tan grande que nuestro país se ve en la necesidad de importar cerca del 39 % de las gasolinas que consumimos. (Secretaría de Energía. Petróleos Mexicanos).

Con el impacto de los incrementos mensuales al precio de las gasolinas y el diésel, se espera inhibir su consumo interno, con la intención de desincentivar el uso del transporte, particularmente el privado. Sin embargo en la última década no se ha generado empleo de manera que cubra la demanda de los hogares mexicanos, ni tampoco los salarios ha podido recuperar su poder adquisitivo.

El propósito de la siguiente investigación, busca medir el impacto de los incrementos de las gasolinas en los gastos de consumo de los hogares en México, tomando como referencia para el estudio las Encuestas Nacionales de Ingreso y Gastos de los Hogares, publicadas por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEGI), para los años 2000, 2006 y 2012.

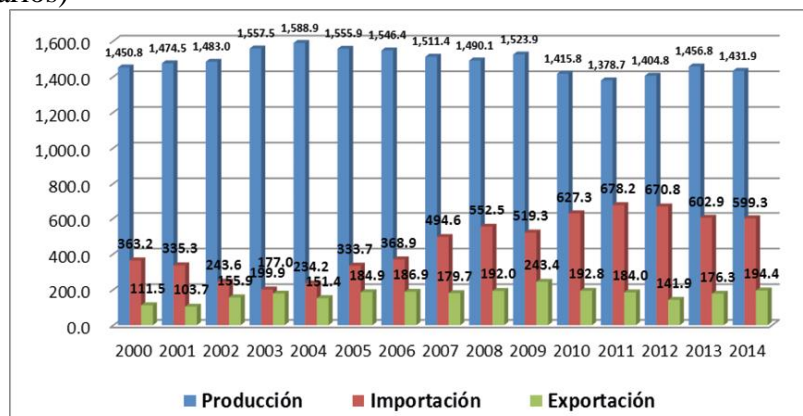
Mercado de productos petrolíferos en México

De acuerdo con la Secretaría de Energía, Petróleos Mexicanos, en el año 2000 la producción de productos petrolíferos, considerando gasolina, combustóleo y diesel, se ubicó en 1,450.8 mil barriles diarios, para 2006 creció a una tasa de 6.59% lográndose 1,546.4 mil barriles diarios, sin embargo para el año 2012 la producción cayó en 9.15%, recuperándose ligeramente para junio de 2014 en 1,413.9 mil barriles diarios (Ver cuadro 1).

Por otra parte, La importación de productos petrolíferos, paso de 363.1 en 2000 a 368.9 mil barriles diarios en 2006. Cabe resaltar que la importación creció significativamente entre el año 2006 y 2012 a una tasa del 81.8%, llegando a importar 670.8 mil barriles diarios, cantidad que baja a 599.3 mil barriles diarios en junio de 2012 (Ver cuadro 1).

En cuanto a la exportación la cifra se ubica en 111.5 mil barriles diarios en el año 2000, lográndose un incremento 67.7% en 2006, con 186.9 mil barriles diarios, sin embargo esta cantidad desciende a 141.9 en 2012, recuperándose la exportación a 194.4 en junio de 2014 (Ver figura 1).

Figura 1 PEMEX: Producción, Importación y Exportación de productos Petrolíferos (Miles de Barriles diarios)



Fuente: Secretaría de Energía. Petróleos Mexicanos.

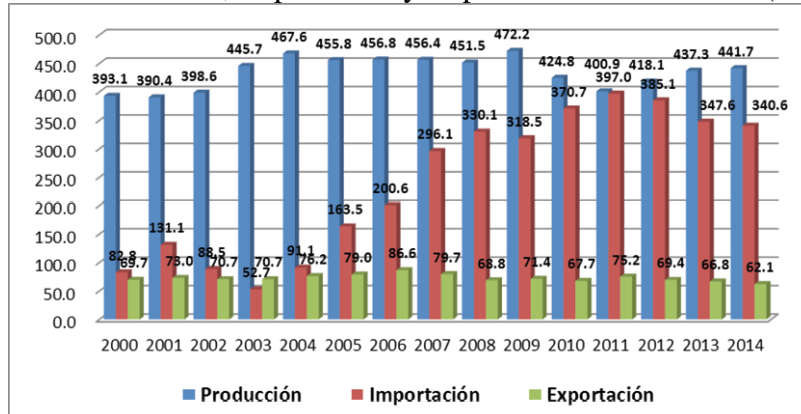
Con datos proporcionada por Petróleos Mexicanos, la producción de gasolinas, se ubicó en 393.1 mil millones de barriles diarios en el año 2000, creciendo a una tasa del 67.7% en 2006 logrando una producción de 456.8 millones de barriles diarios, no obstante para el año 2012 esta producción lograda se reduce ligeramente en 8.4%, representando 418.1mil barriles diarios. Para los dos años siguientes la producción de gasolina se recupera hasta lograr 441.7 mil barriles diarios.

En cuanto a importación de este producto, en el año 2000 se compraba al exterior 82.8 mil barriles diarios, esta cantidad se incrementa significativamente en 2006 a 200.6 mil barriles diarios, es decir, una tasa de crecimiento de 142.2%, cabe mencionar que no incluye la importación de metil terbutil éter (MTBE), ni gasavión.

Del cuadro 2, podemos observar que la importación máxima de gasolina se presentó en el año 2011, ubicándose en 397.0 mil barriles diarios, para luego descender a 340.6 mil barriles diarios en junio de 2014.

Si analizamos la exportación de gasolinas, en el año 2000 se exportaba 69.7 mil barriles diarios en 200, la cantidad se ubicó en 686.6 mil barriles diarios y en 2014 en 62.1 mil barriles diarios, lográndose apenas un promedio de 72.4 mil barriles diarios entre los años 2000-junio de 2014 (Ver gráfica 2).

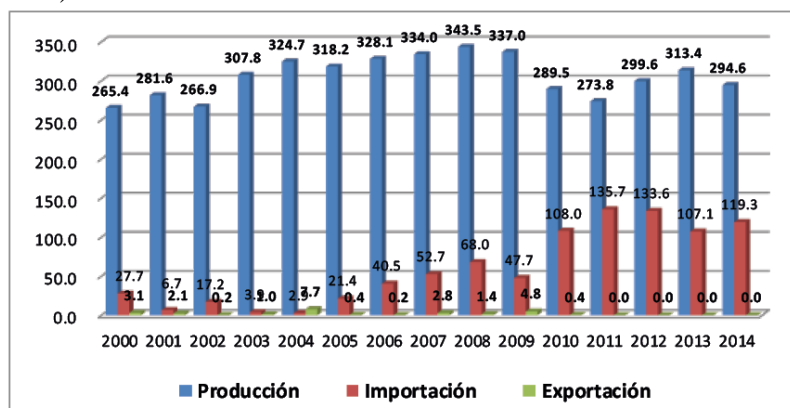
Figura 2 PEMEX: Producción, Importación y Exportación de Gasolinas (Mil de B diarios)



Fuente: Secretaría de Energía. Petróleos Mexicanos.

Con información publicada por la Secretaría de Economía, la producción de diésel en México se ubicó en 265.4 mil barriles diarios, incrementándose a una tasa de crecimiento de 23.6% logrando producir 328.1 mil barriles diarios en 2006, sin embargo esta cantidad producida cae a 299.6 mil barriles diarios en 2012 y nuevamente disminuyendo a 294.6 mil barriles diarios. El incremento en producción del año 2000 a junio de 2014 es apenas del orden del 11.0%.

Figura 3 PEMEX: Producción, Importación, Importación y Exportación de Diesel (Miles de Barriles Diarios)

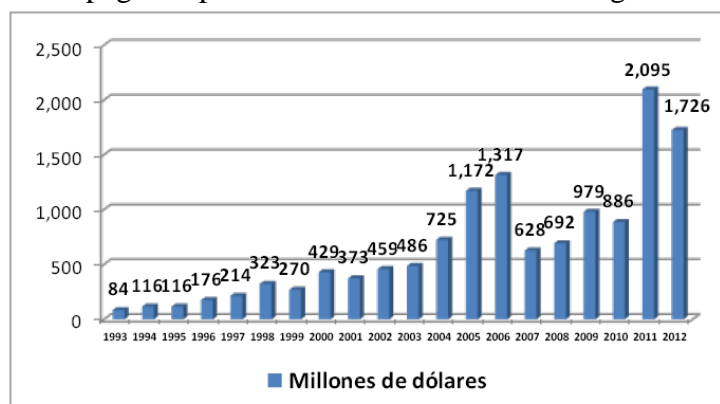


Fuente: Secretaría de Energía. Petróleos Mexicanos.

Por otra parte, la importación de este combustible ha experimentado un crecimiento continuo desde el año 2001, cuando se importaba 6.7 mil barriles diarios, hasta lograr un máximo de importación en el año 2011 de cerca de 135.7 mil barriles diarios. La importación creció a una tasa de crecimiento de 46.4% entre los años 2000-2006, a una tasa de 229.5% entre los años 2006-2012. (Ver gráfica 3). Sin embargo en junio de 2014 se importa en promedio 119.3 mil barriles diarios.

Petróleos Mexicanos pagó 12,290 millones de dólares en un periodo de nueve años por la compra de gasolina a la refinería estadounidense Deer Pack, informó el Instituto Federal de Acceso a la Información y Protección de Datos (IFAI).

Figura 4 Montos pagados por México a Deer Park Refining Limited Partnership



Fuente: <http://mexico.cnn.com/nacional/2014/01/01/pemex-paga-montos-millonarios-a-refineria-de-eu-por-compra-de-gasolina>

Shell Deer Park es un complejo de 1.500 hectáreas ubicada en Deer Park, Texas, aproximadamente a 20 millas al este del centro de Houston a lo largo del Canal de Navegación de Houston. Fundada en 1929, Shell Deer Park es ahora el hogar de 1.700 empleados que operan una instalación de refinería y petroquímica completamente integrada las 24 horas del día. De 1993 a 2012, el gasto en compra de gasolinas aumentó 20 veces, al pasar de montos de 83 millones 960,000 dólares en el primer año a 1,726 millones de dólares al final del periodo, según la información proporcionada por PMI Comercio Internacional, una empresa estatal mayoritaria constituida por Pemex (Ver figura 4).

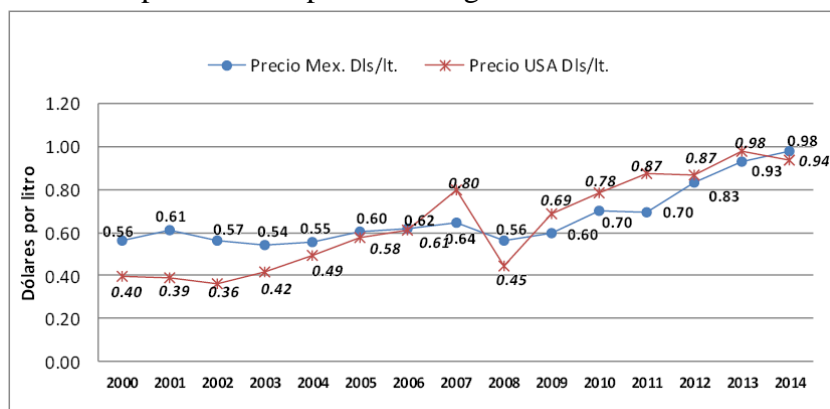
Aun cuando 2004, 2005 y 2006 que los precios del petróleo subieron de manera alarmante, la gasolina siguió teniendo mayor precio en México. Durante el año 2007 la tendencia se revirtió resultando por primera vez en 17 años, la gasolina más barata en México que en USA.

Sin embargo la crisis mundial provocada por USA en 2008, trajo consigo una grave desaceleración económica que condujo los precios del petróleo a niveles muy bajos, cerrando el precio de la gasolina en Estados Unidos, en precios cercanos a 45 centavos de dólar por litro.

Cabe mencionar que en México para 2008 se decretó, de todas formas, un aumento de 2 centavos mensuales que representaría que a fin de año costara \$7.25 con un aumento de sólo 3.4%. Pero no fue así, la gasolina Magna cerró el año 2008 con un aumento de 71 centavos, y que equivale prácticamente a un 10.1%, mientras que la inflación para el mismo período fue de 6.53%.

Como puede analizarse, una vez más, el gobierno sube los precios de la gasolina por arriba de la inflación, a pesar de la crisis, y la coloca 24.0% arriba que en los Estados Unidos a fines de 2008. Esto es grave, pues los efectos de la crisis, con sueldos bajos y pérdida de empleo y como vemos las finanzas de los gobiernos se mantienen sanas a costa de los contribuyentes cautivos, que debemos comprar los combustibles provenientes del monopolio oficial, al precio que nos fijen. Si se observa la figura 2, para el período 2009-2013 el precio de la gasolina en Estados Unidos supera al precio en México. Sin embargo para agosto de 2014 el precio es 4.8% superior en México.

Figura 5 Comparación del precio de la gasolina México-Estados Unidos



Fuentes México: Secretaría de Energía, Compendio Estadístico del Sector Energía

En 2008, el gobierno de Felipe Calderón empezó a aplicar incrementos semanales al precio de las gasolinas para eliminar de manera gradual el subsidio a los combustibles, que entonces costaba al país unos 260,000 millones de pesos, e igualar los costos al mercado internacional.

En 2009, como una de las medidas contra la crisis, la administración federal congeló los precios de los combustibles, pero los aumentos mensuales reiniciaron en enero 2010 y duraron hasta el fin del gobierno de Calderón.

La reforma fiscal avalada en el primer año de gobierno de Enrique Peña Nieto refrendó esa política y definió un aumento mensual de nueve centavos para la gasolina tipo Magna la más barata en México, mientras que la Premium subirá 11 centavos, al igual que el diesel.

El gobierno federal atribuye el aumento a dos razones: un impuesto especial aplicado a combustibles fósiles y la eliminación gradual del subsidio a los combustibles, que de enero a noviembre de 2013 duplicó lo presupuestado para el año a 99,951 millones de pesos.

El incremento en la gasolina ocurre luego de la aprobación de una reforma energética histórica que permitirá abrir el sector a la inversión privada. Expertos han señalado que el precio del combustible tendrá un alza de hasta 50% por el retiro del subsidio, aunque la mayor competencia propiciará una regulación y evitará sobrecostos y abusos.

El incremento gradual en el precio de las gasolinas permitirá reducir el subsidio federal presupuestado en la Ley de ingresos de la federación para el ejercicio fiscal, en el cuadro 1 podemos observar cual ha sido su evolución durante los cinco últimos años.

Cuadro 1 Subsidio Federal Presupuestado a la Gasolina en México

Año	Millones de pesos	
2010	35,994.9	
2011	34,160.6	
2012	51,268.9	
2013	48,895.0	
2014	4,283.0	

Fuente: Secretaria de Hacienda y Crédito Público

Materiales y métodos

Fuentes de Información

La Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH), levantada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), referida al tercer trimestre de cada año. Para este estudio se utilizó la información de las encuestas, 2000, 2006 y 2012.

El ingreso corriente total de los hogares resulta de la suma de las percepciones de ingreso corriente monetario y de ingreso no monetario. Los ingresos monetarios se derivan de fuentes como; remuneración al trabajo, ingreso por negocios propios, por cooperativas, renta de la propiedad y transferencias. Por otra parte, el ingreso no monetario deriva de autoconsumo, pago en especie, regalos recibidos en especie y la estimación de la renta por uso de vivienda.

El gasto corriente monetario es la suma de los gastos regulares que directamente hacen los hogares en bienes y servicios para su consumo, tales como; alimentos, bebidas y tabaco; vestido y calzado; energía eléctrica y combustibles; artículos y servicios para limpieza, cuidados de la casa, enseres domésticos y muebles, cristalería, utensilios domésticos y blancos; cuidados de la salud; transporte; adquisición, mantenimiento, accesorios y servicios para vehículos; comunicaciones; servicios de educación, artículos educativos, artículos de esparcimiento y otros gastos; cuidados personales, accesorios, efectos y otros gastos; transferencias de gasto.

Las unidades de análisis para la ENIGH es el hogar, se considerara las tablas de datos HOGARES, GASTO HOGAR y CONCEN. Cabe señalar que para la base de datos 2000, se manejó 10,108 observaciones, para la encuesta 2006 un total de 20,875, y para la encuesta 2012 se consideró 9002 observaciones.

La variable transporte (gastos en transporte de los hogares), se obtuvo a partir de la tabla de CONCENTRADO, y considera gastos en transporte, adquisición, mantenimiento y accesorios para vehículos y comunicaciones.

La variable transporte público, considera gastos en metro, autobús, trolebús, colectivo (pesero), taxi, radio taxi autobús foráneo y otros medios de trasporte público. Para el año 2000, se extrajo de la tabla GASTO HOGAR, la variable con código F007, que considera gastos en gasolinas, diésel y gas. En tanto que para las encuesta 2006 y 2012, los códigos seleccionados fueron F010; Gasolina magna, F011; Gasolina Premium y F012; Diesel y gas.

La información estadística se procesó principalmente con el software Excel, para obtener los deciles de ingreso y con ello estimar la participación porcentual de los gastos

Resultados

Una vez procesada la información estadística de las ENIG-H, podemos observar que para el año 2000, mientras el 1er. decil de la distribución concentra el 1.33% del ingreso corriente de los hogares, el 10mo. Decil concentra 44.45% del ingreso corriente total, con un índice de Gini estimado en 0.49. Para la distribución del ingreso 2006, 1er. decil de la distribución concentra el 1.23% del ingreso corriente de los hogares, el 10mo. decil concentra 36.66% del ingreso, con un índice de Gini estimado del 0.46, y finalmente para la distribución 2012, el 1er. decil de la distribución concentra el 1.32% del ingreso corriente de los hogares, el 10mo. decil concentra 39.34% del ingreso, con un índice de Gini estimado del 0.46. Al parecer durante el período de análisis 2000-2012, la concentración del ingreso baja, sin embargo la pobreza en México se ha incrementado, sobre todo por los efectos de la crisis de 2008. CONEVAL reporta 53.3 millones de personas para 2012.

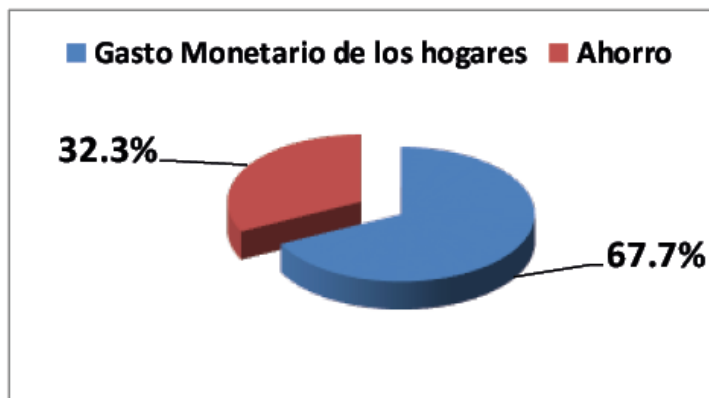
Cuadro 2 Ingreso Corriente Monetario de los Hogares en México

Decil de ingresos	Cambio en el ingreso de los hogares					
	2000	2006	2012	2000-2006	2006-2012	2000-2012
1	1.33%	1.23%	1.32%	-0.10%	0.09%	-0.01%
2	2.23%	2.57%	2.33%	0.34%	-0.24%	0.10%
3	2.85%	3.81%	3.18%	0.96%	-0.63%	0.33%
4	3.87%	4.86%	4.44%	0.99%	-0.42%	0.57%
5	4.64%	6.11%	5.45%	1.47%	-0.66%	0.81%
6	6.17%	7.79%	7.16%	1.62%	-0.63%	0.99%
7	8.38%	9.13%	8.86%	0.75%	-0.27%	0.48%
8	11.02%	12.18%	11.75%	1.16%	-0.43%	0.73%
9	15.05%	15.67%	16.17%	0.62%	0.50%	1.12%
10	44.45%	36.66%	39.34%	-7.79%	2.68%	-5.11%
GINI	0.49	0.46	0.45			

Fuente: Elaborado en base a datos de la ENIGH-2000, 2006 y 2012.

De acuerdo con datos procesados a partir de la ENIG-H-2000, el gasto monetario, representó el 67.7% del ingreso corriente monetario, en tanto que solo se ahorra el 32.3% es ahorro de los hogares en México. (Ver figura 6).

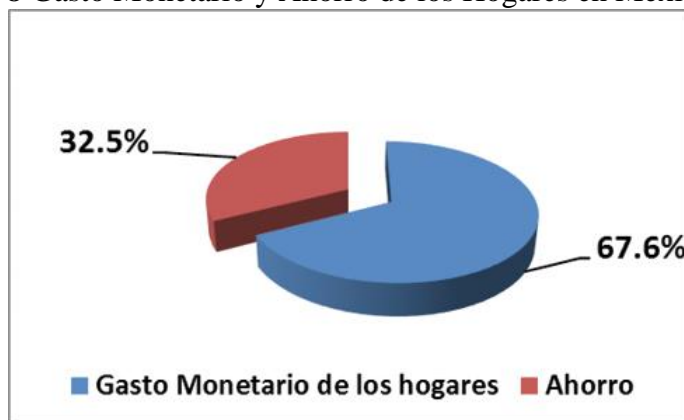
Figura 6 Gasto Monetario y Ahorro de los Hogares en México, 2000



Fuente: Elaborado en base a datos de la ENIGH-2000

Considerando el año 2006, el gasto monetario de los hogares en México, se estima en alrededor del 67.6% del ingreso corriente monetario, en tanto que el ahorro en 32.5%. (Ver figura 8).

Figura 8 Gasto Monetario y Ahorro de los Hogares en México, 2006



Fuente: Elaborado en base a datos de la ENIGH-2006

Para el año 2012, el gasto monetario de los hogares en México, representa el 67.0% del ingreso corriente monetario, en tanto que solo se ahorra el 33.0%. (Ver gráfico 10).

Gráfica 10 Gasto Monetario y Ahorro de los Hogares en México, 2012



Fuente: Elaborado en base a datos de la ENIGH-2012.

Si analizamos el cuadro 3, podemos observar que para el 1er decil de ingreso, el 93.4% se destina a gastos de consumo, en tanto que su ahorro apenas es del 6.6% de su ingreso monetario. Par el año 2006 este se incrementa en 11.35%, lo que ubica al primer decil en 104.75%, lo que implica que su ahorro es nulo, y si observamos el 1er decil en 2012, sus gastos como porcentaje del ingreso se incrementa en 15.05%, ubicándose el gasto corriente como porcentaje del ingreso en 119.8%, situación crítica para el primer decil de ingreso. Cabe notar que durante el período 2000-2012, el incremento en el gasto corriente en 26.4%.

Si ahora observamos el cuadro 3, para el año 2000, suponiendo que en el 5to. decil de ingreso se encuentra la clase media, el 77.47% se destinó a gastos de consumo, el ahorro se ubica en 22.53% del ingreso. Par el año 2006 este gasto disminuye ligeramente en 2.52%, lo que ubica al este decil en 75.38%. En 2012, sus gastos se incrementan en apenas 0.44%, para ubicar el gasto como porcentaje del ingreso corriente en 75.82%. Cabe señalar que durante el periodo de análisis, este decil mantiene su consumo en promedio en 75.8% en tanto que su porcentaje de ahorro es del 24.2% del ingreso corriente que perciben los hogares en México (Ver cuadro 3).

Si ubicamos el 10mo. decil de ingresos para el año 2000, el gasto como proporción del ingreso, se estimó en 62.81%, quedando un ahorro del 37.19%. Esta situación cambia para el año 2006, en virtud de que disminuye su gasto en 59.8% en tanto que se incrementa el ahorro en 40.2%, y para el año 2012 vuelve a bajar su participación a 57.84% quedando un porcentaje de ahorro del 42.16%.

Si analizamos el período 2000-2012, podemos decir que mientras los deciles de ingreso 1 y 2 sus gastos han crecido, como porcentaje de su ingreso, empobreciendo más a estos estratos de ingreso. El 10mo. decil de ingreso se ha beneficiado, al incrementarse su tasa de ahorro (Ver cuadro 3).

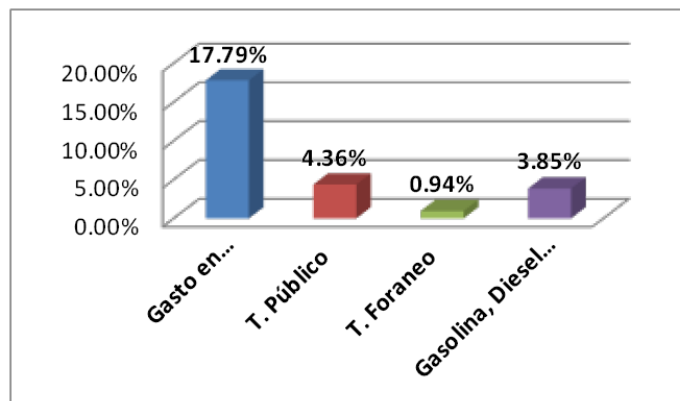
Cuadro 3 Gasto Corriente como Porcentaje del Ingreso Corriente de los Hogares en México

Gasto corriente como porcentaje del ingreso corriente de los hogares						
Decil	2000	2006	2012	Cambio en el gasto de los hogares		
				2000-2006	2006-2012	2000-2012
1	93.40%	104.75%	119.80%	11.35%	15.05%	26.40%
2	85.33%	86.66%	90.33%	1.33%	3.67%	5.00%
3	83.71%	81.40%	85.01%	-2.31%	3.61%	1.30%
4	77.47%	78.61%	78.00%	1.14%	-0.61%	0.53%
5	77.90%	75.38%	75.82%	-2.52%	0.44%	-2.08%
6	74.34%	73.75%	75.19%	-0.59%	1.44%	0.85%
7	72.52%	68.78%	69.54%	-3.74%	0.76%	-2.98%
8	69.24%	67.50%	67.99%	-1.74%	0.49%	-1.25%
9	62.23%	66.00%	66.30%	3.77%	0.30%	4.07%
10	62.81%	59.80%	57.94%	-3.01%	-1.86%	-4.87%

Fuente: Elaborado en base a datos de la ENIGH-2000, 2006 y 2012

En cuanto a la participación del gasto monetario de los hogares, destinado al pago de transporte en general en el año 2000, se destinó el 17.79% del ingreso corriente. Para el gasto en servicios de transporte público se destinó el 4.36%, para transporte foráneo apenas el 0.94%. Sin embargo el consumo de gasolinas, diésel y otros significo el 3.85% del ingreso percibido por los hogares Mexicano (Ver figura 7).

Figura 7 Participación porcentual del Gasto Monetario de los Hogares en México, 2000

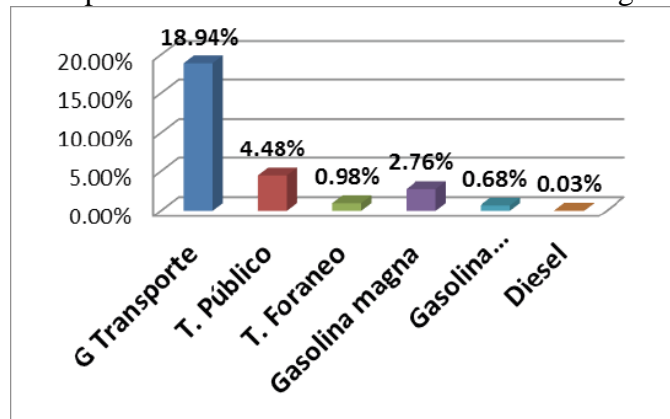


Fuente: Elaborado en base a datos de la ENIGH-2000

Cabe mencionar que para los años 2006 y 2012, las Encuestas Nacionales de Ingresos y Gastos de los Hogares, registran los gastos de consumo, además de gastos de transporte y transporte público, gastos en gasolina Magna, Premium y Diésel. Razón por la cual cambia el diseño de los gráficos en relación al año 2000.

En el gráfico 9, podemos observar que el gasto monetario, destinado al pago de transporte el año 2006, se destinó el 18.94% del ingreso corriente, 1.15% superior al año 2000. Para el gasto en servicios de transporte público se destinó el 4.48%, para transporte foráneo apenas el 0.98%, el consumo de gasolina magna represento el 2.76%, de gasolina Premium 0.68% y de diésel apenas el 0.03% (Ver figura 9).

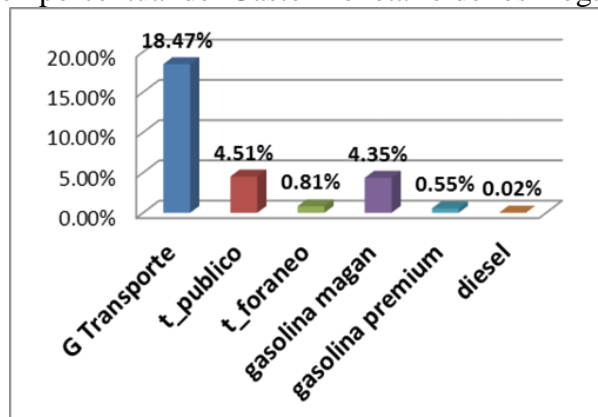
Figura 9 Participación porcentual del Gasto Monetario se los Hogares en México, 2006



Fuente: Elaborado en base a datos de la ENIGH-2006.

La participación del gasto monetario en transporte para el año 2012, representó el 18.47%, el gasto en transporte público el 4.51%, en transporte foráneo el 0.81%, en gastos de gasolina Magna 4.35%, en gasolina Premium 0.55% y en diésel el 0.02% (Ver figura 10).

Figura 10 Participación porcentual del Gasto Monetario de los Hogares en México, 2012



Fuente: Elaborado en base a datos de la ENIGH-2012

En el cuadro 4. Podemos observar que para el periodo comprendido entre los años 2000 y 2006 se incrementó el costo del transporte en México, principalmente para el primer decil de ingreso, este incremento se ubicó en 4.96%, para el segundo y tercer decil 4.0% en tanto que para el estrato corto 3.77% y el quinto 3.18%, este disminuye a medida que crece los deciles de ingreso hasta llegar a -0.47% para el décimo decil. Sin embargo en los siguientes seis años que comprenden el periodo 2006-2012, los gastos en transporte disminuyen en alrededor el 1%, beneficiado al primer decil con -3.11% y el 8 decil con -1.31%.

En análisis para el período 2000-2012, arroja un incremento en el costo del transporte, principalmente para los deciles 2,3 y 9 de la distribución. Atribuible principalmente a la crisis del año 2008 y los incrementos pausados en los combustibles.

Cuadro 4 Gasto en Transporte como Porcentaje Gasto Corriente

Decil	Cambio en el gasto de los Hogares					
	2000	2006	2012	2000-2006	2006-2012	2000-2012
1	7.47%	12.43%	9.32%	4.96%	-3.11%	1.85%
2	8.63%	12.63%	11.70%	4.00%	-0.93%	3.07%
3	9.83%	13.84%	12.87%	4.01%	-0.97%	3.04%
4	11.42%	15.19%	14.40%	3.77%	-0.79%	2.98%
5	12.59%	15.77%	14.99%	3.18%	-0.78%	2.40%
6	15.21%	17.68%	17.11%	2.47%	-0.57%	1.90%
7	17.75%	19.01%	18.26%	1.26%	-0.75%	0.51%
8	16.39%	20.22%	18.91%	3.83%	-1.31%	2.52%
9	18.43%	20.66%	21.70%	2.23%	1.04%	3.27%
10	21.51%	21.04%	20.35%	-0.47%	-0.69%	-1.16%

Fuente: Elaborado en base a datos de la ENIGH-2000, 2006 y 2012

En el cuadro 5, podemos ver la distribución de los gastos de transporte público, para la distribución de ingresos del año 2000, el primer decil representa el 4.66%, este se incrementa a 7.21% en 2006, pero vuelve a disminuir a 4.63% en 2012. No siendo el caso de los deciles 5,6 y 7, en virtud de que estos disminuye ligeramente su gasto entre los años 2000 y 2006.

Cuadro 5 Gasto en Transporte Público como Porcentaje Gasto Corriente

Decil	Gasto en transporte público como porcentaje del gasto corriente					
	2000	2006	2012	Cambio en el gasto del transporte público		
	2000	2006	2012	2000-2006	2006-2012	2000-2012
1	4.66%	7.21%	4.63%	2.55%	-2.58%	-0.03%
2	5.57%	6.68%	5.98%	1.11%	-0.70%	0.41%
3	5.78%	7.34%	6.84%	1.56%	-0.50%	1.06%
4	6.54%	7.08%	6.92%	0.54%	-0.16%	0.38%
5	7.03%	6.90%	6.17%	-0.13%	-0.73%	-0.86%
6	7.13%	6.87%	7.07%	-0.26%	0.20%	-0.06%
7	6.72%	6.21%	6.51%	-0.51%	0.30%	-0.21%
8	5.45%	5.78%	5.96%	0.33%	0.18%	0.51%
9	5.32%	4.14%	4.77%	-1.18%	0.63%	-0.55%
10	1.99%	1.29%	1.66%	-0.70%	0.37%	-0.33%

Fuente: Elaborado en base a datos de la ENIGH-2000, 2006 y 2012

En el cuadro 5, se observa los incrementos en gastos en gasolina magna durante el periodo de análisis que realizan los hogares mexicanos, el primer decil representó el 0.09%, le sigue el segundo decil con 0.79%, el tercer decil con 0.38%, el cuarto con 0.95%, el quinto con 0.87%, el sexto con 1.06%, en séptimo con 1.13%, el octavo con 1.50%, el noveno con 1.78% y el décimo con 2.28%.

Cuadro 5 Gasto en Gasolina Magna como Porcentaje (Gasto Corriente de los Hogares)

	2006	2012	Dif. %
Decil			
1	1.37%	1.46%	0.09%
2	1.13%	1.92%	0.79%
3	1.35%	1.73%	0.38%
4	1.64%	2.59%	0.95%
5	2.13%	3.00%	0.87%
6	2.23%	3.29%	1.06%
7	2.85%	3.98%	1.13%
8	3.23%	4.73%	1.50%
9	3.79%	5.57%	1.78%
10	2.97%	5.25%	2.28%

Fuente: Elaborado en base a datos de la ENIGH-2000, 2006 y 2012

El consumo de gasolinas en México fue de 761,000 barriles diarios durante enero de 2014, lo que equivalió a 120 millones de litros, informó Petróleos Mexicanos (Pemex). En su cuenta de Twitter, la paraestatal detalló que 83% del total de las ventas de gasolinas correspondió a Pemex tipo Magna y el 17% restante a Pemex Premium.

Lo anterior revela un incremento en el consumo de la gasolina de alto octanaje, luego de que hasta hace cuatro años el consumo de Pemex Magna era de 93% y solo 7% era de gasolina Premium. El cuadro 5, da una idea del gasto en gasolina Premium como porcentaje del gasto corriente de los hogares en México. De acuerdo con los datos procesados a partir de las ENIG-H, los deciles de ingreso 5, 7, 8, 9 y 10 se han ajustado disminuyendo en menos del 1% su consumo de este combustible.

Cuadro 5 Gasto en Gasolina Premium como Porcentaje (Gasto Corriente de los Hogares)

	2006	2012	Dif. %
Decil			
1	0.12%	0.14%	0.02%
2	0.05%	0.07%	0.02%
3	0.11%	0.24%	0.13%
4	0.15%	0.16%	0.01%
5	0.10%	0.07%	-0.03%
6	0.24%	0.26%	0.02%
7	0.34%	0.21%	-0.13%
8	0.46%	0.23%	-0.23%
9	0.65%	0.36%	-0.29%
10	1.39%	1.17%	-0.22%

Fuente: Elaborado en base a datos de la ENIGH-2000, 2006 y 2012

Conclusiones

Con la presente investigación se observa que el consumo de gasolinas en México se ha incrementado. Tan sólo en el periodo de 1990 al 2000, las ventas de gasolina pasaron de 362.5 a 448.5 mil barriles por día, y para 2010 del orden de 727.8 mil barriles se espera que alcancen los 720 mil barriles hacia el 2014. Hoy en día en el país se consumen alrededor de 718 mil barriles diarios, esto es, un aproximado de 113.7 millones de litros de gasolina, una cantidad tan grande que nuestro país se ve en la necesidad de importar cerca del 39 % de las gasolinas que consumimos.

En el primer cuatrimestre del año, los subsidios destinados al rubro fueron de 42,248 millones de pesos, cifras cercanas a los 48,895 millones de pesos, según datos emitidos por Hacienda en el ejercicio fiscal 2013. Sin embargo el incremento mensual al precio de las gasolinas y el diésel, se espera inhibir el consumo interno, con el propósito de desincentivar el uso del transporte privado. “La buena noticia es que a partir de 2015 terminan estos deslices y la gasolina solamente crecerá lo que crezca la inflación, habremos culminado con el proceso de ajuste del precio”.

Una vez procesada la información estadística de las ENIG-H, podemos observar que mientras el 1er decil concentra en promedio del período 2000-2012, el 1.3% de los ingresos de los hogares en México, el décimo decil concentra el 67.4%. Si consideramos una agrupación de los tres primeros deciles, estos concentran el 7% del ingreso total, los siguientes 4, 5, 6 y 7 concentran el 25.6% del ingreso total y los últimos tres deciles concentran el 67.4% del ingreso corriente total de los hogares en México.

A pesar de que la concentración del ingreso en el período analizado, parece haber disminuido medio con el índice de Gini, pasando del 0.49 para el año 2000, a 0.46 para el año 2006 y del, 0.45 para el año 2012, la pobreza en México se ha incrementado a 53.3 millones de personas en el año 2012, en parte por los efectos de la crisis económica del año 2008.

Al parecer durante el período de análisis 2000-2012, la concentración del ingreso baja, sin embargo la pobreza en México se ha incrementado, sobre todo por los efectos de la crisis de 2008. CONEVAL reporta 53.3 millones de personas para 2012.

Entre las conclusiones del estudio podemos decir que durante el período 2000-2012 y en promedio, para los tres primeros deciles de ingreso el gasto corriente se incrementó en 32.7%, sobresaliendo el primer decil 26.4% de gastos de consumo. Empobreciendo a este estrato de hogares en México. La clase media considerada en los estratos de ingreso 4, 5, 6 y 7 reaccionan reduciendo en menos 3.68% sus gastos de consumo. En tanto que los tres estratos de ingresos más altos ajustan su consumo en apenas 2% de sus ingresos.

En cuanto a la participación del gasto monetario de los hogares, destinado al pago de transporte en general en el año 2000, se destinó el 17.79% del ingreso corriente. Para el gasto en servicios de transporte público se destinó el 4.36%, para transporte foráneo apenas el 0.94%. Sin embargo el consumo de gasolinas, diésel y otros significo el 3.85% del ingreso percibido por los hogares Mexicanos.

En lo que corresponde al gasto monetario, destinado al pago de transporte el año 2006, se destinó el 18.94% del ingreso corriente, 1.15% superior al año 2000. Para el gasto en servicios de transporte público se destinó el 4.48%, para transporte foráneo apenas el 0.98%, el consumo de gasolina magna represento el 2.76%, de gasolina Premium 0.68% y de diésel apenas el 0.03%. La participación del gasto monetario en transporte para el año 2012, representó el 18.47%, el gasto en transporte público el 4.51%, en transporte foráneo el 0.81%, en gastos de gasolina Magna 4.35%, en gasolina Premium 0.55% y en diésel el 0.02%

En análisis para el período 2000-2012, se estimó un incremento en el costo del transporte en general, principalmente para los deciles 2, 3 y 9 de la distribución. Atribuible principalmente a la crisis del año 2008 y los incrementos pausados en los combustibles. La distribución de los gastos en transporte público, para el periodo de análisis y a pesar de los incrementos en la tarifa de transporte público, representan el 18.23% para los tres primeros deciles de ingreso de los hogares, el 27.05% para los deciles 3, 4, 5, y 6 y apenas el 12.12% para los deciles de ingreso superiores. Lo que significa que los deciles medios utiliza más el transporte público en relación a los deciles de ingreso altos. Los incrementos en gastos en gasolina magna durante los años 2000-2012 que realizan los hogares mexicanos, el primer decil representó el 0.09%, le sigue el segundo decil con 0.79%, el tercer decil con 0.38%, el cuarto con 0.95%, el quinto con 0.87%, el sexto con 1.06%, en séptimo con 1.13%, el octavo con 1.50%, el noveno con 1.78% y el décimo con 2.28%.

El consumo de gasolinas en México fue de 761,000 barriles diarios durante enero de 2014, lo que equivalió a 120 millones de litros, informó Petróleos Mexicanos (Pemex) de las cuales el 83% del total de las ventas de gasolinas correspondió a Pemex tipo Magna y el 17% restante a Pemex Premium. De acuerdo con los datos procesados a partir de las ENIG-H, los deciles de ingreso 5, 7, 8, 9 y 10 se han ajustado disminuyendo en menos del 1% su consumo de este combustible.

Referencias

Comparación Del Precio De La Gasolina, Mexico-USA 1938-2014, Autor de la tabla y gráfica: Ing. Manuel Aguirre Botello.

<http://www.mexicomaxico.org/Voto/GasolMexUSA.htm>

Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares en México, 2000, 2006 y 2012, INEGI. 2014. Historia de las gasolinas en

México http://es.wikipedia.org/wiki/Gasolina#Historia_de_las_gasolinas_en_M.C3.A9xico

Ley de ingresos de la federación para el ejercicio fiscal de 2009.

http://www.shcp.gob.mx/INGRESOS/Ingresos_ley/2009/lif_2009.pdf

Ley de ingresos de la federación para el ejercicio fiscal de 2010

http://www.shcp.gob.mx/INGRESOS/Ingresos_ley/2010/lif_2010.pdf

Ley de ingresos de la federación para el ejercicio fiscal de 2011

http://www.shcp.gob.mx/INGRESOS/Ingresos_ley/2011/lif_2011.pdf

Ley de ingresos de la federación para el ejercicio fiscal de 2012

http://www.shcp.gob.mx/INGRESOS/Ingresos_ley/2012/lif_2012.pdf

Ley de ingresos de la federación para el ejercicio fiscal de 2013

http://www.shcp.gob.mx/INGRESOS/Ingresos_ley/2011/lif_2013.pdf

Ley de ingresos de la federación para el ejercicio fiscal de 2014

http://www.shcp.gob.mx/INGRESOS/Ingresos_ley/2011/lif_2014.pdf

Mexicanos lideran en consumo de gasolina, jueves, 04 de julio de 2013 a las 17:57
<http://www.cnnexpansion.com/negocios/2013/07/04/mexicanos-lidera-consumo-de-gasolina>

10 cosas que debes conocer sobre el aumento de las gasolinas. Un estudio revela que el aumento de las gasolinas ha cambiado los patrones de consumo entre la población, afectando directamente el medio ambiente. <http://www.animalpolitico.com/2012/01/10-cosas-que-debes-conocer-sobre-el-aumento-de-las-gasolinas/#axzz3CMxXJekz>

Anexos

Anexo 1 Comparación del Precio de la Gasolina, México-Estados Unidos de América (2000-2014)

Año	Precio Hist.	Incremento	Paridad	Precio Méx.	Precio USA	Diferencia
	N\$/lt.	% Sexenal	N\$/Dl.	Dls./Lt.	Dls./Lt.	%
2000	5.27		9.36	0.563	0.399	-29.1
		290.37%				
2001	5.61		9.17	0.612	0.386	-36.9
2002	5.86		10.36	0.566	0.359	-36.6
2003	6.04		11.2	0.539	0.42	-22.1
2004	6.21		11.22	0.553	0.49	-11.4
2005	6.47		10.72	0.604	0.577	-4.5
2006	6.74		10.875	0.62	0.611	-1.5
		27.89%				
2007	7.01		10.904	0.643	0.797	24.0
2008	7.72		13.774	0.56	0.446	-20.4
2009	7.8		13.059	0.597	0.689	15.4
2010	8.76		12.459	0.703	0.782	11.2
2011	9.73		13.979	0.696	0.872	25.3
2012	10.81		12.99	0.832	0.871	4.7
		60.39%				
EPN 2013	12.13		13.006	0.933	0.979	4.9
EPN 2014/ Ago	12.95		13.19	0.982	0.935	-4.8
PEMEX Magna-sin EXRA REGULAR sin plomo						
Desde 1989, en 2007, la gasolina fue más cara en USA que en México						
Al 2 de Agosto, 2014, la gasolina es 4.8% MAS CARA en México que en USA						

Fuentes México: Secretaría de Energía, Compendio Estadístico del Sector Energía

Remesas y el gasto público, fuentes de bienestar social en Jalisco

LOERA-MARTÍNEZ, Jesús*†, SEPÚLVEDA-JIMÉNEZ, Daniel y RAMÍREZ-ABARCA, Orsohe

Universidad Autónoma Chapingo

Universidad Autónoma del Estado de México.

Resumen

Jalisco es una entidad federativa del occidente de la república mexicana que ocupa el tercer lugar nacional en expulsión de mano de obra hacia los Estados Unidos de Norteamérica, después de Guanajuato y Michoacán, principales entidades de origen de los migrantes hacia el vecino país del norte. Aunque existen varios enfoques para explicar el fenómeno migratorio, es quizá la falta de oportunidades y el desempleo abierto la principal causa de que la gente abandone sus comunidades en busca de mejores horizontes. Pese a que las remesas constituyen un importante factor de bienestar en Jalisco, de acuerdo con CONEVAL (2012), aproximadamente un 40% de su población vive en condiciones de pobreza -un 34% corresponde a condiciones de pobreza moderada y el resto vive en pobreza extrema-. En tal contexto, el gobierno de la entidad puede y debe intervenir para generar las oportunidades que el pueblo jalisciense necesita, a través del gasto público como mecanismo de generación de mayor empleo y bienestar.

Migración, remesas, gasto público, Jalisco.

Abstract

Jalisco is one state in western Mexico which ranks third nationally in expulsion of labor to the United States, after Guanajuato and Michoacan, principals origin of migrants to the northern neighbor. Although there are several approaches to explain migration is perhaps the lack of opportunities and unemployment open the main reason that people abandon their communities in search of better horizons. Although remittances are an important factor of being in Jalisco, according to CONEVAL (2012), approximately 40% of its population lives in poverty-a 34% are moderately poor and the rest live in poverty Extremadura. In this context, the government entity can and must intervene to generate the opportunities the Jalisco town needs through public spending as a means of generating greater employment and welfare.

Migration, remittances, public expenditures, Jalisco.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: jloeramtz2004@yahoo.com.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

La migración es un fenómeno socioeconómico que representa un reto de creciente importancia para el gobierno mexicano en sus tres niveles. Es un fenómeno complejo, debido a las implicaciones que tiene tanto en la población de origen como en la de destino. Por ejemplo, por un lado la migración y las remesas contribuyen a incrementar el bienestar de las familias de los emigrantes pero, por el otro, suele potenciarse la desintegración familiar. Por lo anterior, el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 señala que es urgente el diseño e implementación de políticas, acciones y programas innovadores que, de manera integral e incorporando a los sectores de la sociedad civil, a la academia y al gobierno, aporten conocimientos y herramientas para hacer frente a las distintas necesidades de los migrantes, en sus diversas modalidades. No hay que perder de vista que la migración no puede frenarse por decreto, pues es un derecho que se encuentra garantizado en el artículo 11 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, y establece que toda persona tiene derecho a entrar y salir del país, a transitar por su territorio y a cambiar de residencia libremente.

En Jalisco, la importancia económica, la vinculación social y cultural y la trascendencia demográfica de los flujos migratorios en, desde y hacia la entidad, tienen un peso cada vez mayor para la vida a nivel estatal. Pese a que las remesas constituyen un importante factor de bienestar en Jalisco, aproximadamente un 40% de su población vive en condiciones de pobreza -un 34% corresponde a condiciones de pobreza moderada y el resto vive en pobreza extrema-. En tal contexto, el gobierno de la entidad puede y debe intervenir para generar las oportunidades que el pueblo jalisciense necesita, a través del gasto público como mecanismo de generación de mayor empleo y bienestar. En este trabajo se realiza un breve análisis del potencial de las remesas y el gasto público como factores que promueven el desarrollo y bienestar de la población en el Estado de Jalisco.

Materiales y métodos

Este artículo es parte de los resultados del trabajo de campo del proyecto intitulado “Análisis del gasto público en México, desempleo, pobreza y migración” registrado por los autores ante la DGIP de la UACH, bajo la Clave 147705003. La metodología de este trabajo se sustenta en los principios básicos de la Teoría Económica. La etapa de trabajo de campo se desarrolló en el Estado de Jalisco, que es la tercera entidad en México con tradición migratoria hacia Estados Unidos de América.

Resultados

El desempleo en Jalisco

De acuerdo con INEGI (2013), desde el 2008 la tasa desempleo de Jalisco ha aumentado y el subempleo y ocupación parcial se ha incrementado durante el 2012 en 11.1% y 10.6% respectivamente, lo que indica que la población gana menos del salario mínimo y no tiene jornadas laborales completas. La tasa de desempleo fue de 5.4%, porcentaje que es mayor a la media nacional.

Con base en cifras del Instituto Mexicano para la Competitividad (2014), durante el año 2012 Jalisco perdió competitividad. Ese año Aeroméxico anunció el traslado de su principal base de mantenimiento a Querétaro. Mientras que en Chihuahua la industria manufacturera absorbe el 52% del empleo estatal, en Jalisco este sector participa con el 31%. Es de destacarse que el 34% de los trabajadores remunerados se encuentran sin acceso a prestaciones de ley y sólo el 37% (1.3 millones) de la PEA (3.3 millones) tienen formalizada su realización laboral a través de un contrato por escrito, pese las recientes reformas a la Ley Federal del Trabajo.

En el tercer trimestre de 2013 se incrementó la población desocupada dentro del rango de edad de 25-44 años pasando de 71, 801 a 76,763 con respecto al mismo trimestre de 2012. La población desocupada con instrucción media superior y superior en 2013 tercer trimestre presentó un alza con respecto al mismo trimestre de 2012 pasando de 49,553 a 65,368.23 14. La población desocupada con experiencia se incrementó pasando de 154, 827 a 186,199 con respecto al tercer trimestre de 2012. La tasa de desocupación se incrementó a 5.6% con respecto al tercer trimestre de 2012 que tenía un valor de 4.8% (INEGI, 2013).

La situación de la pobreza en Jalisco

Según el CONEVAL (2012), Jalisco es un estado donde en el 75% de sus municipios, la mitad o más de sus poblaciones padecen pobreza. En el Área Metropolitana de Guadalajara se concentra el 40% de los pobres del Estado. Jalisco tiene seis municipios (Chimaltitán, Jilotlán de los Dolores, Santa María del Oro, Mezquic y Cuautitlán de García Barragán) considerados en los fondos de atención prioritaria, dichos municipios presentan una muy alta o alta marginación, tienen un muy alto o alto grado de rezago social, o al menos 25 de cada 100 de sus habitantes se encuentran en pobreza extrema.

En Cuautitlán de García Barragán unas 6,000 personas viven en pobreza extrema, representan 2.2 de cada 10 habitantes; además, cuatro de cada 10 adultos no completaron su primaria, dos de cada 10 viviendas no tienen drenaje ni excusado y ocho de cada 100 no tiene agua entubada. A estas condiciones se sumaron hasta 43,000 jaliscienses más en tan sólo dos años. De hecho, sólo en seis estados del país aumentó el número de personas en esta condición. La cantidad de personas en condición de pobreza también se incrementó en Jalisco, aunque en mayores niveles a diferencia de la extrema, ya que de 2010 a 2012 hay casi 300,000 pobres más, como se aprecia en el Cuadro 1.

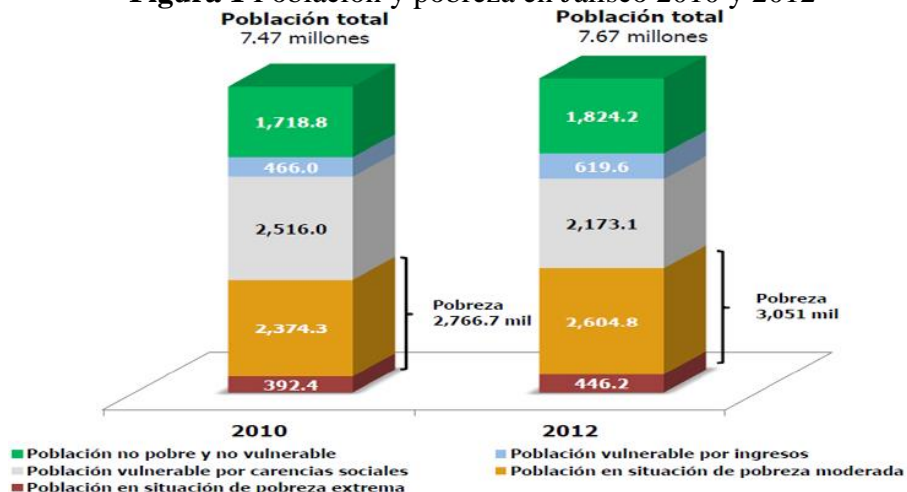
Cuadro 1 Indicadores de la pobreza en Jalisco, 2010 y 2012

Indicadores	Porcentaje, número de personas y carencias promedio por indicador de pobreza, Jalisco, 2010- 2012					
	Porcentaje		Miles de personas		Carencias promedio	
	2010	2012	2010	2012	2010	2012
Pobreza						
Población en situación de pobreza	37.0	39.8	2,766.7	3,051.0	2.3	2.1
Población en situación de pobreza moderada	31.8	34.0	2,374.3	2,604.8	2.0	1.9
Población en situación de pobreza extrema	5.3	5.8	392.4	446.2	3.7	3.5
Población vulnerable por carencias sociales	33.7	28.3	2,516.0	2,173.1	1.9	1.8
Población vulnerable por ingresos	6.2	8.1	466.0	619.6	0.0	0.0
Población no pobre y no vulnerable	23.0	23.8	1,718.8	1,824.2	0.0	0.0
Privación social						
Población con al menos una carencia social	70.7	68.1	5,282.7	5,224.1	2.1	2.0
Población con al menos tres carencias sociales	20.2	17.0	1,507.9	1,300.1	3.5	3.4
Indicadores de carencia social						
Rezago educativo	20.6	18.4	1,540.6	1,409.9	2.7	2.6
Carencia por acceso a los servicios de salud	31.9	23.7	2,380.5	1,819.4	2.7	2.6
Carencia por acceso a la seguridad social	55.4	53.5	4,134.5	4,102.8	2.3	2.2
Carencia por calidad y espacios en la vivienda	6.7	9.1	600.0	694.8	3.6	2.9
Carencia por acceso a los servicios básicos en la vivienda	12.8	9.2	959.5	704.0	3.0	3.2
Carencia por acceso a la alimentación	22.0	20.6	1,643.6	1,579.8	2.7	2.6
Bienestar						
Población con ingreso inferior a la línea de bienestar mínimo	14.7	16.3	1,098.2	1,249.1	2.3	2.1
Población con ingreso inferior a la línea de bienestar	43.3	47.9	3,232.6	3,670.6	1.9	1.8

Fuente: CONEVAL, 2012.

Si se considera que en 2012 Jalisco tenía una población total de 7.67 millones de personas, es destacable que casi un 40% de esa población vive en pobreza, como se observa en la Figura 1

Figura 1 Población y pobreza en Jalisco 2010 y 2012



Fuente: CONEVAL, 2012.

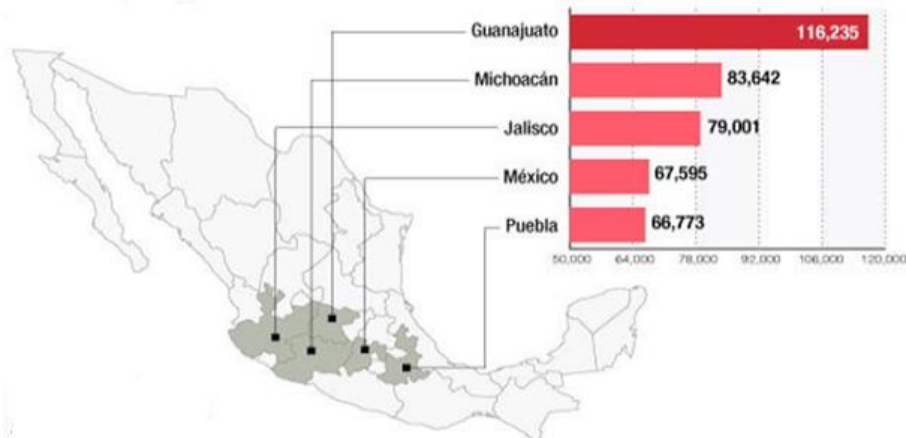
Según la misma fuente, de los 2,457 municipios que tiene registrados el INEGI, Guadalajara es donde más gente muere de hambre. Zapopan, Tlaquepaque y Tonalá están en la lista de los 20 municipios con mayor número de muertes por hambre. El primero, con 705 decesos en el mismo periodo, Tlaquepaque con 427 y Tonalá con 271. Jalisco se convirtió también en el estado que registra el mayor número de muertes por influenza en el país, circunstancia que ocurre con mayor frecuencia en personas que viven en la pobreza y marginación.

La tradición migratoria en Jalisco

México ocupó en 2010 el primer lugar mundial como expulsor de migrantes a Estados Unidos. Cifras del INEGI (2010), muestran que México expulsó sólo ese año 994,372 personas hacia el vecino país del norte. El Banco Mundial (2010), revela que del país han salido alrededor de 11.9 millones de personas hacia Estados Unidos; le siguen India con 11.4 millones; Rusia con 11.1 millones; China con 8.3 millones y Ucrania con 6.6 millones de migrantes.

Los datos del Censo de Población y Vivienda 2010 de INEGI, muestran que en México los principales estados expulsores de migrantes hacia Estados Unidos de América son: Guanajuato con 116,235 personas que emigraron durante 2010 hacia Estados Unidos; Michoacán con 83,642 emigrantes; Jalisco con un total de 79,001 en ese año; está después el Estado de México con 67,595 personas, y en quinto lugar se encuentra Puebla con 66,773 emigrantes a EUA.

Figura 2 Jalisco, tercer lugar nacional dentro de los estados que registran mayor emigración a Estados Unidos



Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2010.

En las condiciones de pobreza y marginación que caracteriza a un 40.0% de la población en el estado de Jalisco, se comprende por qué esta entidad tiene una añeja tradición migratoria a Estados Unidos, la cual se remonta hacia finales del siglo XIX. Con base en datos de COEPO (2012), se estima que 1.4 millones de personas nacidas en Jalisco habitan en Estados Unidos y que alrededor de 2.6 millones de personas nacidas en aquel país son hijos de padres jaliscienses. De acuerdo con el índice de intensidad migratoria calculado por CONAPO (2012), con datos del censo de población de 2010 del INEGI, Jalisco tiene un grado alto de intensidad migratoria. Los indicadores de este índice señalan que en Jalisco en el 5.41 por ciento de las viviendas de la entidad se recibieron remesas en 2010, en un 2.19% se reportaron emigrantes del quinquenio anterior (2005-2010), en el 1.30 por ciento se registraron migrantes circulares del quinquenio anterior, así mismo el 2.83 por ciento de las viviendas contaban con migrantes de retorno del quinquenio anterior.

Los cinco municipios de Jalisco que presentan la mayor intensidad migratoria a Estados Unidos son Cuautla, Degollado, Cañadas de Obregón, Mexxicacán y Teocaltiche, todos ellos con muy alto grado de intensidad migratoria. En el contexto nacional estos municipios ocupan los lugares 26, 59, 65, 74 y 97, respectivamente. Por su parte los municipios con menor intensidad migratoria en el estado de Jalisco son Zapopan, Guadalajara, Tlajomulco, Tlaquepaque y Cabo Corrientes (Idem). COEPO (2012) menciona que en total 25 municipios de Jalisco cuentan con muy alto grado de intensidad migratoria a Estados Unidos, 50 con alto, 29 con medio y 21 municipios con bajo. Considerando las 12 regiones administrativas en las que se encuentra organizado el Estado de Jalisco, de los 25 municipios con muy alto grado de intensidad migratoria, la región Altos Norte tiene cinco: Teocaltiche, Ojuelos, San Diego de Alejandría, Villa Hidalgo y Unión de San Antonio. Le siguen las regiones Sur y Sureste con tres cada una; en la primera están Tolimán, San Gabriel y Amacueca, y en la segunda Valle de Juárez, La Manzanilla de la Paz y Concepción de Buenos Aires. Por su parte Altos Sur y Sierra Occidental cuentan con dos municipios con dichas características; Cañadas de Obregón y Mexxicacán en Altos Sur; y Cuautla y Mixtlán en Sierra Occidental.

Por su parte las regiones Norte, Ciénega y Costa Sur cada una tiene un municipio con muy alta intensidad migratoria. Finalmente en la regiones Costa Norte, Sierra de Amula, Valles y Centro no tienen municipios con esta característica migratoria.

Las remesas como fuente de bienestar en Jalisco

La migración internacional está asociada directamente con el envío de remesas. El 98% de las remesas que se reciben en México provienen de personas que se encuentran en Estados Unidos. Datos del Banco de México (2012), revelan que en ese año México recibió un total de 22,445 millones de dólares por concepto de remesas. De ellas, Michoacán recibió 2,209 millones de dólares; Guanajuato, 2,138 millones de dólares; Jalisco, 1,884 millones; el Estado de México, 1,564 millones; y Puebla, 1,403 millones de dólares. El promedio de envío por familia es de 300 dólares, unos 3 mil 700 pesos al mes. En Jalisco, los flujos de dinero externo provienen principalmente de los jaliscienses que radican en Estados Unidos, posicionándose esta entidad en un tercer lugar nacional en captación de remesas, en congruencia con el mismo sitio que ocupa a nivel nacional en expulsión de emigrantes hacia el país del norte. En la figura 3 se muestran los montos alcanzados por las remesas familiares en el estado en el período 2003-2012. Se observa que hasta el año 2007 las remesas fueron a la alza, alcanzando un máximo de 2,009 millones de dólares; posteriormente, con la crisis económica del año 2008, las remesas fueron a la baja hasta el año 2010, en el cual registran su nivel más bajo de 716 millones de dólares.

Figura 3 Flujos de remesas familiares en Jalisco 2003-2012

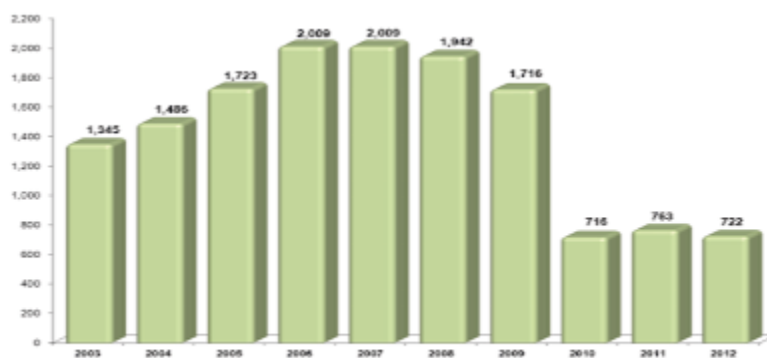


Figura 5. Remesas familiares por año en millones de dólares.
Jalisco, 2013
Fuente: Elaborado por el Consejo Estatal de Población con base en Banco de México, Indicadores económicos, diversos años, página web, www.banxico.org.mx

Fuente: COEPO, 2013, con datos del Banco de México.

Es un hecho que las remesas cumplen una función vital en la reactivación de la economía regional e incremento del bienestar de las familias que las reciben, contribuyendo así a mitigar el flagelo de la pobreza en Jalisco. Datos de COEPO (2013), señalan que a nivel vivienda se estima que 5.41% de las 1.8 millones de viviendas del estado, recibieron remesas en 2010. Este hecho revela su importancia como fuente de divisas y como elemento fundamental en la economía familiar de poco más de 97,300 viviendas jaliscienses, en las que las remesas tienen un impacto significativo, ya sea como sostén esencial o ingreso complementario que puede contribuir a elevar el nivel de vida de sus miembros. En este rubro Jalisco (5.41%) se encuentra por encima de la media nacional de 3.63 por ciento de las viviendas que reciben remesas en el país.

El gasto público como fuente de bienestar en Jalisco

Aunque las remesas constituyen una fuente de ingresos únicos o complementarios para más de 97,000 hogares de los 1.8 millones existentes en Jalisco, aproximadamente un 40% de la población en esta entidad vive en condiciones de pobreza -un 34% corresponde a condiciones de pobreza moderada y el resto vive en pobreza extrema-. En tal situación, el gobierno del estado puede y debe intervenir para generar las oportunidades que el pueblo jalisciense necesita, a través del gasto público como mecanismo de generación de mayor empleo y bienestar.

En el Cuadro 2, se presenta el desglose de los rubros de captación de ingresos del gobierno del estado para el año 2014. Esta información permite saber cuánto dinero tuvo o tiene el gobierno estatal para gastar durante el presente año.

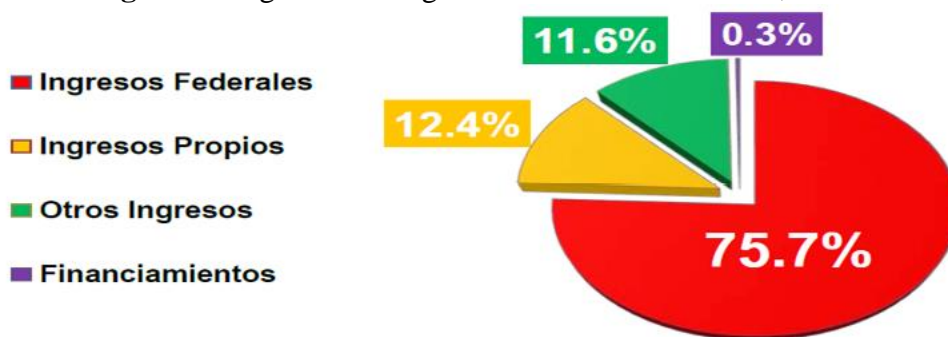
Cuadro 2 Captación de ingresos del Estado de Jalisco, 2014

Ley de Ingresos del Estado de Jalisco para el Ejercicio Fiscal 2014*	
Concepto	Cantidad
Participaciones y Aportaciones	63,468,313,000.00
Transferencias Internas y Asignaciones al Sector Público	9,720,352,000.00
Aprovechamientos	4,252,045,000.00
Impuestos	3,210,413,000.00
Derechos	2,209,868,000.00
Ingresos por venta de bienes y servicios	544,395,000.00
Ingresos por Financiamientos	253,217,000.00
Productos	177,890,000.00
Total de ingresos	83,836,493,000.00

Fuente: Gobierno del Estado de Jalisco, 2014.

Como se observa en el cuadro anterior, durante el año 2014 el presupuesto del gobierno del Estado de Jalisco ascendió a casi 84 mil millones de pesos, los cuales provinieron principalmente del presupuesto asignado por el Gobierno Federal a la entidad (Figura 4).

Figura 4 Origen de los ingresos del Estado de Jalisco, 2014



Fuente: Gobierno del Estado de Jalisco, 2014.

Como se mencionó, la principal fuente de ingresos es el dinero que el Gobierno Federal entrega en forma de participaciones y aportaciones a Jalisco. El gobierno obtiene Ingresos Propios que representan el 12.4% de los ingresos totales. Estos llegan de los impuestos, derechos y demás pagos como las multas de movilidad y transporte que los ciudadanos hacen al estado.

El 0.3% del ingreso total se obtiene por financiamientos, que son préstamos que el gobierno obtiene de bancos y de otras instituciones que otorgan créditos. Otros Ingresos son las Transferencias y Asignaciones por concepto de: Abastecimiento y Saneamiento de Agua en la Zona Conurbada de Guadalajara, de la Universidad de Guadalajara y por Apoyos Extras del Gobierno Federal, en conjunto suman 11.6% del total del ingreso del Estado de Jalisco.

Con lo anterior, se formula y se fondea el Presupuesto de Egresos del Estado de Jalisco. Dicho presupuesto es una estimación financiera anual del programa del gasto del gobierno; en él se describe la cantidad, la forma y el destino de los recursos públicos. Al igual que la Ley de Ingresos, el Presupuesto de Egresos es enviado por el Gobernador a los Diputados para que lo discutan, modifiquen y en su momento lo aprueben. Entonces, el Presupuesto de Egresos del Estado de Jalisco es un plan de gasto que debe reflejar en su contenido las prioridades y necesidades del ciudadano; el gobierno debe ponderar su gasto y destinarlo, según su importancia, en necesidades de salud, educación, seguridad pública, deporte, agua potable, carreteras y caminos, entre otros.

La forma en que dicho presupuesto se utiliza en los distintos gastos que debe enfrentar la administración estatal, puede determinar la efectividad del gasto público en la generación de mejores y mayores oportunidades y condiciones de bienestar para la población en la entidad. En el Cuadro 3, se cuantifica el monto del presupuesto destinado por tipo de gasto.

Cuadro 3 Destino del presupuesto estatal en Jalisco por tipo de gasto, 2014

CLASIFICADOR POR TIPO DE GASTO	
CONCEPTO	IMPORTE
Gasto Corriente	76,384,748,902.00
Gasto Capital	5,662,738,576.00
Amortización de la Deuda y Disminución de Pasivos	1,244,610,522.00
Total General	83,292,098,000.00

Fuente: Gobierno del Estado de Jalisco, 2014.

El Gasto Corriente es el dinero que se gasta en consumo y operación de la estructura del gobierno: son los gastos en sueldos a funcionarios públicos, los pagos en suministros de luz, agua, teléfono, entre otros. En suma son los materiales necesarios para que el gobierno opere y pueda otorgarte bienes y servicios a la sociedad. Por otra parte, el Gasto de capital es lo que el gobierno destina a la construcción, mantenimiento y modernización de escuelas, hospitales, plazas públicas, caminos y carreteras, puertos, proyectos de tren de pasajeros, centros deportivos, obras hidráulicas entre otras.

El gobierno gasta también en la amortización de la deuda pública y disminución de pasivos. Es el pago (en “abonos”) de la deuda pública adquirida con instituciones financieras públicas y privadas en moneda nacional. La Ley de Deuda Pública del Estado de Jalisco estipula, entre otros, tres principales requisitos para considerarla como Deuda Pública:

1. Que sea para un gasto de inversión productiva
2. Que se contrate con una institución financiera pública o privada nacional
3. Que sea aprobada por el H. Congreso del Estado de Jalisco

En la figura 5 se observa que casi un 92% del presupuesto de Jalisco en 2014 se destina a gasto corriente, donde la nómina de la burocracia tiene un porcentaje importante, mientras que la inversión en infraestructura productiva o gasto en capital no llega a un 7% de ese gasto público, siendo limitado su efecto multiplicador en la economía estatal. Además, el gasto en amortización de deuda es considerablemente alto, al representar un 22% del gasto en capital o inversión productiva. La clasificación entre gasto corriente y gasto en capital o inversión, puede ser un criterio para diferenciar entre el gasto productivo e improductivo, es decir, que genere o no un efecto multiplicador en la economía estatal y en las oportunidades y el bienestar de los jaliscienses a mediano y largo plazos.

Figura 5 Destino del presupuesto anual del Estado de Jalisco, 2014



Fuente: Gobierno del Estado de Jalisco, 2014.

En la situación de desempleo y pobreza en Jalisco, el gasto público puede reducir las presiones sociales provocadas por la falta de oportunidades para la población, lo cual es una de sus principales ventajas. Sin embargo, no se trata de generar empleo por sí mismo, del tipo que sea, pues los gobiernos suelen ser proclives a acrecentar nóminas y a generar empleos improductivos. Es decir, de lo que se trata es de expandir la demanda agregada mediante la creación de empleo productivo, que produzca un efecto multiplicador positivo en la economía al expandirse también la oferta agregada, para que crezca el PIB y, de esta manera, el aumento del gasto público no se traduzca casi por completo en inflación.

Las ventajas de aumentar los gastos de gobierno son principalmente la generación de empleo y el aumento de la demanda agregada, más deseable aún si ese aumento de la demanda agregada se acompaña con el aumento de la oferta agregada o creación de empleo productivo, para dar cumplimiento a los objetivos de los programas de desarrollo que son de interés para la entidad y que constituyen una estrategia para generar empleo y redistribuir el ingreso en un marco de equidad y justicia social.

Las desventajas son, por un lado, que el aumento del gasto de gobierno hace que éste compita con las economías privadas por los recursos, situación indeseable porque encarece el costo del capital y podría deteriorar el nivel de vida de la población. Y, por otro lado, la indisciplina fiscal puede conducir a desequilibrios presupuestarios públicos, los cuales deben financiarse de algún modo. El gobierno de Jalisco obtiene Ingresos Propios que representan sólo un 12.4% de los ingresos totales. Estos llegan de los impuestos, derechos y demás pagos como las multas de movilidad y transporte que los ciudadanos hacen al estado.

Si se considera el monto captado por remesas familiares en Jalisco, es de destacarse que los jaliscienses radicados en Estados Unidos tienen mayor capacidad de financiamiento del bienestar en la entidad, que el propio gobierno del estado. Partiendo del monto máximo de remesas captado en la entidad, que fue en el año 2007 por un total de 2,009 millones de dólares, es decir, 27,121.5 millones de pesos (considerando la paridad cambiaria en septiembre de 2014), esto representa poco más de un 32% del monto total del presupuesto de Jalisco en 2014, superando por mucho la capacidad del gobierno para generar recursos propios que fue de 12.4% en ese mismo año.

En el mismo sentido, en 2012 las remesas familiares en Jalisco ascendieron a 722 millones de dólares, lo cual equivale a 9,747 millones de pesos de septiembre de 2014. Esto representa casi un 12% del presupuesto total del Estado de Jalisco en 2014, cifra que casi iguala el 12.4% del presupuesto 2014 generado por el gobierno como recursos propios.

Conclusiones

A partir del año 2008, la tasa de desempleo en Jalisco ha aumentado, hasta ubicarse en 5.4% en 2012, porcentaje que es mayor a la media nacional. De una población total de 7.67 millones de personas que tenía Jalisco en 2012, casi un 40% de esa población vivía en la pobreza (34% en pobreza moderada y 5.8% en pobreza extrema).

En tal escenario de pobreza y desempleo, Jalisco ocupa el tercer lugar nacional en expulsión de mano de obra hacia Estados Unidos y también el tercer lugar nacional en captación de remesas familiares. De los 1.8 millones de viviendas registradas en Jalisco en 2012, un poco más de 97,000 recibieron remesas, contribuyendo a mitigar la pobreza y desempleo que se vive en la entidad.

En la situación de desempleo y pobreza en Jalisco, el gasto público puede reducir las presiones sociales provocadas por la falta de oportunidades para la población, lo cual es una de sus principales ventajas. Sin embargo, el gobierno destina a gasto corriente casi un 92% de su presupuesto programado en 2014, en donde el pago a la nómina de la burocracia tiene un peso importante, y destina menos del 7% a gasto de capital, por lo que su capacidad para financiar un mayor nivel de bienestar y oportunidades para la población es bastante limitada a mediano y largo plazos.

Los jaliscienses radicados en Estados Unidos tienen una mayor capacidad de financiamiento del bienestar en la entidad, que el propio gobierno del estado. Por ejemplo, en 2012 las remesas familiares en Jalisco ascendieron a 722 millones de dólares, lo cual equivale a 9,747 millones de pesos de septiembre de 2014. Esto representa casi un 12% del presupuesto total del Estado de Jalisco en 2014, cifra que casi iguala el 12.4% del presupuesto 2014 generado por el gobierno como recursos propios.

Referencias

Banco de México. 2012. Indicadores Económicos. Sistema de Información Económica. Varios años. Publicado en: www.banxico.org.mx/eInfoFinanciera/FSinfoFinanciera.html

Banco Mundial. 2010. Migración internacional en cifras. Publicado en:
<http://www.bancomundial.org.mx>

Consejo Estatal de Población COEPO. 2013. Migración y remesas en Jalisco. Publicado en:
<http://coepojalisco.blogspot.mx/2013/13/la-migracion-y-remesas-hab-jal.html>

Consejo Estatal de Población COEPO. 2012. La Emigración y las Remesas en el Estado de Jalisco. Publicado en:
<http://www.jalisco.gob.mx/wps/wcm/connect/a78049f09abbaed9eed2226ab985/coeponota2012.pdf?MOD=AJPERES>

CONAPO. 2012. Índices de intensidad migratoria. Publicado en: www.conapo.gob.mx,

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social CONEVAL. 2012. Pobreza estatal Jalisco. Publicado en: www.coneval.gob.mx

Gobierno de Jalisco. 2014. Ley de Deuda Pública del Estado de Jalisco. Publicado en:
<http://www.jalisco.gob.mx/es/gobierno/normatividad/2915>

Gobierno de Jalisco. 2014. Transparencia Presupuestal. Publicado en:
<http://sepaf.jalisco.gob.mx/transparencia/transparencia-presupuestaria>

Instituto Mexicano para la Competitividad. 2014. Análisis del empleo y la competitividad 2012 en Jalisco. Publicado en: http://imco.org.mx/indice_de_competitividad_estatal_2012/

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática INEGI. 2013. Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo 2013. México. Publicado en:
<http://www.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/tabtema.aspx?s=est&c=33537>

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática INEGI. 2010. Censo Nacional de Población y Vivienda 2010. México.

Economía y medio ambiente

Desarrollo económico y recursos naturales en México

GALLARDO-RODRÍGUEZ, Fernando*† & CONTRERAS-CASTILLO, José María''

*División de Ciencias Económico-Administrativas, Universidad Autónoma Chapingo Carretera México-
Texcoco, Km. 38.5, Chapingo, Estado de México.*

*''División de Ciencias Económico-Administrativas, Universidad Autónoma Chapingo Carretera México-
Texcoco, Km. 38.5, Chapingo, Estado de México.*

Resumen

Este artículo analiza el papel de los recursos naturales sobre el desarrollo económico de México. Los recursos naturales considerados fueron petróleo, minerales, bosques, ríos, lagos y aire. Se utilizaron diversas fuentes de información y se realizaron visitas de campo a Guanajuato, Michoacán y Jalisco en el período 2011-2013. Los resultados muestran que México continuará basando sus finanzas públicas y su desarrollo económico en la extracción de los combustibles fósiles (petróleo y gas). Seguirá perdiendo alrededor de 150,000 hectáreas de bosques por año debido fundamentalmente a la urbanización, la tala clandestina, incendios y actividades agropecuarias. Continuará la contaminación y agotamiento de ríos y lagos por depósitos de aguas residuales, sustancias tóxicas y basura, generando problemas masivos de salud en la población afectada. La minería en México seguirá trabajando con el criterio de rentabilidad acumulando conflictos socioambientales. Monterrey, Guadalajara, León y México D.F., fueron las ciudades más contaminadas en México en 2011. Poco se podrá hacer para mejorar la calidad del aire contaminado que afecta principalmente a niños, adultos mayores, personas con previos problemas de salud y población de bajos estratos socioeconómicos. Los altos índices de corrupción de acuerdo a Transparencia Internacional (34 puntos sobre una escala de 100) son un obstáculo para que el estado de derecho se aplique en beneficio de la conservación y aprovechamiento de los recursos naturales.

Recursos naturales, México, desarrollo económico.

Abstract

This article analyzes the role of natural resources on economic development of Mexico. The natural resources were considered oil, minerals, forests, rivers, lakes and air. various sources of information were used and field visits to Guanajuato, Michoacan and Jalisco were conducted in 2011-2013. The results show that Mexico will continue to base its public finances and economic development in the extraction of fossil fuels (oil and gas). It will continue losing about 150,000 hectares of forest per year, mainly due to urbanization, illegal logging, fires and agricultural activities. It will continue pollution and depletion of rivers and lakes by deposits of sewage, garbage and toxic substances, causing massive health problems in the affected population. Mining in Mexico will continue to work with the criteria of profitability accumulating socio-environmental conflicts. Monterrey, Guadalajara, Leon and Mexico City were the most polluted cities in Mexico in 2011. Little can be done to improve the quality of the air pollution affecting mainly children, the elderly, people with previous health problems and people of lower strata socioeconomic. High levels of corruption according to Transparency International (34 points on a scale of 100) are an obstacle to the rule of law applies to benefit the conservation and use of natural resources.

Natural Resources, Mexico, economic development.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: paracho21@yahoo.com.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

México es un país con vastos recursos naturales. Destaca por su importancia el petróleo, del cual México extrae diariamente alrededor de 2.7 millones de barriles y es además la fuente principal de ingresos del gobierno. También se extrae gas, oro, plata, cobre y zinc. En cuanto a recursos forestales, éstos cubren 55 millones de hectáreas (28.6% de la superficie nacional) los cuales tienen una incidencia directa y decisiva sobre los elementos ambientales. México también cuenta con ríos y lagos de gran importancia; además del aire que respiramos.

Debido a que algunos son recursos no renovables, estos se están agotando. Algunos expertos dicen que se tiene petróleo para los próximos 60 años, pero se requiere de infraestructura para extraerlo, la cual sólo poseen las grandes empresas trasnacionales del petróleo. Por fortuna este hidrocarburo ha servido para apuntalar las finanzas públicas en México, ya que de cada 100 pesos que gasta el gobierno, 35 provienen de la empresa Petróleos Mexicanos (PEMEX). Esto implica que todos los mexicanos sin excepción nos beneficiamos de la renta petrolera.

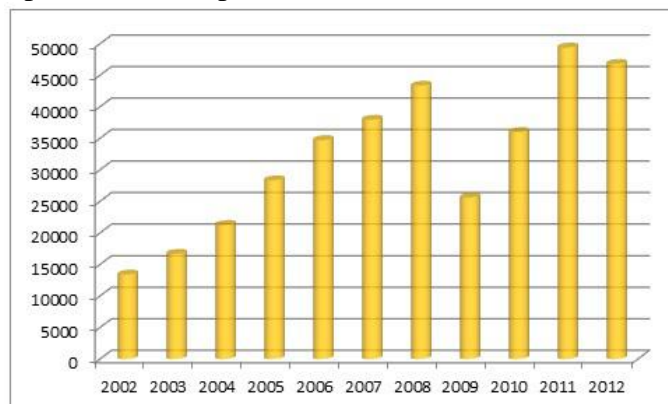
Esto está en riesgo con la propuesta actual de Reforma Energética, la cual contempla compartir la renta con las empresas privadas que se asocien con PEMEX. La minería también aporta recursos, pero muy pocos. Esto cambiará a partir de 2014, cuando las empresas mineras, básicamente canadienses aporten 7.5% de sus utilidades. Ante esto, algunas mineras han amenazado con desplazar sus capitales de México a otros países con mejores condiciones fiscales. Como sea, las empresas mineras están creando conflictos en diversas zonas del país debido fundamentalmente a los problemas ambientales ocasionados. La superficie forestal enfrenta incendios, tala clandestina, creciente urbanización y un aumento de las actividades agropecuarias. Los ríos y lagos mueren lentamente debido a las descargas de aguas residuales, basura y sustancias tóxicas. El aire en las principales ciudades de México no cumple con las normas de la Organización Mundial de Salud (OMS) debido a la contaminación por ozono, partículas suspendidas, óxido nitroso y óxido de azufre. Esto está provocando que cerca de 15,000 muertes se asocien con la mala calidad del aire. Todos nuestros recursos naturales están deteriorándose y agotándose, debido al modelo económico basado en la quema de combustibles fósiles.

Materiales y métodos

Se analizó información de fuentes secundarias, con la cual se procedió al análisis, deducción y obtención de conclusiones y se realizaron visitas de campo a Guanajuato, Michoacán y Jalisco en el período 2011-2013.

Resultados

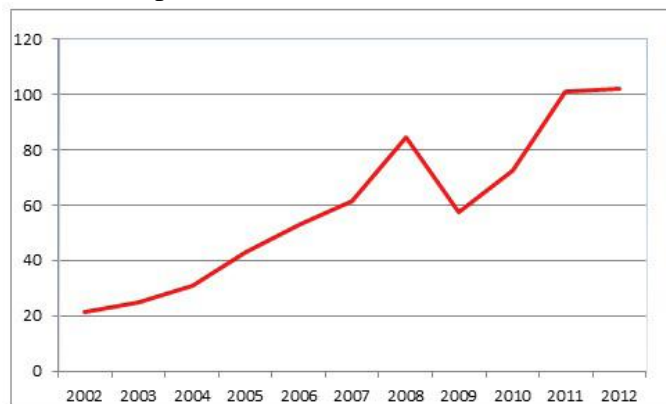
Figura 1 Exportaciones de petróleo crudo 2002-2012 (millones de dólares)



Petróleo

México tiene recursos petroleros para al menos 60 años.¹ El petróleo crudo, para el período 2002-2012, Petróleos Mexicanos (PEMEX) aportó 353,400 millones de dólares, por ventas al exterior. Gracias a esto, el gobierno mexicano pudo financiar su gasto anualmente en 35%; es decir, de cada 100 pesos que gastó el gobierno, 35 pesos fueron aportados por PEMEX (figura 1).

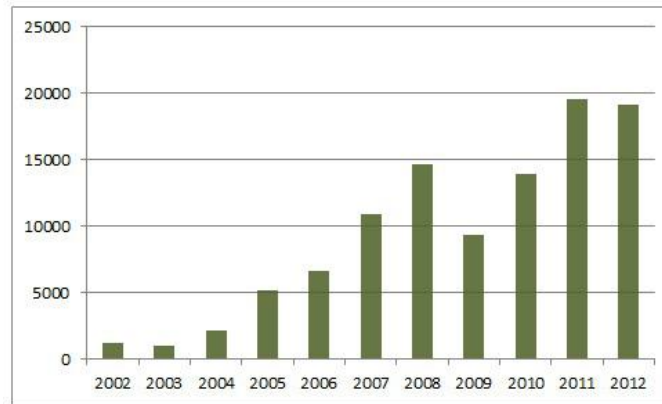
Figura 2 Precio promedio de la mezcla mexicana (USD/barril)



¹ Periódico La Jornada, domingo 15 de septiembre de 2013, pp. 18

Una de las razones que explican estos niveles de ingresos es el comportamiento del precio internacional de la mezcla mexicana de exportación, el cual pasó de 21.52 dólares el barril en 2002 a 101.81 en 2012 (figura 2). Esto, a pesar de que el nivel de exportaciones se redujo de 1.705 millones de barriles a 1.255 millones de barriles diarios de crudo². Aun así, el petróleo sigue siendo la columna vertebral de las finanzas públicas en México, por lo que el desarrollo económico no se puede explicar sin el componente petróleo.

Figura 3 Importaciones de gasolina (millones de dólares)



Gasolina

La economía mexicana es altamente dependiente de las importaciones de gasolinas. De cada 100 litros que se consumen en México, 50 provienen de compras foráneas. En el año 2002, las importaciones de gasolina fueron de casi 1,200 millones de dólares; para 2011 se alcanza un pico de 19,540.5 millones de dólares y para 2012, 19,107.5 millones de dólares (figura 3).

Para afrontar la creciente demanda de gasolina, PEMEX cuenta con una infraestructura de seis refinerías, las cuales -sin excepción- trabajan por debajo de su capacidad instalada. Por ejemplo, la refinería de Minatitlán opera al 45.5%, Madero al 62.5%, Cadereyta al 62.8%, Salamanca al 70.3%, Salina Cruz al 84.9% y Tula al 88.6%.³ En el año 2009, Jesús Reyes Heróles, entonces Director General de PEMEX, anunció que se construiría una nueva refinería (que se llamaría Refinería Bicentenario) cuya sede fue ganada por Tula Hidalgo, y que la inversión planeada oscilaría en poco más de 12,000 millones de dólares y que su construcción empezaría a partir de 2011 y entraría en funciones en 2014 o principios de 2015. Según los estudios, esta refinería tendría capacidad para 300,000 barriles de crudo al día.⁴ Recientemente, y de acuerdo al Plan de Negocios 2014-2018 de Petróleos Mexicanos, la instalación de la refinería de Tula, (de la cual ya se había construido la barda) quedó descartada, con el argumento de que hay recursos limitados y que asignará el presupuesto de la refinería a otros proyectos más rentables.⁵

²PEMEX. Memoria de Labores 2012

³Periódico Reforma, lunes 2 de abril de 2012, portada

⁴Periódico La Jornada, miércoles 15 de abril de 2009

⁵Periódico El Universal, sábado 2 de noviembre de 2013, portada.

Minerales

La minería se ha convertido en los últimos años en la cuarta fuente de divisas después de la industria automotriz, el petróleo y las remesas. Tan sólo en el 2010, esta actividad aportó 15,474 millones de dólares y para 2012 de 22,510 millones de dólares. Esto se debió al incremento en el precio de la onza de oro que alcanzó su máximo el 31 de diciembre de 2012.

El valor de la producción de oro contribuyó con casi 25% y la plata con 27%.⁶ Actualmente, México ocupa el primer lugar en la producción de plata y el onceavo en la producción de oro.⁷ La minería en México, experimenta un nuevo auge, gracias al incremento desde 2008 de los precios de los metales (en especial el oro) como consecuencia de la creciente demanda mundial de minerales, a las modernas tecnologías para encontrar y aprovechar yacimientos de estos, al enorme potencial geológico de nuestro país y a los nuevos y mejores esquemas de financiamiento a la actividad minera, a través de la Bolsa de Valores de Canadá. La canasta minera de México –en orden descendente- se integra por: oro, plata, cobre y zinc. En México existen 286 empresas trabajando en 700 proyectos mineros.⁸ De ese total, 201 empresas son canadienses desarrollando 585 proyectos mineros.⁹ México cuenta con la mina más productiva de plata, que es Fresnillo, Zacatecas, la cual está activa desde hace 400 años.

Efectos sobre el desarrollo económico

A pesar de que la exportación de petróleo y la minería son dos actividades de gran peso en la economía, esto no se ve reflejado del todo en el bienestar de la población. Porque a pesar de que PEMEX aporta una gran cantidad de recursos, de acuerdo con el CONEVAL, en México hay 53.3 millones de pobres.¹⁰ Para algunas comunidades en México, la minería se ha convertido en una maldita bendición porque los proyectos mineros han dividido a las comunidades, muchas de ellas, desesperadas por empleos.¹¹ Eso sin contar con los efectos altamente nocivos al medio ambiente.

Además, la producción de petróleo ha disminuido considerablemente; esto es los pozos actuales se están agotando. En 2002, se extraían 3.177 millones de barriles diarios; para 2012, se extrajeron 2.547 millones de barriles por día; es decir una reducción de 630,000 barriles. PEMEX explora, al parecer con éxito, en aguas profundas del Golfo de México en tres pozos (Trión, Supremus y Maximino-D)¹². Es posible que estos tres pozos aporten cerca de 500 millones de barriles de petróleo.¹³ Sin embargo, México se encuentra inmerso en un debate por demás controvertido sobre la Reforma Energética. Se sabe que el gobierno del presidente Enrique Peña Nieto ha propuesto al Congreso de la Unión compartir la renta petrolera a un máximo del 50% (a través de los Contratos de Utilidad Compartida con empresas privadas, ya sea nacionales o extranjeras) y apertura total del sector petrolero a extranjeros.¹⁴

⁶ “México, País Minero” Cámara Minera de México (CAMIMEX) Febrero de 2013

⁷ CAMIMEX. Informe anual 2013

⁸ Programa ESPIRAL del canal oce tv sobre minería

⁹ Periódico REFORMA, sábado 20 de octubre de 2013, portada

¹⁰ Informe CONEVAL 2012 presentado en abril de 2013

¹² EL FINANCIERO, viernes 17 de mayo de 2013, portada y pp. 12

¹³ Participación del Dr. Gerardo Esquivel en el Seminario “Cárdenas sobre Cárdenas”, la disputa por el petróleo, llevado a cabo en El Colegio de México, agosto de 2013. El video se puede consultar en www.youtube.com/watch?v=3r8Dn6cOjOY

¹⁴ Periódico La Jornada, sábado 30 de noviembre de 2013, portada

Esto implicaría -en una aritmética simple- que se dejaría de recibir el 50% del 35% de los recursos que aporta PEMEX; es decir, que el gobierno dejaría de recibir cerca de 18% de sus ingresos totales con las consecuencias terribles sobre las finanzas públicas y sobre el gasto público. Este hueco tendría que cubrirse a través de tres políticas: la primera, creando nuevos impuestos; una segunda, aumentando los impuestos ya existentes; y la tercera, aumentando la base de contribuyentes.

Agotamiento y degradación de los recursos naturales

El desarrollo económico en México desde el punto de vista energético, se ha sustentado en la quema de combustibles fósiles. Se ha extraído tanto petróleo que la producción ha disminuido considerablemente en los últimos 10 años; es decir, los pozos se están agotando. Es por eso, que para continuar con el mismo modelo energético, ahora hay que extraer el petróleo de las llamadas aguas profundas, esto es, extracción que se lleva a cabo en pozos a casi 3,000 metros de profundidad. Un aspecto al que poco se le ha dado atención es que la quema de combustibles fósiles ha incrementado la emisión de los gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera. A pesar de que nuestro país sólo contribuye con el 1.5% del total de emisiones mundiales, México es ya un país que está sufriendo serias consecuencias del calentamiento global y el cambio climático. Solo hay que recordar los terribles estragos de la tormenta tropical Manuel en Acapulco en el mes de Septiembre de 2013. Otros problemas, no menos importantes, que están deteriorando y agotando los recursos naturales en México, son: la contaminación del aire en las principales zonas metropolitanas del país, la pérdida de bosques (debido fundamentalmente a la tala clandestina, a la urbanización, al incremento de la frontera agrícola y a los incendios forestales), la minería y la contaminación de ríos y lagos. Tan solo en el 2011, el agotamiento y la degradación de los recursos naturales costaron al país 1.4 billones de pesos.¹⁵ En el sexenio 2006-2012, los costos ambientales promedio se ubicaron en 7.7% del Producto Interno Bruto (PIB).

Contaminación del aire en las principales zonas metropolitanas del país

En América Latina y el Caribe (LAC por sus siglas en ingles), por lo menos 100 millones de personas están expuestas a niveles de contaminación del aire por encima de los recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Los grupos más vulnerables a los efectos dañinos de una mala calidad del aire incluyen a niños, adultos mayores, personas con previos problemas de salud y población de bajos estratos socioeconómicos. En un estudio realizado por The Clean Air Institute, en las 22 principales metrópolis de América, Monterrey fue la ciudad con el aire más sucio en las mediciones de los niveles de partículas suspendidas menores a 10 micras (PM10), dióxido de azufre y ozono. Guadalajara, Jalisco aparece en segundo lugar. En cuanto a dióxido de azufre, León, Guanajuato ocupó la posición #1, seguida por Medellín, Colombia, México, D.F., Monterrey y Montevideo. Respecto a óxido nitroso, la ciudad más contaminada fue Montevideo, Uruguay, seguida por Guadalajara, D.F. y León, Guanajuato.¹⁶

¹⁵ El Universal, sábado 23 de febrero de 2013, pp.A10

¹⁶ The Clean Air Institute. "La calidad del aire en América latina: una visión panorámica". Edición 2012, Washington, D.C. Mayo, 2013

En México, los datos muestran que 15,000 muertes están asociadas a la mala calidad del aire.¹⁷ En el año 2012, la Organización Mundial de la Salud (OMS) afirmó que las emisiones de diésel incrementan el riesgo de cáncer de pulmón, y que el éste es tan letal como el arsénico y el asbesto. La Agencia Internacional de Investigación contra el Cáncer (IARC) que pertenece a la OMS, determinó que los gases que genera la combustión de los motores diésel están en la misma categoría de productos potencialmente letales como el asbesto, el arsénico y el gas mostaza.¹⁸ La IARC alertó que 15% de las muertes en el mundo por cáncer de pulmón son a consecuencia de la contaminación del aire.¹⁹

Pérdida de bosques

Los bosques han cumplido una función destacada en la historia de la humanidad, y milenio tras milenio el crecimiento demográfico y el desarrollo han venido acompañados en todo el mundo por la deforestación periódica. El clima, la cultura, la tecnología y el comercio han ejercido gran influencia en la aceleración o reducción del ritmo de deforestación, cuando no han llegado a invertirlo. Con el tiempo, la interacción entre los seres humanos y los bosques ha variado en función de los cambios socioeconómicos. Una de las enseñanzas de la historia es que son estrechos los vínculos entre el uso de los bosques (incluida la deforestación) y el desarrollo económico y social y entre la destrucción de los bosques (con el consiguiente daño ambiental irreversible) y el deterioro económico. Las autoridades se encuentran ante la paradoja de que, aunque los bosques, los productos forestales y los servicios ecosistémicos forestales son fundamentales, la tierra ocupada por bosques es, en ocasiones, objeto de demandas más acuciantes. La perspectiva histórica pone de relieve la importancia y las dificultades de sostener los bosques y, mediante el manejo forestal sostenible, encontrar un equilibrio entre la conservación y el uso para garantizar toda la gama de la contribución de los bosques en los planos económico, social y ambiental. Se estima que a lo largo de 5 000 años la desaparición total de terreno forestal en todo el mundo ha ascendido a 1 800 millones de hectáreas, lo cual supone un promedio neto de pérdida de 360 000 hectáreas al año. El crecimiento demográfico y el auge de la demanda de alimentos, fibra y combustible han acelerado el ritmo de desmonte hasta el punto de que en los últimos 10 años el promedio anual neto de desaparición de bosques llegó a los 5,2 millones de hectáreas. La trayectoria de la deforestación a escala mundial ha ido aproximadamente a la par que el crecimiento demográfico, si bien el ritmo de deforestación superaba al del crecimiento de la población antes de 1950 y empezó a disminuir desde entonces. Tan solo en la última década desaparecieron unos 130 millones de hectáreas de bosques. Se calcula que tal pérdida y degradación de los bosques cuesta a la economía mundial entre 2 billones y 4.5 billones de dólares al año. Al menos 10 millones de personas trabajan en el ámbito del manejo y la conservación forestal, y se calcula que 1 000 millones de personas dependen para su subsistencia de los bosques, como red de seguridad económica o como fuente directa de ingresos.²⁰

¹⁷ Periódico El Financiero, viernes 25 de mayo de 2012, pp.25

¹⁸ Periódico El Universal, jueves 14 de junio de 2012, pp. 2

¹⁹ Periódico El Financiero, miércoles 4 de diciembre de 2013, pp. 29

²⁰ FAO "El estado mundial de los bosques 2012

El caso más grave y peligroso para la estabilidad climática mundial es la deforestación del Amazonas que perdió, tan solo en la década 1995-2006 -alrededor de 19,500 km² por año.²¹ Una de las razones que explican la deforestación del Amazonas es la fiebre de la producción de soya a nivel mundial por la creciente demanda global de carne.²²

Pérdida de bosques por incendios forestales

El crecimiento económico mundial ejerce cada vez mayor presión en la utilización de los recursos renovables. En particular, la expansión de la frontera para producir alimentos y la creciente urbanización han contribuido a que se pierdan a nivel mundial más de 50% de los bosques, tierras agrícolas y humedales que rodean a las zonas agrícolas. Del 1 de enero al 7 de noviembre de 2013, se han registrado 10,371 incendios forestales en 32 entidades federativas, afectando una superficie de 413,883 hectáreas. De esta superficie, el 93.20% correspondió a vegetación en los estratos herbáceo y arbustivo y el 6.80% a arbóreo. Las entidades federativas con mayor número de incendios fueron: México, Michoacán, Distrito Federal, Chihuahua, Jalisco, Puebla, Hidalgo, Chiapas, Oaxaca y Tlaxcala, que representan el 82.58% del total nacional. Las entidades federativas con mayor superficie afectada fueron: Sonora, Jalisco, Oaxaca, Chihuahua, Guerrero, Quintana Roo, Chiapas, Durango, Baja California y Baja California Sur, que representan el 74.81% del total nacional.

Los datos muestran que 1998 fue el año récord con 14,435 incendios forestales con una superficie afectada de casi 850,000 hectáreas; mientras que 2010 fue el año con menos incendios afectando casi 112,000 hectáreas. En contraste, 2011 ocurrieron 12,040 incendios con una superficie récord de 954,797 hectáreas. Por fortuna, los incendios han afectado muy poco en términos relativos a la superficie arbórea y en menor medida a la superficie con vegetación herbácea y arbustiva. ¿Cómo afectaron los incendios a algunas entidades con fuerte vocación forestal?: Michoacán tuvo 1178 incendios con una superficie afectada de 16,207 hectáreas, en Chihuahua ocurrieron 1137 incendios afectando 30,554 hectáreas, en Durango hubo 231 incendios afectando 19760 hectáreas, Tlaxcala (295 incendios y 1146 hectáreas afectadas); estado de México (2349 incendios y 9789 hectáreas afectadas).²³ Baste con recordad el incendio ocurrido en San Luis Potosí a fines de marzo de 2013 que consumió 3,987 hectáreas.²⁴

Otras causas de pérdida de bosques

La FAO considera que hay causas subyacentes de pérdidas de bosques, las cuales son: pobreza, inseguridad en la tenencia de la tierra, políticas intersectoriales inadecuadas, subvaluación de productos forestales y servicios eco sistémicos, falta de buena gobernanza, comercio ilegal y políticas nacionales que distorsionan los mercados y fomentan la conversión de tierras forestales a otros usos. A manera de ejemplo, en México, 28 millones de habitantes utilizan leña como combustible debido a la política de precios aplicada al gas.²⁵

²¹ Periódico La Jornada, martes 5 de Junio de 2012, pp.23

²² Revista National Geographic en español, enero 2007 (“Amazonia: nos estamos quedando sin selvas”)

²³ CONAFOR. Reporte semanal de resultados de incendios forestales (del 1 de enero al 7 de noviembre de 2013)

²⁴ Periódico LA JORNADA, lunes 23 de marzo de 2013, pp. 38

²⁵ Periódico La Jornada, domingo 8 de agosto de 2013, pp. 22

En el caso mexicano, la deforestación se ha detenido e incluso revertido en las zonas templadas, áridas y en el trópico seco (debido a la migración del campo a la ciudad y al auge de las actividades industriales), pero se ha agravado en las zonas tropicales húmedas de selvas altas, medianas y bosques mesófilos.²⁶ Las selvas en México están en agonía constante; la ganadería y los asentamientos humanos son las principales amenazas.²⁷ La tala clandestina y el comercio ilegal de madera han creado conflictos sociales entre comunidades rurales, como consecuencia del embate de organizaciones criminales coludidas con grupos de talamontes. Cherán, es un ejemplo de esto. Tan solo en el estado de Michoacán hay conflictos en Paracho, Nahuatzen, Comachuen, Turícuaro, Tingambato, Capacuaro, San Lorenzo, Carapán y Los Reyes de Salgado.²⁸

Minería

La minería en México se hace de manera rentable que no necesariamente responsable. La mayoría de las comunidades en donde se encuentran proyectos mineros se han dividido entre una parte de la población que percibe que los proyectos tendrán un fuerte impacto ambiental y otra parte que está desesperada por empleos. De acuerdo con la Comisión Económica para América Latina (CEPAL), México es uno de los países del subcontinente de América Latina que acumulan más conflictos socioambientales provocados por empresas mineras en cuanto a contaminación, restricción de escasez de agua, falta de consulta previa a las comunidades, disputas territoriales, desplazamiento de pueblos originarios, cambios de usos de suelo, violaciones de derechos humanos e incumplimiento de políticas de responsabilidad social corporativa, pero también por la repartición de rentas e ingresos tributarios, provenientes de las actividades mineras.²⁹ Este problema aqueja también a países como Perú, Chile y Argentina.³⁰ No es casual que en México se haya formado la Asamblea Nacional de Afectados Ambientales (ANAA) que ya ha celebrado varios encuentros en diferentes lugares donde la afectación ambiental es seria. La octava asamblea se celebró en Cherán, Michoacán en 2012. Se eligió Cherán, por ser la comunidad purépecha ícono –no de lucha antiminera- sino de la lucha por la defensa de los recursos forestales en contra de la tala clandestina.³¹

Contaminación de ríos y lagos

Los ríos y lagos de México, en especial los de Guanajuato, Jalisco y Michoacán, están seriamente contaminados. Un ejemplo de la gravedad de esta situación es el río Santiago en Jalisco, que está poniendo en riesgo la salud y la vida de casi 700,000 habitantes. La contaminación del río Santiago se aceleró en el período 2007-2010 con el incremento de las descargas de sustancias tóxicas provenientes en su mayoría de la industria textil. En la región de Juanacatlán, El Salto y Ocotlán, los casos de enfermedades cancerígenas, superan la media del estado de Jalisco.³²

²⁶ Periódico El Economista, viernes 9 de noviembre de 2012, pp. 28 (Gabriel Quadri. “Deforestación. Prioridad”)

²⁷ Periódico El Universal, domingo 23 de octubre de 2011, pp. F2 y F3

²⁸ Periódico El Universal, 11 de mayo de 2011, sección ESTADOS, portada (“Pueblos purépechas, en defensa de sus bosques”)

²⁹ Periódico La Jornada, domingo 20 de octubre de 2013, pp. 24

³⁰ Periódico El Universal, martes 6 de diciembre de 2011. Pp. A23

³¹ Periódico La Jornada, viernes 9 de noviembre de 2012, pp. 22

³² Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad y Greenpeace. “La contaminación en la cuenca del río Santiago y la salud pública en la región”

Greenpeace alerta que en México, el problema de la contaminación afecta las cuencas Lerma-Chapala-Santiago, Balsas, Bravo, Grijalva, Papaloapan y las comprendidas en las regiones hidrográficas Golfo del Norte, Pacífico Norte y Golfo Centro.³³ Por ejemplo, La Tzararacua en Uruapan Michoacán, es una cascada que se forma a las afueras de la ciudad de Uruapan, Michoacán y que es continuación del río Cupatitzio, el cual, arrastra las descargas de aguas residuales de la ciudad. Hoy en día, La Tzararacua es una visita turística obligada a Uruapan, hay una cooperativa que ofrece el descenso a caballo a la cascada, pero al llegar a la cascada, el visitante se encontrará con aguas pestilentes, lo que indica altos niveles de contaminación. En Michoacán, debido a la fiebre exportadora del aguacate –derivada del levantamiento del embargo impuesto por Estados Unidos a México- la superficie cultivada de este fruto está creciendo. Por ejemplo, las tierras que rodean al Lago Zirahuén han empezado a convertirse en parcelas aguacateras, las cuales son regadas con agua extraída con bombas de este lago, disminuyendo lentamente el volumen de este cuerpo de agua. Los lagos de Cuitzeo y Pátzcuaro están sufriendo de deterioro similar debido a la concentración de metales pesados, arsénico y a los efectos del proceso de eutrofización debido a las altas concentraciones de nitrógeno.

Conclusiones

México continuará basando sus finanzas públicas y su política de desarrollo económico en la extracción de los combustibles fósiles (petróleo). Este modelo acelerará el deterioro y agotamiento de los recursos naturales.

Cada año México pierde alrededor de 150,000 hectáreas de bosques debido fundamentalmente a los siguientes factores: una creciente y desordenada urbanización, la tala clandestina de zonas forestales, los incendios forestales, el incremento de la frontera agrícola para satisfacer la creciente demanda de alimentos provenientes de las zonas urbanas

Los ríos y lagos de México, en especial los de Guanajuato, Jalisco y Michoacán, están seriamente contaminados. Se han convertido en vertederos de aguas residuales, sustancias tóxicas y basura, generando problemas masivos de salud en la población afectada. La minería en México se hace de manera rentable que no necesariamente responsable. La mayoría de las comunidades en donde se encuentran proyectos mineros se han dividido entre los que se oponen y los que están ávidos de empleos. México es uno de los países del subcontinente de América Latina que acumulan más conflictos socioambientales provocados por empresas mineras en cuanto a contaminación, restricción de escasez de agua, falta de consulta previa a las comunidades, disputas territoriales, desplazamiento de pueblos originarios, cambios de usos de suelo, violaciones de derechos humanos e incumplimiento de políticas de responsabilidad social corporativa, pero también por la repartición de rentas e ingresos tributarios, provenientes de las actividades mineras.

³³ Periódico El Financiero, viernes 7 de junio de 2013, pp. 19

En América Latina y el Caribe, por lo menos 100 millones de personas están expuestas a niveles de contaminación del aire por encima de los recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Los grupos más vulnerables a los efectos dañinos de una mala calidad del aire incluyen a niños, adultos mayores, personas con previos problemas de salud y población de bajos estratos socioeconómicos. Para 2011, Monterrey fue la ciudad con el aire más sucio en las mediciones de los niveles de partículas suspendidas menores a 10 micras (PM10), dióxido de azufre y ozono. Guadalajara, Jalisco aparece en segundo lugar. En cuanto a dióxido de azufre, León, Guanajuato ocupó la posición #1, seguida por Medellín, Colombia, México, D.F., Monterrey y Montevideo. Respecto a óxido nítrico, la ciudad más contaminada fue Montevideo, Uruguay, seguida por Guadalajara, D.F. y León, Guanajuato. En México ocurren 15,000 muertes asociadas a la mala calidad del aire. La mala calidad del aire se constituye en una amenaza para la salud, el bienestar social y el desarrollo económico a nivel mundial y en la región de América Latina y el Caribe. Los altos índices de corrupción en México, de acuerdo a Transparencia Internacional (34 puntos sobre una escala de 100), afectan la competitividad y son un obstáculo para que el estado de derecho se aplique en beneficio de la conservación y aprovechamiento de los recursos naturales.³⁴

Referencias

Cámara Minera de México-CAMIMEX (2013). “México, País Minero”

CAMIMEX (2013). Informe anual 2013

Canal ONCE TV. Programa ESPIRAL sobre minería

CONAFOR (2013). Reporte semanal de resultados de incendios forestales (del 1 de enero al 7 de noviembre de 2013)

The Clean Air Institute. “La calidad del aire en América latina: una visión panorámica”. Edición 2012, Washington, D.C. Mayo, 2013

FAO (2012). “El estado mundial de los bosques 2012

PEMEX. Memoria de Labores 2012

PEMEX. Anuario estadístico 2013

Periódicos La Jornada, Reforma, El Universal, El Financiero, El Economista. Varios números

Revista National Geographic en español, enero 2007 (“Amazonia: nos estamos quedando sin selvas”)

Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad y Greenpeace. “La contaminación en la cuenca del río Santiago y la salud pública en la región”

³⁴ Periódico El Financiero, “Corrupción es ancla de México en competitividad”, miércoles 4 de diciembre de 2013, pp.3

Producción y comercialización

Importancia de la agricultura orgánica y sus bondades para México en el contexto actual

GÓMEZ-TOVAR, Laura^{*†}, GÓMEZ-CRUZ, Manuel Ángel y SCHWENTESIUS-RINDERMANN, Rita^{''}

Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Departamento de Agroecología-CIIDRI, Edo. De México. Tel. 01 595 95 2 15 00 Ext. 5208.

Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral (CIIDRI). Edo. De México. Tel. 01 595 95 2 15 06.

Resumen

El presente trabajo aborda la importancia y las bondades de la agricultura orgánica para México en el contexto actual, en donde la agricultura convencional ha generado un impacto cada vez más negativo, y que un contexto de cambio climático se requiere desarrollar otro tipo de opciones. Se realiza un análisis de los resultados del proyecto "Sistema de seguimiento e información de la agricultura orgánica de México", que desde 1995 lleva a cabo el Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral (CIIDRI) de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). A su vez se exploran los resultados de algunos trabajos a nivel mundial de la productividad y crecimiento de la agricultura orgánica y de los avances de la agricultura orgánica mexicana. Entre las conclusiones obtenidas se tiene que el sector orgánico en el país cubre 512,000 ha, 169 mil productores, genera 245 mil empleos permanentes y 600 millones de dólares en divisas; está vinculado con la geografía de la pobreza, la diversidad biológica y étnica del país, pues se localiza principalmente en el Sur-Sureste donde 99.9% del total de productores que poseen menos de 3ha, pertenece a alguna etnia indígena (88%) de los cuales 35% son mujeres y están al frente de las parcelas orgánicas. Todo lo anterior permite que la agricultura orgánica contribuya en los 3 grandes ámbitos (ambiental, económico y social) imprescindibles para la sustentabilidad.

Agricultura ecológica, indígenas, mercado orgánico, estadísticas orgánicas, sustentabilidad.

Abstract

This paper addresses the importance and benefits of organic farming for Mexico in the current context, where conventional agriculture has generated an increasingly negative impact, and that the context of climate change is needed to develop other options. An analysis of the results of the project "System for monitoring and reporting of organic agriculture in Mexico" is performed, since 1995 held the Interdisciplinary Research Centre for Integrated Rural Development (CIIDRI) of the Autonomous University of Chapingo (UACH). In turn, the results of some studies worldwide productivity and growth of organic agriculture and the progress of Mexican organic agriculture are explored. Among the conclusions we find that the organic sector in the country covering 512,000 ha, 169,000 producers, generated 245,000 permanent jobs and \$ 600 million in foreign currency; is linked to the geography of poverty, biological and ethnic diversity of the country, as is mainly located in the South-East where 99.9% of producers have less than 3 hectares, it belongs to an indigenous ethnic group (88%) of which 35% are women and are at the forefront of the organic plots. All this allows that organic agriculture contributes on 3 major areas (environmental, economic and social) essential for sustainability.

Organic farming, indigenous, organic market, organic statistics, sustainability.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: gomezlaura@yahoo.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

La agricultura orgánica, también denominada ecológica, biológica, entre otros calificativos es un sistema de producción que mantiene y mejora la salud de los suelos, los ecosistemas y las personas. Se basa fundamentalmente en los procesos ecológicos, la biodiversidad y los ciclos adaptados a las condiciones locales, sin usar insumos que tengan efectos adversos. La agricultura orgánica combina tradición, innovación y ciencia para favorecer el medio ambiente, promover relaciones justas y una buena calidad de vida para todos los que participan en ella (IFOAM, 2014).

El Reporte del Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP) titulado “Towards a green economy”; publicado en 2011, considera posible la erradicación de la pobreza, si se realiza un mejor manejo y conservación del capital natural. Informa que existen 525 millones de pequeños productores en el mundo, de éstos 404 millones poseen menos de 2 ha. El reporte afirma que sí estos productores cambian a prácticas sostenibles, ésta pueda ser la forma más viable de brindarles alimentos, reducir la pobreza, incrementar la fijación de carbono y acceder a mercados verdes (UNEP, 2011).

Para México, la agricultura orgánica es una opción viable dadas las bondades que ofrece al país, pues está vinculada con la geografía de la pobreza, principalmente con pequeños productores con una superficie menor de 3 ha, 22 grupos indígenas, y 35% de mujeres responsables de la producción, además de que está ligada a una forma de producción que protege y conserva a los recursos naturales.

En la presente investigación se abordan las bondades de la producción orgánica en el contexto mundial, posteriormente se reflejan las bondades de esta agricultura en el ámbito nacional y como tercer apartado se describe la importancia económica social de esta agricultura en el contexto actual.

Materiales y métodos

Se retomaron los resultados que los presentes autores hemos generado en el proyecto “Sistema de seguimiento e información de la agricultura orgánica de México”, y que desde 1995 en el cuerpo académico de investigación, producción, inspección, certificación, comercialización y consumo de productos orgánicos del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral (CIIDRI) de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), con la finalidad de disponer de una serie de datos estadísticos de la producción orgánica nacional, dado que no existen estadísticas oficiales nacionales. Con dichos datos y una revisión bibliográfica exhaustiva nacional e internacional se realiza un análisis socioeconómico que permite identificar la importancia que la agricultura orgánica tiene en el contexto mexicano y en el plano actual.

Resultados

Bondades de la producción orgánica en el Mundo

A nivel mundial la agricultura es responsable por el 13.0% de los gases de efecto invernadero, consume el 70% del agua dulce disponible, y anualmente se le atribuyen de 3-5 millones de envenenamientos por pesticidas, con un total de 40 mil muertes al año (UNEP, 2011). La Evaluación Internacional del Conocimiento, la Ciencia y Tecnología Agrícolas para el Desarrollo (IAASTD) realizada por 400 expertos internacionales con el consenso de 58 países (México no participó) en 2008 concluyó que, el énfasis en el aumento de los rendimientos y un mayor uso de energía fósil en la agricultura ha traído consecuencias negativas para el ambiente, cada año 2 mil millones de hectáreas y 1,600 millones de personas son afectadas por la degradación de suelos en el planeta; la agricultura es responsable del 60% de las emisiones de metano y 50% de óxido nitroso (gases de invernadero) y se tiene eutroficación como consecuencia del uso indiscriminado de fertilizantes nitrogenados en más de 140 zonas marinas, lo que ya no permite el crecimiento de vida acuática, por lo tanto se ha afectado substancialmente la actividad de la pesca. Adicionalmente, la agricultura es la causa más importante de pérdida de biodiversidad en el planeta. Ante estos hechos este grupo de expertos recomendó aprovechar el aspecto multifuncional de la agricultura, producir alimentos con sustentabilidad ambiental, social y económica; por lo que los retos actuales y futuros requieren de aplicaciones integradoras e innovadoras del conocimiento agrícola (formal, tradicional y comunitario) y de nuevos enfoques para el manejo de los recursos naturales (McIntyre, *et al* 2009). En contraposición a lo anterior, existen cada vez más evidencias de que la agricultura alternativa, con el uso de prácticas amigables con el ambiente no solamente logra producir alimentos sin afectar los recursos base (que en el futuro permitirán que se continúe la producción), sino que en distintos espacios, incluso ha demostrado mayor producción. Pretty, *et al*, (2006) analizaron 286 proyectos con prácticas ecológicas, encontraron que en un total de 12.6 millones de granjas en 57 países en desarrollo existió un incremento de 79% en los rendimientos. Badgley, *et al* (2007) compararon 293 investigaciones publicadas a nivel mundial sobre rendimientos de la agricultura orgánica contra los convencionales, encontraron que de acuerdo a los datos de producción de alimentos de FAO es posible producir suficientes alimentos para los habitantes del planeta (Cuadro 1). Los rendimientos en estos estudios de caso muestran que los cultivos orgánicos son 32% mayores en promedio a nivel mundial, e incluso en los países en desarrollo los rendimientos se incrementan hasta 80% por arriba de los convencionales (Cuadro 1).

Cuadro 1 Comparativo de índice de rendimientos de productos orgánicos y convencionales en países en desarrollo y desarrollados. 2007

Área	Mundo			Países desarrollados			Países en desarrollo		
	N	Promedio*	E	N	Promedio*	E.	N	Promedio*	E
Categoría de alimentos									
Cereales	171	1.312	0.06	69	0.928	0.02	102	1.573	0.09
Raíces amiláceas	25	1.686	0.27	14	0.891	0.04	11	2.697	0.46
Azúcares y edulcorantes	2	1.005	0.02	2	1.005	0.02			
Leguminosas	9	1.522	0.55	7	0.816	0.07	2	3.995	1.68
Oleaginosas	15	1.078	0.07	13	0.991	0.05	2	1.645	0.00
Hortalizas	37	1.064	0.10	31	0.876	0.03	6	2.038	0.44
Frutas, excluido. Vino	7	2.080	0.43	2	0.955	0.04	5	2.530	0.46
Todos los alimentos de origen vegetal	266	1.325	0.05	138	0.914	0.02	128	1.736	0.09
Carnes	8	0.988	0.03	8	0.988	0.03			
Excluido leche y mantequilla	18	1.434	0.24	13	0.949	0.04	5	2.694	0.57
Huevos	1	1.060		1	1.060				
Todos los alimentos de origen animal	27	1.288	0.16	22	0.968	0.02	5	2.694	0.57
Todos los alimentos de origen vegetal y animal	293	1.321	0.05	160	0.922	0.01	133	1.802	0.09

*Tasa promedio de rendimiento. 1: orgánico=convencional; <1: convencional mayor que orgánico; >1: orgánico mayor que convencional. E. Error estándar. N. Número de casos analizados.

Fuente: Badgley, *et al*, 2007.

Un estudio del Programa Ambiental de las Naciones Unidas analizó 114 proyectos orgánicos en 24 países del Este de África, reporta rendimientos que superaron a los convencionales en 128% (UNEP-UNCTAD, 2008).

A nivel mundial la agricultura orgánica cubre 37.5 millones de hectáreas de productos agrícolas y 31 millones de ha de productos no agrícolas (recolección, acuicultura, entre otras). Más de 1.9 millones de agricultores practican esta agricultura libre de agrotóxicos, ocupando México el tercer lugar por número de productores, después de India y Uganda (FiBL-IFOAM, 2014). Los países con mayor superficie son Australia con 12 millones de hectáreas, Argentina con 3.6 millones de ha y Estados Unidos con 2.2 millones de ha. Diez países han logrado reconvertir más del 10% de su superficie total a métodos orgánicos; destacan Islas Malvinas con 36.3%, Liechtenstein con 29.6% y Austria con 19.7% (FiBL-IFOAM, 2014). El mercado orgánico mundial para 2012 alcanzó los 64 mil millones de dólares; destacando los Estados Unidos con un mercado interno por 32 mil millones de dólares (el evitar productos con organismos modificados genéticamente es una de los motores más grandes para los consumidores en este país), le sigue el mercado Europeo con 29 mil millones de dólares (Alemania cubre casi la tercera parte de este consumo) y el resto de las regiones del Mundo en Oceanía, Asia y América Latina con 3 mil millones de dólares (FiBL-IFOAM, 2014).

Bondades de la agricultura orgánica en México

La agricultura orgánica mexicana es peculiar con respecto a la de otras naciones, está vinculada con pequeños productores (99.9% del total de productores) con menos de 3ha, en su mayoría organizados en estructuras constituidas jurídicamente (sociedades rurales de producción, cooperativas, unión de ejidos, sociedades de solidaridad social, entre otras). La mayor parte de la producción se ubica en la región del Sur del país, estrechamente ligada a la geografía de la pobreza, biodiversidad y presencia étnica. El 83% de los productores pertenece a alguna de las etnias, a saber: Tobilja, Zoque, Tzeltal, Tzotzil, Chol, Tojolobal, Maya, Chatina, Zapoteca, Mixteca, Mixe, Chontal, Chinanteca, Triqui, Nahuatl, Totonaca, Mexica, Mazateca, Cuicateca, Mazahua, Popoloca y Maya (ver Cuadro 2).

Cuadro 2 México. Número y grupos étnicos de productores agrícolas orgánicos indígenas, por entidad federativa seleccionada, 2007-2008 (número y %)

Estado	Productores	Productores Indígenas		Grupos étnicos
		Número	(%)	
Chiapas	67,756	63,582	93.82	Tobilja, Zoque, Tzeltal, Tzotzil, Chol, Tojolobal, Maya, Chatino
Oaxaca	36,219	33600	91.10	Zapoteco, Mixteco, Mixe, Chontal, Chatino, Chinanteco, Triqui, Mazateco, Cuicateco.
Tabasco	5,432	2173	40.00	Nahuatl
Veracruz	3,587	774	21.60	Nahuatl y Totonaca
Guerrero	1,747	646	37.00	Nahuatl y Mexica
Puebla	2,283	2208	96.70	Nahuatl y Totonaca
Otros	8,007	504	6.30	Mazahua, Popoloca y Maya
Total	125,031	103,487	82.77	

Fuente: Gómez Cruz, *et al*, 2010.

La incorporación de la mujer en los diferentes ámbitos de la economía mexicana ha aumentado considerablemente en los últimos años. La producción orgánica, no es la excepción, actualmente el 34.6% de los productores son mujeres, que además de ser responsables de las tareas del hogar están a cargo del manejo de la unidad de producción.

En café orgánico en la mayoría de las unidades de producción certificadas se identifica la presencia de personas de la tercera edad y mujeres campesinas e indígenas. Su participación no es marginal, dado que en un número importante de casos las mujeres han tomado el mando en el manejo de las parcelas orgánicas; esto es relevante en el medio rural donde las tradiciones, los patrones culturales y las relaciones de poder que se generan al interior de las familias y las comunidades, hacen que las mujeres se encuentren al margen de la toma de decisiones. En la actualidad son socias de organizaciones y tomadoras de decisiones en muchas de las organizaciones sociales de pequeños productores. Su participación es cada vez más relevante no sólo por el número, sino por el papel que desempeñan en sus organizaciones, muchas de ellas integran las mesas directivas.

La agricultura convencional presenta numerosos problemas ambientales, entre los que se pueden citar: (a) erosión y pérdida de la fertilidad del suelo; (b) agotamiento de las reservas de nutrientes; (c) contaminación de los mantos acuíferos (principalmente con nitratos); (d) contaminación de aguas superficiales con residuos de plaguicidas y fertilizantes; (e) eutroficación de los cuerpos de agua; (f) acidificación y salinización de los suelos; (g) mayor incidencia de plagas y enfermedades atribuible a que se utilizan cada vez más mayor cantidad de plaguicidas, y se elimina a los enemigos naturales de las plagas éstas adquieren mayor resistencia; (h) pérdida de la biodiversidad; (i) destrucción de la capa de ozono; y (j) contribución al calentamiento del planeta y al cambio climático (Altieri y Nicholls, 2006). La agricultura convencional es insostenible a largo plazo, no tiene el potencial para producir alimentos en el futuro, está erosionando las condiciones y recursos que la hacen posible (Gliessman, 2002).

En contraparte, la agricultura orgánica minimiza todas las formas de contaminación que puedan ser producidas por las prácticas agrícolas; fomenta e intensifica los ciclos biológicos y biogeoquímicos, dentro del sistema agrícola; protege y restaura los procesos ecosistémicos que garanticen la fertilidad natural del suelo, y la sostenibilidad y permanencia del mismo; mantiene e incrementa la fertilidad de los suelos, emplea en la medida de lo posible los recursos renovables en los sistemas agropecuarios; mantiene la diversidad genética de los agroecosistemas y su entorno, incluyendo la protección de los hábitats de plantas y animales silvestres (IFOAM, 2008).

La agricultura orgánica representa una forma amigable de producción en armonía con la naturaleza y con la conservación de los recursos naturales. Este elemento también ha permitido que la adopción a esta nueva forma de hacer agricultura sea más fácil por los productores indígenas mexicanos, quienes tienen como parte de su sistema de creencias (cosmovisión) la protección a la Madre Naturaleza o Madre Tierra.

La agricultura orgánica juega un papel relevante como una estrategia de adaptación y mitigación al cambio climático, debido a su menor uso de combustibles fósiles, mayor eficiencia en el manejo del agua, resiliencia hacia eventos climáticos extremos y por el bajo riesgo de pérdida total de los cultivos (IFOAM-IFOAM EU GROUP, 2009).

El Panel Intergubernamental en Cambio Climático (IPCC) estima que la agricultura tiene el potencial de mitigar de 5.5 a 6 gigatoneladas de CO₂/año, para el 2030; el 89% podría provenir del carbón secuestrado en los suelos a través de la materia orgánica (humus), aspecto que puede ser realizado a través de técnicas orgánicas y agroecológicas (De Schutter, 2010). Otros autores estiman que con la agricultura orgánica se puede fijar en el suelo de 200-2000 kg (dependiendo del tipo de prácticas usadas, tipos de suelo, etc) de carbono por hectárea más que en la agricultura convencional a través del uso de diferentes técnicas orgánicas (IFOAM-IFOAM EU GROUP, 2009).

Desde 2003 en un estudio que realizó el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola a productores orgánicos en América Latina, se documentaba que la agricultura orgánica se relaciona con la disminución de la pobreza, dado que esta agricultura les permite a los agricultores autoabastecerse de alimentos, además de que venden sus productos con un precio premium (FIDA, 2003). Es una alternativa que permite generar un mayor número de empleos. El sector orgánico en México genera 245 mil empleos directos.

Importancia económica y social de la agricultura orgánica en México

A diferencia de los otros sectores agropecuarios del país, el sector orgánico ha crecido en medio de la crisis agroalimentaria. La superficie orgánica, el número de productores, las divisas generadas y el número de empleos presentan un dinamismo anual promedio del 20% a partir de 1996 (Cuadro 3). La superficie orgánica nacional ha crecido 22% anual, en 1996 se contabilizaron 21,265 ha, en el 2000 se tenían 102,802ha, en el 2008 se alcanzó la cifra de 378,693ha y para 2012 se estimó una superficie de 512 mil ha. México ocupa a nivel mundial el tercer lugar por número de productores con más de 169 mil agricultores.

La agricultura orgánica constituye una actividad económica importante en la generación de empleo y divisas. Su adopción requiere en promedio 30% más de mano de obra por hectárea con respecto a la producción convencional, contribuyendo de esta forma, a la creación de alrededor de 245,000 empleos directos. México es líder mundial en la producción de café orgánico y sus características agroecológicas le dan ventaja comparativa también en la producción de hortalizas de invierno y frutas tropicales, cuyo mercado se ha orientado fundamentalmente al comercio internacional, creando una fuente importante de divisas.

Cuadro 3 Evolución de la agricultura orgánica en México, 1996-2012

Indicador	1996	1998	2000	2004/05	2007/08	2012	TCMA
Superficie (ha)	21,265	54,457	102,802	307,692	378,693	512,246	22.00
Número de productores	13,176	27,914	33,587	83,174	128,862	169,570	17.31
Empleos directos	13,785	32,270	60,918	150,914	172,293	245,000	19.70
Divisas (US\$1,000)	34,293	72,000	139,404	270,503	394,149	600,000	19.59

2012: estimación Fuente: Gómez Cruz, *et al.*, 2010 y estimación propia, 2012.

A nivel nacional para 2008 se ubicaban más de 650 unidades orgánicas de producción (considerando a las organizaciones de productores como una unidad de producción). La actividad dominante dentro de la producción orgánica se refiere a la producción agrícola orgánica, puesto que en ésta se concentra el 91.6% de las unidades y 97.2% de los productores (Cuadro 4 y 5).

Cuadro 4 México. Importancia económica de la producción orgánica por sector, 2012

	1996	1998	2000	2004-2005	2007-2008	2012
Agricultura	21,265		85,676	292,459	326,436	351,904
Recolección					46,208	56,000
Ganadería			17,126	15,233	6,049	15,000
Apicultura					37,477	89,342
Total	21,265	54,457	102,802	307,692	378,693	512,246

Fuente: Gómez Cruz, *et al.*, 2010 y estimación propia, 2012.

El crecimiento de la agricultura orgánica se concentra en los estados de Chiapas y Oaxaca, que son las entidades más pobres de país, con los Índices de Desarrollo Humano más bajos. Asimismo, México está dentro de las 12 naciones catalogadas como “megadiversas” del mundo, así, Chiapas, Oaxaca y Veracruz concentran alrededor de 70% de la biodiversidad del país.

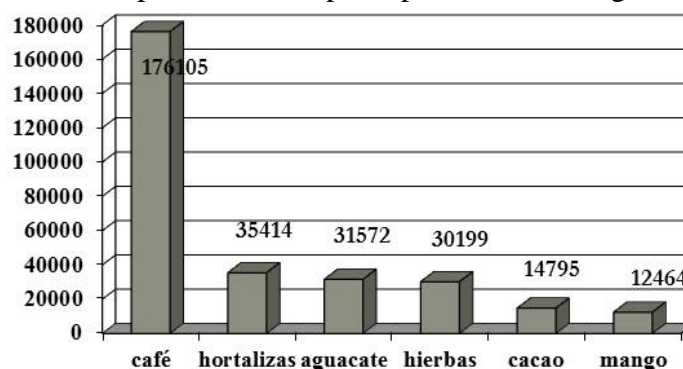
La distribución de la superficie orgánica por entidades es de 32% en Chiapas, 17% de Oaxaca, 13% en Michoacán, 8% en Querétaro, 4.6% en Tabasco, 4.9% en Guerrero, 4% en Veracruz, 3.7% en Sinaloa y el resto en las demás entidades.

Mientras en 1996 se cultivaban de manera orgánica alrededor de 30 cultivos o grupos de cultivos en asociación, para 2008 ese número se había incrementado a 67. Sin embargo, son 15 los cultivos que concentran el 97.3% de la superficie reportada con producción orgánica. Lo anterior implica, que aun cuando se presenta una tendencia hacia la diversificación de la producción orgánica como resultado de los esfuerzos de los productores por ampliar la oferta de productos (bambú, ajo, nim, cacahuete, chabacano y jiotilla, son cultivos que se incorporaron a la producción orgánica en los últimos tres años), continua sobresaliendo la concentración de la superficie destinada a la producción de café (46.5% de la superficie orgánica nacional). Otros cultivos de importancia son las hortalizas con 9.3%, el aguacate con el 8.3%, las hierbas con el 8%, el cacao con el 3.9% y el mango con el 3.3% de la superficie orgánica nacional (Figura 1).

La ganadería está aún en una fase incipiente, se tienen únicamente 47 unidades de producción en todo el país. Veracruz y Tabasco son los principales estados productores, principalmente con carne de res, mientras que en menor cantidad aparece la producción de leche y otros tipos de ganado (borregos, pollo, etc).

La apicultura ha mostrado un comportamiento más prometedor con 23 unidades de producción, en su mayoría organizaciones sociales de productores en Quintana Roo y Oaxaca, sumando más de 3,700 productores y más de 37 mil colmenas, con una producción de 1,326 toneladas, donde cerca del 60% se exporta principalmente al mercado europeo con un valor de 3.5 millones de dólares.

Figura 1 México. Superficie de los principales cultivos orgánicos, 2008 (ha)



Fuente: Gómez Cruz, *et al.*, 2010

Cuadro 5 México: Superficie de producción pecuaria orgánica por especie, 2004-2008 (hectáreas y %)

Especie	Superficie			
	2004/05		2007/08	
	Hectáreas	(%)	Hectáreas	(%)
Bovinos de carne	9,122.20	60.00	5,796.80	95.83
Bovinos de Carne y leche	771.60	5.10	128.00	2.12
Bovinos de leche	482.00	3.20	n.d.	n.d.
Ovinos	353.00	2.30	60.00	0.99
Otros			64.20	1.06
Total Nacional	10,728.80	100.00	6,049.00	100.00

Fuente: Gómez Cruz, *et al.*, 2010

A nivel de mercado se depende fundamentalmente de la exportación de la producción en al menos un 80% (Cuadro 6), mientras que el mercado interno está en proceso de crecimiento, pero sin planeación, por lo que la oferta es errática y se concentra en los estados productores, a tal grado de que hoy es posible encontrar importación de productos que son comercializados en tiendas especializadas y supermercados.

Cuadro 6 México: Destino de la producción orgánica exportada, 2007-2008

Producto	Países
Café	Alemania, Dinamarca, Francia, Holanda, Inglaterra, Italia, Suiza, Estados Unidos, Canadá, Japón y otros.
Aguacate	Canadá, Estados Unidos, Japón, Suiza y otros.
Frutas frescas	Alemania, Francia, Holanda, Inglaterra, Suiza, Estados Unidos, Canadá y Japón.
Frutas deshidratadas	Alemania, Holanda, Inglaterra, Suiza, Estados Unidos y Canadá.
Hortalizas	Alemania, Francia, Estados Unidos y Canadá.
Hierbas	Estados Unidos y Canadá.

Fuente: Gómez Cruz, *et al.*, 2010.

Cerca del 20% de la producción orgánica en el país se destina al mercado interno, el cual poco ha crecido y se ha expandido, sobre todo a partir de la última década del siglo XX. Las ventas de alimentos orgánicos se llevan a cabo a través de supermercados, mercados y tianguis locales orgánicos, tiendas especializadas (p.e. green corner con 5 establecimientos, aires del campo perteneciente al grupo Herdez), tiendas naturistas, cafeterías, restaurantes.

Uno de los actores más importantes en el movimiento orgánico local ha sido la Red Mexicana de Tianguis y Mercados Orgánicos (REDAC), que se creó con cuatro mercados (Chapingo, Oaxaca, Xalapa y Guadalajara) en el año 2004. La REDAC es un grupo de la sociedad civil, integrada por tianguis y mercados orgánicos locales y regionales de pequeños o medianos productores, consumidores y promotores que colaboran con otros actores en el ámbito nacional e internacional. Para 2013 la REDAC contaba con 28 mercados consolidados con más de 1000 productores; y más de 10 mercados en proceso de consolidación y creación (Cuadro7).

Cuadro 7 México: Tianguis y Mercados orgánicos consolidados de la REDAC, 2013

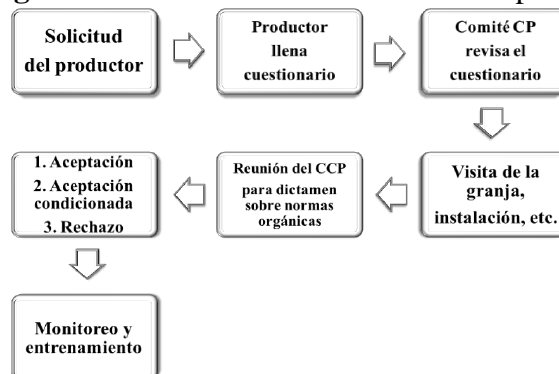
	Estado	Lugar	Nombre	Número de productores
1	Oaxaca	Ixtlán de Juárez	Tianguis Organico Yuu Vaan Sierra Juarez	80
2	Oaxaca	Oaxaca	Tianguis Ecologico La Estacion	12
3	Oaxaca	Oaxaca	Tianguis Alternativo Pochote Xochimilco	43
4	Oaxaca	Itayata	Tianguis Ambiental Itayata	28
5	Oaxaca	San Juan Tepanzacoalco, San Pedro Yaneri	Rincon Alto de Ixtlán	12
6	Oaxaca	Oaxaca	Tianguis Alternativo Lubizha	25
7	Oaxaca	San Sebastián Etla	Calidad Organioax SPR	15
8	Oaxaca	Oaxaca	El Pochote Productos Orgánicos	14
9	Oaxaca	Santa Rosa de Lima Tututepec	Ecocosta Yuti Cui	27
10	Estado de México	Chapingo	Tianguis Orgánico Chapingo	92
11	Estado de México	Metepec	Bosque de Agua	18
12	Baja California	San José del Cabo	Mercado Orgánico de San José del Cabo	170*
13	Jalisco	Guadalajara	Círculo de Producción y Consumo responsable	34
14	Veracruz	Coatepec	Mercado Bio-regional Coatl	48
15	Veracruz	Xalapa	Mercado Agroecológico Xalapa	36
16	Veracruz	Xico	Xicote Mercado Ecológico	15

17	Chiapas	San Cristóbal de las Casas	Red de Productores y Consumidores responsables – Comida Sanay Cercana	32
18	Chiapas	Tapachula	Tianguis de Productos Naturales y Orgánicos – El Huacalero	26
19	Tlaxcala	Tlaxcala	Mercado Alternativo de Tlaxcala	50
20	Tlaxcala	Apizaco	Mercado Alternativo de Tlaxcala - Apizaco	18
21	Morelos	Tepoztlán	Ameyalli Tlacualli	30
22	Moreloas	Yautepec	Tianguis Orgánico Cuexcomate	10
23	Morelos	Hueyapan	Tierra Madre	60
24	Puebla	Puebla	Tianguis Alternativo de Puebla	16
25	Guanajuato	San Miguel Allende	TOSMA (Tianguis Orgánico San Miguel Allende)	63
26	San Luis Potosí	San Luis Potosí	Mercado Mauilli Teotzin	20
27	Yucatán	Cancún		24
28	Quintana Roo	Playa del Carmen	La Miscelanea Orgánica	12
<i>Total</i>	1,030			

* (30 productores de alimentos). Fuente: Elaboración propia.

La verificación de la calidad orgánica de la producción se lleva a cabo a través de 2 mecanismos; la certificación de tercera parte o a través de agencias certificadoras (Certimex, IMO Control, OCIA, Mayacert, ICEA, Ceres, Naturland, Bioagricert, Oregon Tilth, Quality Assurance Internacional, BCS ÖKO, CCOF, Control Union Certifications, y FVO principalmente); y el otro mecanismo que logró insertarse en la Ley, es la certificación participativa, definida como un proceso colectivo entre productores, consumidores y otros actores, que garantiza la calidad orgánica y sana de productos locales, generados a pequeña escala, basados en relaciones de confianza y, que promueve los compromisos de salud, ecología, equidad y certidumbre ambiental (www.tianguisorganicos.org.mx). La certificación participativa incluye variados mecanismos de revisión, uno de los que se están utilizando es el representado en la figura 2.

Figura 2 Proceso de Certificación Participativa



En el marco institucional, la Ley de Productos Orgánicos fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 7 de febrero, 2006. Sin embargo no fue sino hasta el 29 de octubre de 2013 que se publicaron los Lineamientos para la Operación Orgánica de las Actividades Agropecuarias, los cuales establecen de forma particular los requisitos que los productores (para distintos tipos de productos agrícolas, ganaderos, de recolección, procesados y comercializados) deben de cumplir. A su vez se establece que a partir del 29 de octubre, 2014 todos los productos que se denominen orgánicos deben contar con certificación y portar el distintivo nacional. La certificación puede realizarse a través de una agencia acreditada (para septiembre, 2014 solo 3 agencias han sido aprobadas por SENASICA, siendo Certimex, Mayacert y Metrocert-ICEA) o bien a través de algún Comité de Certificación Participativa aprobado por SENASICA (aún no ha sido aprobado ninguno). En general se puede decir, que la regulación aún no está finalizada, lo que hace que los productores mantengan en uso las normas internacionales y se certifiquen de forma privada para continuar la comercialización de sus productos. Sumado a lo anterior, es necesario que el Estado retome los elementos de promoción y estímulo de las actividades planteadas en la Ley de Productos Orgánicos.

Conclusiones

La importancia de la agricultura orgánica radica en que retoma los tres ámbitos de la sustentabilidad; el ámbito ambiental, el económico y el social. El sector orgánico mexicano cubre 512,000 ha, 169 mil productores, genera 245 mil empleos permanentes y 600 millones de dólares en divisas; está vinculado con la geografía de la pobreza, la diversidad biológica y étnica del país, pues se localiza principalmente en el Sur-Sureste donde 99.9% del total de productores que poseen menos de 3ha, pertenece a alguna etnia indígena (88%) de los cuales 35% son mujeres y están al frente de las parcelas orgánicas. Su contribución ambiental radica en ser una de las pocas actividades que permite contribuir a la mitigación del cambio climático, al almacenar carbono en los suelos (materia orgánica), reducir el consumo de energía en las actividades agrícolas, cuidado del agua y del recurso suelo; además de ofrecer un espacio libre de agrotóxicos para productores y jornaleros, y brindar alimentos sanos para el autoconsumo y los consumidores nacionales e internacionales.

La agricultura orgánica, agroecológica, sustentable, entre otras opciones es de las pocas opciones que el grueso de los expertos han encontrado para contribuir en forma importante a la solución de los grandes problemas mundiales y nacionales como el cambio climático, el hambre, la pobreza, la seguridad alimentaria familiar, la migración, el desempleo, y el subdesarrollo. Por lo que en México se presenta una oportunidad para que el Estado catalice muchas de las bondades de esta agricultura y se apoye una forma de producción que aseguraría mejores condiciones de vida para los agricultores y la sociedad mexicana en general.

Referencias

Altieri Miguel y Clara I. Nicholls. 2006. Agroecología. Teoría y Práctica para una Agricultura Sustentable. Serie de Textos básicos para la formación integral. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. México, D.F. 250p.

Badgley C., Moghtader J., Quintero E., Zakem E., Chappell M., Avilés-Velazquez K., Samulon A., and I. Perfecto. 2007. *Organic agriculture and the global food supply*. In: *Renewable Agriculture and Food Systems*: 22(2); 86–108.

De Schutter, Oliver. 2010. Report submitted by the Special Rapporteur on the right to food. United Nations. Human Rights Council. USA. 21p.

FiBL-IFOAM. 2014. *The World of Organic Agriculture: Statistics & Emerging Trends 2014*. FiBL and IFOAM. Germany. 302p.

Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA). 2003. *La adopción de la agricultura orgánica por parte de los pequeños agricultores de Latinoamérica y el Caribe*. Informe No. 1337, Roma, Italia.

Gómez Cruz, Manuel Ángel, *et. al.*, 2010. *Agricultura, Apicultura y Ganadería Orgánica de México 2009. Estado Actual -Retos- Tendencias*. UACH - CIIDRI - CONACyT. México, D.F., 2010, 110p.

Gliessman, Stephen. 2002. *Agroecología: Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible*. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 359p.

IFOAM. 2014. *Definition of Organic Agriculture*. En: <http://www.ifoam.org/en/organic-landmarks/definition-organic-agriculture>, consultado el 29 de septiembre, 2014.

IFOAM-IFOAM EU GROUP. 2009. *High sequestration, low emission, food secure farming. Organic agriculture- a guide to climate change & Food Security*. Bonn, Germany. 23p.

McIntyre B., *et al.* 2009. *Agriculture at a crossroads. International assessment of agricultural knowledge, science and technology for development (IAASTD): synthesis report with executive summary: a synthesis of the global and sub-global IAASTD reports*. IAASTD, UNDP, FAO, UNEP, UNESCO, The World Bank, Global Environment facility. USA. 95p.

Organización de Naciones Unidas. 2008. *Mejores Prácticas para el Desarrollo de Políticas en Agricultura Orgánica, Recomendaciones para estimular el sector de la agricultura orgánica en países en desarrollo*; En: www.ifoam.org/growing.../2.../BEST_PRACTICES-POLICY_OA_esp.pdf

Pretty, J. *et. al.*, *Resource conserving agriculture Increases Yields in Developing Countries*. *Environmental Science and Technology*, 40 (2006), p. 1114.

UNEP, 2011. *Towards a green economy. Pathways to sustainable development and poverty eradication. A synthesis for policy makers*. En: <http://www.unep.org/greeneconomy>.

UNEP-UNCTAD, 2008. *Organic agriculture and Food security in Africa*. United Nations. Geneva and New York. En: http://www.unctad.org/en/docs/dicted200715_en.pdf

Canales y márgenes de comercialización del haba (*Vicia Faba L.*) En México

BARRIOS-PUENTE, Gerónimo*†, PÉREZ-SOTO, Francisco y GODÍNEZ-MONTOYA, Lucila

Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, División en Ciencias Económico-Administrativas (DICEA), México.

Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario UAEM Texcoco. Av. Jardín Zumpango S/N Fracc. El Tejocote, Texcoco, Estado de México.

Resumen

En este trabajo se aborda uno de los temas que atrae más la atención cuando se hace referencia al desarrollo del sector agropecuario. En este sector, mucho más que en otros, los márgenes de comercialización y por tanto los canales a través de los cuales circulan los productos agropecuarios son motivo de una particular preocupación. En ello radica la trascendencia de cuantificarlos e identificar los factores que inciden en ellos. Con tal propósito a partir de la revisión bibliográfica se encontró que la metodología para calcular los márgenes de comercialización incluye dos versiones: la absoluta y la relativa, las cuales son fundamentadas a partir de estudios empíricos, reforzados a partir de las estadísticas nacionales e internacionales. De la misma manera, el cálculo de dichos márgenes de precios, contabilizados desde las principales zonas de producción y hacia las más importantes zonas de consumo es un mecanismo que ilustra la manera en que se forman los precios finales de los productos de origen agropecuario. Dicho mecanismo es complementado con el análisis de la estructura ideal de distribución del haba, definiendo como oferente a una región que produce más haba de la que consume y como demandante la que actúa a la inversa. Se encontró que existen 29 rutas que optimizan las acciones de distribución geográfica del haba en México y que, en particular, tomando como origen el área de Ciudad Serdán, Puebla y como destino a la Ciudad de México, alrededor del 54.0% del precio al consumidor constituye el pago a los productores de haba con cáscara mientras que el restante 46.0%, es captado por las diversas etapas del proceso de comercialización; siendo que aproximadamente el 22.0% del precio al consumidor debe ser administrado por el mayorista de origen para financiar las maniobras de acopio, transformación, almacenamiento y transportación principalmente, de las cuales la más cara es el descascarado de la semilla. De todo lo anterior resultan, al menos, tres conclusiones: es necesaria una política agroindustrial que promueva tanto el mejoramiento de los procesos de producción como los de industrialización y aprovechamiento del haba; es fundamental motivar la organización de los productores de haba para que ellos puedan captar una mayor proporción de los altos márgenes de precios que los consumidores están dispuestos a pagar, e impulsar la puesta en marcha del prototipo de máquina descascaradora de haba, elaborado en la Universidad Autónoma Chapingo como una forma de incrementar las ganancias de los industrializadores del haba y al mismo tiempo, aunque con cierto desfase, reducir el precio al detalle para beneficio de la población consumidora.

Márgenes de precios, circuitos de comercialización, leguminosas, desarrollo rural, organización de productores.

Abstract

This paper addresses a topic that attracts more attention when referring to agricultural development is done. In this sector, more than others, marketing margins and therefore the channels through which circulate agricultural products are of particular concern. Therein lies the significance to quantify and identify the factors that influence them. For this purpose from the literature review it found that the methodology for calculating margins of marketing includes two versions: the absolute and relative, which are substantiated from empirical studies, reinforced from national and international statistics. Similarly, the calculation of such margins prices, posted from the main production areas and to the most important areas of consumption is a mechanism that illustrates how the final prices of products of agricultural origin are formed. This mechanism is complemented with an analysis of the ideal distribution structure had, defining as a supplier to a region that produces more than it consumes bean and which acts as a plaintiff in reverse. It was found that there are 29 routes that optimize actions geographic distribution of the bean in Mexico and, in particular, on the origin area of Ciudad Serdan, Puebla and destined to Mexico City, about 54.0% of the consumer price is the payment for producers bean shell while the remaining 46.0% is taken up by the various stages of marketing; being approximately 22.0% of the consumer price must be administered by the wholesale source for financing maneuvers collection, processing, storage and transportation primarily, of which the most expensive is the shelling of the seed. From the above result, at least three conclusions: an agro-industrial policy that promotes both the improvement of production processes as industrialization and use of bean is necessary; it is essential to encourage the organization of bean producers for them to capture a greater share of high-margin price that consumers are willing to pay, and promote the implementation of the prototype bean sheller machine, developed at the University Chapingo as a way to increase the profits of industrialists bean and at the same time, albeit with some lag, lower retail price for the benefit of the consumer population.

Price margins, marketing channels, legumes, rural development, producer organization.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: perezsotof@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

La promoción del desarrollo agropecuario pretende contribuir a mejorar las condiciones de vida de los productores del campo. Para ello es indispensable que los habitantes rurales cuenten con mejoras tecnológicas a su alcance y que tengan la posibilidad de realizar su producción para lo cual se requiere que además exista una red eficiente de comunicaciones y transporte y, que exista libertad para ingresar sus productos a los mercados en condiciones justas. Los precios de venta de sus producciones dependerán sobre manera de las condiciones enunciadas anteriormente y de su poder remunerativo dependerá el nivel de vida que puedan alcanzar. En esto último son cruciales los niveles que alcancen los márgenes de precios.

Por ello el tema que aborda este trabajo es una de las cuestiones que atrae más la atención cuando se hace referencia al desarrollo del sector agropecuario. En este sector, mucho más que en otros, los márgenes de comercialización y por tanto los canales a través de los cuales circulan los productos agropecuarios son motivo de una particular preocupación. Frecuentemente se señala que existe una intermediación excesiva e inflexible que impone márgenes de comercialización que expolia a los productores rurales arrancándoles prácticamente sus productos de las manos, pagándoles lo que se les antoja a cambio de ellos, remunerando su trabajo a destiempo cuando no se les escamotea y tildando a los intermediarios de timadores, despilfarradores, incumplidos y volátiles. No se puede negar que algunos comerciantes se encuentren en una situación tal como la descrita pero la intermediación significa la provisión de servicios comerciales indispensables sin los cuales los productos no llegarían desde la parcela hasta la mesa del consumidor en las condiciones y el momento requeridos, y para llevar a cabo esas funciones y agregar las utilidades que los consumidores desean, se requiere del funcionamiento eficiente y oportuno de todo un equipo de trabajo que hace posible que podamos vivir desarrollando nuestras actividades cotidianas sin preocuparnos de la probabilidad de que al día siguiente haya, o no, suficientes satisfactores para todos.

En las funciones que cumple el sistema de comercialización y en lo controvertidos que son los márgenes de comercialización radica la trascendencia de cuantificarlos e identificar los factores que inciden en ellos.

Al respecto conviene destacar que este año ha ocurrido algo inusual en el mercado del haba en México. Los precios han aumentado en más de un 100.0% en menos de seis meses y las expectativas para el próximo año indican que la tendencia podría agudizarse. Como cada año durante el periodo de la Cuaresma el precio del haba y otras leguminosas aumentó notablemente, pero a diferencia de otros años, pasada la Cuaresma su nivel se mantuvo en lugar de disminuir. Bajo estas circunstancias conviene analizar el proceso de comercialización del haba para intentar entender las causas de este comportamiento.

Específicamente, es necesario saber que está ocurriendo en las áreas de producción y por medio de qué canales y bajo qué márgenes de precios, este producto, se está haciendo llegar a los consumidores.

Aunque en general, como ha sido reportado por Romualdo (1988), los precios son el resultado de la interacción de la oferta y la demanda, esta última, en el caso del haba, es relativamente estable a excepción del periodo de la Cuaresma y particularmente el de la Semana Santa, de cada año, tiempos durante los cuales adquiere un estatus especial al sustituir, al mismo tiempo que otras leguminosas, a la carne roja como fuente de proteína en la alimentación humana. Sin embargo, su consumo es más estable que el frijol. Este último, prácticamente es de consumo diario al mismo tiempo que el haba muestra una mayor frecuencia con la que se encuentra en la mesa de los consumidores y con la cual se ofrece en los restaurantes y que junto con la lenteja, el garbanzo y el chícharo constituyen la base de platillos típicos de cuaresma.

Por estas características de los mercados de las leguminosas, es muy probable que las recientes alzas en los precios, especialmente, del haba estén más relacionadas con las condiciones de oferta (cuyos componentes principales son la producción, las existencias almacenadas y más recientemente las importaciones) que con las condiciones de demanda. Por ello es precisamente en los cambios en esas variables en donde hay que buscar los elementos que han modificado los márgenes y los circuitos de comercialización los cuales han causado ese cambio tan impactante en los precios al consumidor.

Así como, según Samaniego (1983), el haba se cultiva en muchas partes del mundo incluyendo Centro y Sudamérica, en México su dispersión geográfica también es amplia. Las principales áreas de producción se localizan en los estados de Puebla, Tlaxcala, México, las zonas templadas de Veracruz e Hidalgo, los cuales en conjunto producen más del 90.0% del total nacional. Otras entidades federativas importantes son: Michoacán, Morelos (región templada), Guanajuato y Zacatecas entre otros. Todos esos estados pertenecen a las regiones de valles altos y principalmente de la Mesa Central (Ver Mejía y Tinoco, 1993).

Por otra parte, en 2010 la producción nacional fue de 20 485 ton con un valor de 215.53 millones de pesos, cifras que comparadas con las de 1978 muestran una drástica caída aparente pues en ese año la producción nacional fue de 46 907 ton con un valor de 166.42 millones de pesos. Esa caída en la producción ha sido contrarrestada por el incremento en los rendimientos pero aun así es muestra de la debilidad del sector agropecuario nacional. Las experiencias del pasado muestran que cuando el sistema está trabajando en sus límites, cualquier factor exógeno puede ser el detonante de una crisis.

Además, de acuerdo con Mejía y Tinoco (1993), el haba generalmente es cultivada por pequeños agricultores, asociada con maíz y en menor escala como monocultivo, lo cual dificulta a los agricultores la aplicación de plaguicidas de síntesis química y otras tecnologías de mayor productividad individual. Por ello el rendimiento promedio es de 0.977 ton por ha, muy por debajo de su rendimiento potencial. Otros de los factores limitantes de la producción es que prácticamente es un cultivo de secano, con baja e irregular precipitación pluvial, sin uso de fertilizantes adicionales ni control de malas hierbas, uso de variedades criollas, cuya adaptación es de origen local, muy susceptibles al ataque de enfermedades fungosas y virales. Este problema se agudiza debido al escaso control de las plagas que afectan al cultivo.

Dos década atrás no se presentaron déficit notables en la demanda nacional, debido al bajo consumo per cápita al año, lo cual es indicativo de que se está desaprovechando una excelente fuente de proteína vegetal, sin embargo tampoco se tuvieron grandes excedentes para la exportación hacia países que tienen un consumo elevado. En cambio, en los últimos 15 años las importaciones superaron por mucho a las exportaciones de esta semilla, especialmente en 2010 y 2011, años en los cuales las importaciones fueron de mayor consideración que en años previos.

Es necesario dejar constancia que la importancia del cultivo del haba, se debe a que es un alimento de un alto contenido proteínico además de que contiene otros nutrientes importantes en la alimentación humana y animal por lo cual su cultivo se haya extendido en muchas partes del globo terráqueo (Samaniego, 1983).

En efecto, ASERCA (2001) informa que el haba tiene una composición nutricional balanceada que supera por mucho a la del arroz, la harina de trigo y el maíz amarillo. El contenido nutricional del haba es mostrado en el Cuadro 1.

Cuadro 1 Valor nutricional del Haba (*Vicia faba* L.)

Gramos				Miligramos			
Proteína	Grasa	Carbohidratos	Calorías	Calcio	Fósforo	Hierro	Vitamina B1
28.2	0.8	49	316	71	340	7	0.39

Fuente: ASERCA. 2001. Revista Claridades Agropecuarias, N° 93. México.

Adicionalmente Romualdo (1988) reportó proporciones considerables de Vitaminas A, B2 y C, y de otros minerales: Potasio, Magnesio, Azufre, Sodio, Cloro, Cobre y Manganese así como Cinc y Yodo en menor medida.

Los objetivos son: el haba es una semilla que se obtiene mediante el cultivo de una planta herbácea del mismo nombre, la cual puede contribuir enormemente a la disminución de los índices de desnutrición en México a la vez que su labranza es una fuente potencial de ingresos suficientes para paliar la estrechez económica en que viven los productores agrícolas de clima templado pues con un manejo apropiado puede llegar a triplicar los rendimientos actuales. Por la trascendencia que tiene el hecho de conocer el proceso de formación de los precios de los productos agropecuarios y en especial la manera en que la transferencia de la propiedad de un intermediario a otro va incrementando el precio del haba debido a las utilidades que dichos comercializadores le agregan, es necesario cuantificar los canales y márgenes de comercialización del haba e identificar los factores que inciden en su incremento. Los precios de los bienes, y en especial los precios relativos, son los indicadores más eficientes para asignar recursos a las actividades productivas y en este proceso los cambios en los márgenes de comercialización, resultado de las modificaciones que sufren los canales de comercialización conducen con frecuencia a la modificación de los precios relativos antes mencionados. De manera tal que los márgenes de comercialización inciden directamente en los patrones regionales y nacionales de consumo y producción.

Materiales y métodos

Con el propósito de calcular los márgenes y canales de comercialización, a partir de la revisión bibliográfica, en especial Romualdo (1988), se encontró que la metodología para calcular los márgenes de comercialización incluye dos versiones: la absoluta y la relativa, las cuales son fundamentadas a partir de estudios empíricos, reforzados a partir de las estadísticas nacionales e internacionales. De la misma manera, el cálculo de dichos márgenes de precios, contabilizados desde las principales zonas de producción y hacia las más importantes zonas de consumo es un mecanismo que ilustra la manera en que se forman los precios finales de los productos de origen agropecuario. Dicho mecanismo es complementado con el análisis de la estructura ideal de distribución del haba, definiendo como oferente a una región que produce más haba de la que consume y como demandante la que actúa a la inversa. La información de campo permite esclarecer cómo están conformados los circuitos de comercialización y cómo en cada fase se agrega al producto nuevas utilidades para el consumidor, razón preponderante para el establecimiento de un precio a un nivel más alto en cada ocasión. Pero a lo establecido para años previos es necesario incorporarle la información que resulta de la consideración del mercado exterior, en específico de las importaciones que en los años 2010 y 2011 toman un papel preponderante en la conformación de los márgenes de comercialización del haba en México. Un aspecto que tampoco ha sido considerado con anterioridad es la relación entre la producción de haba verde y de haba seca, relación que influye claramente en la evolución de los márgenes de comercialización del haba a través de los años.

Resultados

Inicialmente, Toledo (1991) encontró que existen 23 rutas que optimizan las acciones de distribución geográfica del haba en México. Posteriormente, Sánchez (2002) realizó una actualización de dicho estudio y determinó que el número de rutas óptimas es de 29 las cuales parten de tres centros oferentes netos: Puebla, Tlaxcala y Estado de México. Por otra parte, según los datos de campo, tomando como origen el área de Ciudad Serdán, Puebla y como destino a la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey, alrededor del 54.0% del precio al consumidor constituye el pago a los productores de haba con cáscara mientras que el restante 46.0%, es captado por las diversas etapas del proceso de comercialización; siendo que aproximadamente el 22.0% del precio al consumidor debe ser administrado por el mayorista de origen para financiar las maniobras de acopio, transformación, almacenamiento y transportación, fundamentalmente, de las cuales la más cara es el descascarado de la semilla.

Teniendo en cuenta que para obtener 1 Kg de haba pelada se necesita la cantidad equivalente de 1.212 Kg de haba con cáscara y tomando como referencia al precio al productor de haba con cáscara registrado en la región donde se encuentra enclavada Ciudad Sedán, Puebla; el cual fue de \$23.00/Kg, resulta que el precio total de la cantidad equivalente de haba con cáscara es de \$27.00. Al sustraer esta cantidad del precio del haba pelada pagado por el consumidor (\$50.00) se obtuvo un margen bruto absoluto total de \$23.00, el cual se compone de \$10.00 de costos totales de comercialización y un margen neto absoluto total de \$13.00.

El margen bruto absoluto total se compone del margen bruto recibido por el mayorista de origen más el correspondiente al mayorista de destino más el margen obtenido por el detallista, esto es $\$11.00+\$6.00+\$6.00=\23.00 . El precio que recibe el mayorista de origen fue investigado en Ciudad Serdán, Puebla; el precio que cobra el mayorista de destino fue indagado en la central de abasto de la Ciudad de México (Delegación Iztapalapa), y el percibido por el detallista se consultó en el área de Texcoco, México. De igual manera los costos totales de los intermediarios se dilucidaron en cada lugar de compra-venta siendo de $\$8.20+\$0.80+\$1.00=\10.00 para cada intermediario y el total de la cadena; los cuales al ser restados de los márgenes brutos absolutos respectivos arrojan los márgenes netos absolutos para cada agente comercializador que son $\$2.80+\$5.20+\$5.00=\13.00 .

Si en referencia a las magnitudes absolutas, tanto a los márgenes brutos como a los márgenes netos se les divide entre el precio al consumidor final ($\$50.00$), entonces tenemos los márgenes relativos: Los márgenes brutos relativos serán por tanto: $46.0\% = 22.0\%+12.0\%+12.0\%$ mientras que los márgenes netos relativos sumarán $5.6\%+10.4\%+10.0\% = 26.0\%$. La diferencia entre ellos corresponde a los porcentajes de los costos de comercialización respectivos: $16.4\%+1.6\%+2.0\%=20.0\%$.

	Productor	Mayorista de origen	Mayorista de destino	Detallista	Final= total
Precio de compra		27.00	38.00	44.00	50.00
Precio de venta	27.00	38.00	44.00	50	
Márgen absoluto		11.00	6.00	6.00	23
Márgen relativo		22.0%	12.0%	12.0%	46.0%
		Mayorista de origen	Mayorista de destino	Detallista	Final= total
Márgenes absolutos por kg					
Margen bruto		\$11.00	\$6.00	\$6.00	\$23.00
Costo de comercialización		\$8.20	\$0.80	\$1.00	\$10.00
Margen neto		\$2.80	\$5.20	\$5.00	\$13.00
Márgenes relativos					
Margen bruto		22.0%	12.0%	12.0%	46.0%
Costo de comercia-lización		16.4%	1.6%	2.0%	20.0%
Margen neto		5.6%	10.4%	10.0%	26.0%

Con Cáscara
 Canales
 Seca/Verde
 Importaciones

Conclusiones

De todo lo analizado resalta lo siguiente:

Es necesaria una política agroindustrial que promueva tanto el mejoramiento de los procesos de producción como los de industrialización y de aprovechamiento del haba. Es fundamental motivar la organización de los productores de haba para que ellos puedan captar una mayor proporción de los altos márgenes de precios que los consumidores están dispuestos a pagar.

Impulsar la puesta en marcha del prototipo de máquina descascaradora de haba elaborado en la Universidad Autónoma Chapingo como una forma de incrementar las ganancias de los industrializadores del haba y al mismo tiempo, aunque con cierto desfase, reducir el precio al detalle para beneficio de la población consumidora.

Referencias

ASERCA (Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria). (2001). "El haba y su carácter multifuncional en la agricultura" en *Revista Claridades Agropecuarias N° 93*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México.

Mejía Mejía, Indalecio y Roberto Miguel Tinoco Sánchez. (1993). Evaluación Financiera y Análisis de Sensibilidad del Cultivo de Haba Verde (*Vicia faba* L.) para el Ciclo Otoño-Invierno (1992-1993) en San Mateo Amanalco, Estado de México. Tesis de Ingeniero Agrónomo Especialista en Economía Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Romualdo Alducin, José Ángel. (1988). Costos de Producción y Comercialización de Haba (*Vicia faba* L.), en el Municipio de Ciudad Serdán, Puebla. Tesis de Ingeniero Agrónomo Especialista en Economía Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Samaniego Fernández, Samuel. (1983). Epidemiología de la Roya del Haba, *Uromyces fabae* (Pers.) De Bary, en Chapingo, México. Tesis de Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Sánchez Sarmiento, María Magdalena. (2002). Modelo de Transporte Aplicando la Técnica de Programación Lineal para Minimizar el Costo de transporte de Haba (*Vicia faba* L.). Tesis de Ingeniero Agrónomo Especialista en Economía Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Toledo Ramos, Carlos Martín. (1991). Modelo Óptimo de Transporte de Haba (*Vicia faba* L.) en la República Mexicana. Tesis de Ingeniero Agrónomo Especialista en Economía Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México

Ciencias sociales y humanidades

La naturaleza no ontológica. El significado en Marx y la escuela de Frankfurt

CASTELLANOS-SUÁREZ, José Alfredo*†

Universidad Autónoma Chapingo (México). Coordinador del Centro de Investigación, CIISCINASYC.

Resumen

Alfred Schmidt fue alumno de Max Horkheimer (fundador de la llamada Escuela de Frankfurt) y participa en la segunda etapa de la corriente crítica; después ocupa la cátedra de Horkheimer, que mantuvo hasta que murió en agosto de 2012 a la edad de 81 años. En 1971 se publicó su tesis doctoral disertando acerca de El concepto de naturaleza en Marx.

En este artículo se critica el primer capítulo de su obra. Destaca el carácter no ontológico de la naturaleza, que brinda el soporte básico de la obra de Marx para fundamentar el materialismo filosófico e histórico. Esto implica el rumbo de la teoría crítica y su fundamento de la filosofía de la naturaleza y la física. No es una glosa a la obra de Schmidt, sino una crítica a los sustentos de la teoría crítica y la vigencia de la ontología marxista basada en el trabajo.

Un aspecto básico consiste en establecer que la historicidad del sujeto no puede suplantar el carácter ontológico del trabajo. De esta manera resulta contradictorio con el marxismo el carácter constructivo del sujeto –conforme a los postulados de la corriente crítica-, conocido a través de la hermenéutica, que nos ofrece el conocimiento de la subjetividad, con lo cual se subsume y esconde el papel del trabajo, en su capacidad transformadora de la realidad, debido a su praxis

Naturaleza, óntico, praxis.

Abstract

Alfred Schmidt was a student of Max Horkheimer (founder of the so-called Frankfurt School) and participate in the second stage of the critical current; after occupying the chair of Horkheimer, who remained until he died in August 2012 at the age of 81 years. In 1971 his dissertation was published lecturing about the concept of nature in Marx.

In this article the first chapter of his work is criticized. It highlights not ontological character of nature, which provides the basic support of Marx's work to support the philosophical and historical materialism. This means the direction of critical theory and foundation of the philosophy of nature and physics. It is not a commentary on the work of Schmidt, but a criticism of the livelihoods of critical theory and the validity of Marxist ontology-based work.

A key aspect is to establish the historicity of the subject can not supplant the ontological nature of the work. Thus it is contradictory to Marxism the constructive nature of the subject –according to the postulates of the current critically, known through hermeneutics, which offers us the knowledge of subjectivity, which it subsumes and hides the role of work, their ability to transform reality, due to its praxis

Nature, ontic, praxis

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: josealfredocs@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

Alfred Schmidt fue alumno de Max Horkheimer (nada menos que miembro fundador de la llamada Escuela de Frankfurt), integrante de la denominada segunda etapa de la corriente crítica; a la postre se quedaría con la cátedra de Horkheimer, la que mantuvo hasta su muerte acaecida en agosto de 2012 a la edad de 81 años. En 1971 se publicó su tesis doctoral disertando acerca de *El concepto de naturaleza en Marx*, que se tornó en su obra más importante.

En este artículo se analiza el primer capítulo de su obra, en el que destaca el carácter no ontológico de la naturaleza, que brinda el soporte básico de la obra marxiana para fundamentar el materialismo filosófico. Las derivaciones de tal énfasis se implican con el rumbo asumido por la teoría crítica y las fundamentaciones de la filosofía de la naturaleza y la física. No se trata de glosar la obra de Schmidt sino establecer las *implicaciones con la teoría crítica y la vigencia de la ontología marxista basada en el papel del trabajo humano*.

Un aspecto básico e importante de dicha implicación radica en que la *historicidad del sujeto no puede suplantar el carácter ontológico del trabajo* (el sujeto hegeliano que caracteriza a la corriente crítica). De esta manera es inadecuado el carácter constructivo del sujeto –conforme a los postulados de la corriente crítica–, conocido a través de la hermenéutica, que nos ofrece el conocimiento de la subjetividad, con lo cual queda soterrado el papel de trabajo, en su capacidad transformadora de la realidad, debido a su praxis.

Materialismo filosófico y carácter no ontológico de la naturaleza

A. Circunstancias sociales y Relaciones Sociales

Alfred Schmidt considera necesario conocer la evolución teórica de Marx para entender o aclarar su consideración respecto al concepto de modo de producción (Schmidt, 2011, 16)¹, lo cual implica la reproducción de la vida humana que es la clave del trayecto histórico de la sociedad, de manera que sienta el principio del materialismo filosófico, que es la preocupación central del primer capítulo de su disertación doctoral.² Por ello es que tiene que dilucidar el papel central de lo social frente a la naturaleza y su posibilidad de primacía ontológica o no.

Schmidt recurre a varias obras de Marx para hallar el concepto de naturaleza, establecido y situado a través de décadas de reflexión y propuestas, que por su sincronía se fue nutriendo en un proceso de consolidación y precisión. Las principales obras de referencia son:

La tesis doctoral titulada *Diferencia de la filosofía de la naturaleza en Demócrito y Epicuro (1841)*, *Sobre la Cuestión Judía (1843)*, *Crítica de la filosofía del Derecho de Hegel (1843)*, artículos de los *Anales franco-alemanes (1843)*, *Manuscritos económicos y filosóficos (1844)*, *La ideología alemana y la Sagrada Familia (1845)*, *Tesis sobre Feuerbach (1845)*, *Miseria de la Filosofía (1847)*, *Grundrisse (1857)*, *Prefacio de Contribución a la Crítica de la economía política (1859)*, *El Capital (1867)*, así como una serie de correspondencias; además de las obras de otros autores, principalmente las de Engels, como el *AntiDühring o La revolución de la ciencia de E. Dühring*, *Ludwig Feuerbach y el fin de la filosofía clásica alemana* y *Dialéctica de la Naturaleza*; lo mismo que la obra de Feuerbach.

En la *Sagrada Familia* Marx realiza una fuerte crítica a los iluministas y a los socialistas franceses (estos últimos calificados como utópicos), por no tener un soporte de la trayectoria social a base de la reproducción -productiva- humana. Esta situación es la base lógica del comunismo y le confiere sustento real al humanismo que fue desarrollado desde el siglo XVI. Helvecio, seguidor del iluminismo y enciclopedista francés del siglo XVIII, fue el primero que al desarrollar los postulados de John Locke, acerca del intelecto humano, deriva que las ideas tienen su origen en las sensaciones, por lo que son expresiones sensibles, constituyendo la base para la ética y la política.³

Bajo tales influencias, para Marx el hombre construye el conocimiento (que es una sensación) a partir de los sentidos y de la experiencia que en ellos se realiza, bajo un ordenamiento de lo empírico experimentado que es lo humano, por ello lo humano es configurado por las circunstancias que son de índole social, las relaciones sociales en el ambiente de relación con los humanos, entonces el hombre desarrolla su verdadera naturaleza en la sociedad (no en la individualidad). La potencia de su naturaleza –enfatisa Schmidt- se mide en el poder de la sociedad no en el individuo. Es entonces que el autor comentado le interesa establecer el grado de influencia y de omisión de la obra de Ludwig Feuerbach.⁴

B. En búsqueda de los planteamientos, influencias y omisiones de la obra de Feuerbach

Las incipientes formulaciones del materialismo histórico aparecen bajo la influencia de Feuerbach. No obstante, Marx lanza fuertes críticas a la izquierda hegeliana y a Feuerbach, ya que se omite la crítica a la conducta teórica y práctica del hombre respecto de la naturaleza, la ciencia natural y a la industria, pues esto implica que se separa la historia de la naturaleza y de la industria, cuando la historia nace de la más terrenal producción material (no sólo de la sensibilidad humana, el hombre no es sólo lo que come sino lo que produce), de modo que se establezcan nexos entre cultura y producción material (Schmidt, 2011, 17). Marx y Engels reprochan a Feuerbach que “su concepción de religión como alienación de la esencia humana, sustentaba la existencia invariable y ahistórica de dicha *esencia humana*”⁵, aunque en él se reconoce que ha originado una verdadera revolución teórica.

En tal circunstancia Schmidt comenta que la base natural-antropológica de Feuerbach es de mucha mayor significación que la otorgada por Marx, no tanto en el aspecto del ateísmo sino lo referente al phatos –empatía- de lo natural y el hombre. Este aspecto está muy forzado en Schmidt pues la consideración corresponde al phatos hombre-naturaleza en la capacidad moral que proviene de ser la esencia misma del ser, del ser humano que se expresa en las relaciones sociales (sin explicar cómo y por qué). Entonces Schmidt incurre en una reificación de lo social por sí (en abstracto), muy vinculado a la corriente crítica, en uno de sus puntos nodales de sustento. Máxime cuando Schmidt ha destacado que Feuerbach critica a Hegel en el punto nodal de su sistema, en lo que concierne al concepto de naturaleza, que es brindada a la idea. Entonces destaca la aportación de Feuerbach, que Marx en un principio soslaya y luego retoma y destaca (Schmidt, 2011, 18). Schmidt explica que la filosofía de la naturaleza –hegeliana- es la ciencia de la idea, la naturaleza del concepto y la manera como llega a alcanzar su conceptualidad. Ya producida como idea suprime la determinación natural y pasa al espíritu como su más elevada verdad, ya privada de materialidad. De este modo la naturaleza es el momento de la alienación que va de la idea (abstracta universal), del pensamiento, al ser sensible material, al llegar al concepto consigue la libertad absoluta (el ser otro, espíritu absoluto), entonces se priva de la materialidad (Schmidt, 2011, 19).

La revolución feuerbachiana radica en que propone empezar por el sensualismo, en el ser que hay en lo humano, en el ser social distinto del pensamiento. Entonces Schmidt coincide que todas las ciencias se fundan en la naturaleza, pues todo se mantiene en hipótesis hasta que no se halla la base natural. Esa es la idea rectora de la obra cumbre de Marx *El Capital*, la naturaleza es la que da cabida a la razón que se funda en sí misma (Schmidt, 2011, 20).

Schmidt de nuevo emplaza a Feuerbach para arribar al punto de la subjetividad. Lo retoma en el pensar, el espíritu, es una cualidad humana, a la par de otras cualidades naturales. Este aspecto era importante para la teoría crítica que, a través de Horkheimer, establecía la transformación revolucionaria en la vía marxista de corte hegeliano. “Conocer equivalía a transformar la realidad, sin matices, sin límite. Esto último –la transformación de la sociedad- era el *leit motiv* del conocimiento de las ciencias sociales” (Rojas, 1999, 72).

El pensar, el conocer (que permite desenvolver el espíritu), la conciencia son partes de hombres dotados de cuerpo. La *ciencia del hombre, ser necesitado, sensible, fisiológico, es presupuesto de toda teoría de la subjetividad*. El hombre es objeto de la filosofía, que incluye a la *naturaleza como base del hombre*. La antropología es la ciencia universal, en compañía de la fisiología (Schmidt, 2011, 21). De modo que la lógica o metafísica en la ciencia real, no está separada del espíritu subjetivo (Schmidt, 2011, 22). Con ello prepara la prospección freudiana que caracteriza a la corriente crítica. Theodor Adorno emprendió la búsqueda del inconsciente, primero en Cornelius y luego en Kant, pero ante “la imposibilidad de plantear una racionalidad al inconsciente, procedió luego a demostrar que Freud brindaba conceptos básicos para lograr el desencantamiento del inconsciente, articuló por primera vez una crítica de la ideología que resultaba clara e inequívocamente marxista: ligaba las manifestaciones del inconsciente a la historia y explicaba las determinaciones de la vida social y económica a ellas” (Rojas, 1999, p. 78).

Schmidt no se compromete, deja discurrir la idea, que al volver a ella –más adelante- no queda más remedio que dejarla en voz de Feuerbach, de su autor, sin comprometerse con la crítica a realizar a la propia escuela de Frankfurt.

Nos dice Silvana Laso que varias características comunes confluían en las divergentes opiniones de los miembros del naciente instituto vinculado a la Escuela de Frankfurt: a) el interés teórico-práctico por el marxismo, b) oposición al concepto de razón y la idea de progreso manejados por la ilustración del siglo XVIII, c) rechazo al neopositivismo, d) la filosofía como teoría crítica de la sociedad (la dialéctica negativa), e) rechazo a la especulación filosófica, para dedicar el conocimiento al mundo de la vida. De manera que el marxismo fue complementado con los aportes de Nietzsche y Freud, pues con ello se revalorizaban los factores individuales como determinantes de la acción humana, si bien no dejó de pesar un dejo de pesimismo acerca del desarrollo de la sociedad (Laso, 2004, 437-438).

C. Del trabajo al sujeto del conocimiento y la razón

Schmidt vuelve a Marx y trata de enlazar los postulados que han sido objeto de influencia por parte de Feuerbach. En particular lo que concierne a que *el hombre es la realidad, el sujeto de la razón*. Para evitar la empatía y coincidencia en tiempo entre lo pensado y lo real, que sería una contradicción formal, es que el pensar no avanza en dirección a la identidad consigo mismo, ya que en ello interviene la intuición sensible, previa al pensar. Todo esto prepara el terreno que da sentido a la crítica formulada, sobre todo por Adorno en coincidencia con Horkheimer, en *Dialéctica del iluminismo* (1987, 11), relativa a que –analógicamente a Feuerbach, en su filosofía- debe de ocurrir una dialéctica negativa.⁶ Dicha dialéctica negativa empezaría a construir a partir de lo humano, a partir del sensualismo, la supuesta novedad, que es la base de la crítica que le hacen a Marx, por su énfasis productivo-económico (relación sujeto-objeto del trabajo) ya que de esa manera empataba con los principios de la ilustración, continuando el conflicto entre hombre y naturaleza, en la explotación de la misma, en contravención del phatos original de orden feuerbachiano.

Al fijar el vínculo del hombre con la naturaleza en el esquema sujeto-objeto, Marx recae en la visión ilustrada de este problema. Pues esta relación entre conocimiento y transformación práctica del mundo está en la base de la concepción burguesa del dominio de la naturaleza por el hombre, por ejemplo en la teoría desarrollada por el pensador inglés Francis Bacon, y esto es compartido, en cierta medida, por Marx. Alfred Schmidt retoma, al respecto, uno de los ataques centrales que Horkheimer y Adorno hacen, en Dialéctica de la Ilustración, justamente a esta manera de pensar ilustrada, para la cual el conocimiento de la naturaleza sólo persigue ser fundamento de dominio (Silva, 2013: 51).

En Feuerbach la intuición sensible tiene una participación muy activa pues se considera que el pensar se determina y se rectifica por la misma sensibilidad, de manera que también la subjetividad asume un papel muy activo. Marx –nos dice Schmidt- también considera la intuición sensible para dar paso a la praxis humana.

En este punto Schmidt pretende realizar un parangón que, a la postre, resulta forzado. Encuentra que Marx no sólo toma en cuenta la intuición sensible, sino que reconoce que a ello ha añadido la praxis, pues no puede omitir la contundente crítica formulada por Marx en su onceava *Tesis sobre Feuerbach*. El hombre y la naturaleza llegan a su concretes gracias a la praxis, de manera que aunque se reconoce la primacía de la naturaleza exterior, tiene que ocurrir un proceso de mediación que es atribuido a un proceso *sociohistórico*. Aunque la naturaleza existe lo hace como material de la actividad humana y precisa que la naturaleza es aquello que no es subjetivo, pues por la misma mediación no puede ser objetivismo inmediato, por eso *no posee carácter ontológico* (Schmidt, 2011, 22-23). Ello llevará a Schmidt a estudiar a fondo la praxis y el papel del trabajo en dicha función. Él entendía bien dicha formulación, pero para apoyar los esfuerzos de la teoría crítica *recurre al sensualismo y a la estesis* (gracias a Feuerbach), por su papel creativo, pasando el papel óptico de esta condición al *sujeto*, minimizando el papel del trabajo, o, como en el caso de Jürgen Habermas, poniendo la capacidad productiva – reproductiva- como una función básica de la inmediatez *humana* pero no como definitorio de la constitución *social* (Habermas, 1981, 119-129, 132-137).

D. Relación con la naturaleza práctico-transformacional y el proceso vital sociohistórico. Vuelta a los principios

La naturaleza es un momento de la praxis que se expresa en el tiempo, conformando la totalidad de lo existente (no es ajena al hombre, ni a su proceso histórico, como en el caso de Feuerbach), por ello mismo el espíritu puesto en cuestionamiento no es remplazado metafísicamente por una *sustancia material del mundo*. Entonces se deriva que el *proceso vital sociohistórico* de los hombres es el gestador del mundo objetivo (Schmidt, 2011, 23), de ahí la *necesidad de explicar el fundamento del modo de producción*. Esto se convierte en el punto ontológico de la visión marxiana.

Al referir al productor del mundo objetivo (como parte del proceso vital sociohistórico), el carácter abstracto ontológico del monismo relacionado con la naturaleza –y la conciencia que se tiene de ella- resulta separado, en su lugar *los sujetos mediadores son parte activa y transformadora de las realidades por ellos no sólo mediada sino producida*. Schmidt refrenda que *la naturaleza es socialmente acuñada* (Schmidt, 2011, 24). El concepto naturaleza es identificado con el de realidad en su conjunto. Entonces *el sujeto -por sí- tampoco posee carácter ontológico*, de modo que la historicidad del sujeto comprendido a través de la hermenéutica *tampoco alcanza la capacidad del ser si no es a través del papel de la praxis transformadora que alcanza en su capacidad productiva* (pues sujeto y objeto son a su vez naturaleza, coincidiendo con Feuerbach).⁷

En los párrafos subsecuentes va a dejar más clara esta idea, siguiendo meticulosamente los planteamientos de un Marx, considerado en su etapa madura, que se contrapone irremisiblemente al enfoque sensualista de Feuerbach.

De este modo la naturaleza es el único objeto de conocimiento, que incluye en sí las formas de sociedad humana, apareciendo mental y realmente en función de dichas formas. Se parte de la sensibilidad como base de la ciencia, entonces *la teoría materialista es idéntica a la actitud científica*.

Entonces Marx remata con la idea de que *la ciencia parte de la "conciencia sensible y de la necesidad sensible, cuando parte de la naturaleza es ciencia real"* (Citado en: Schmidt, 2011, 25). En el fondo sólo existe el hombre y su trabajo, por una parte; y por la otra la naturaleza y su sustancia natural. La tecnología representa o expresa el comportamiento activo del hombre con la naturaleza.

La corriente crítica, a través de Adorno, plantea que "el papel del intelectual se deriva de este modo como el de un personaje con suficiente conocimiento de la realidad social como para que tal conocimiento le permita *tomar distancia crítica y asumirse como un inconforme permanente frente a la aparente racionalidad de la realidad social*. Ésta es una de las principales vertientes del pensamiento de Adorno" (Rojas, 1999, p. 80-81). Esta es la praxis propuesta, que semeja a un francotirador o a un crítico puesto en lo más alto de la torre de Babel, que resulta contrastante con el supuesto seguimiento marxista.

La unidad del hombre con la naturaleza expresa teleológicamente (causa última), de manera irreconciliable, la *necesidad del trabajo (óntico)*. De manera que la naturaleza, descubre Marx, es momento de la praxis humana. Ya que la naturaleza por sí separada del hombre se convierte en nada para éste. El valor sólo es trabajo objetivado, pues la naturaleza no trabajada carece económicamente de valor (Schmidt, 2011, 26).

Es por ello que la naturaleza no es separable del hombre, tampoco el hombre y sus producciones son separables de la naturaleza. *La función humana de pensamiento es un producto histórico-natural*. De manera que el pensamiento comprensivo es siempre el mismo y es posible distinguirlo de manera gradual a través de la madurez de su desarrollo (lo mismo que el órgano que para el pensamiento le sirve). La relación con la naturaleza no es teórica sino práctico-transformacional. De ahí el interés por el concepto modo de producción.

Esta postura contrasta con la elaborada y desarrollada por la teoría crítica que —de hecho— abandonaba los principios marxistas, pululándose como neomarxistas. *La praxis*, que tanto interesó a Schmidt (que lo va a abordar en un capítulo posterior) y a la corriente crítica, fue concebida como "la posibilidad de generar una sociedad nueva, ésta sí verdaderamente humana, según la Escuela de Frankfurt, *sólo tenía posibilidades de existir en el plano intelectual*" (Rojas, 1999:71). La supuesta contribución óntica no radicaba en lo natural, ni en la idea (espiritual), sino en el *sujeto* (que tampoco era considerado en forma teórica por Marx).

En contraste, Marx afirma que la realidad material no sirve como principio ontológico al no haber sustancia autónoma que de manera independiente brinde sus determinaciones concretas. No hay principio de acción, de transformación, de praxis. Dado que la materia es creación del pensamiento y pura abstracción, entonces no tiene sensibilidad existente. Sucede al igual que el espíritu, no es principio unitario de explicación del mundo (ya planteada esta situación al principio de este artículo). De esta manera el materialismo rechaza la esencia inmutable de las cosas (Schmidt, 2011, 30).

Se precisa aún más, la dialéctica materialista no confiere al sentido de la historia y del mundo un carácter teleológico, puesto que las formaciones sociales no se mantienen ni se estructuran por sí, sino siguiendo leyes. Al surgir una estructura trascendental en la historia humana, no hay teleología que se disponga en el conjunto, en virtud de que el mundo no está sometido a una idea unitaria que le confiera sentido (en abstracto), *los fines, propósitos y sentidos que se expresan en la realidad son concedidos a hombres, que se comportan y conducen de acuerdo a su cambiante situación*. No se puede obtener un significado separado de ellos. El sentido que los hombres alcanzan a realizar es mediado por la organización que van logrando alcanzar –en principio- de sus relaciones vitales. Quien no capta la historia humana no comprende un sentido del mundo en general.

La historia mundial es producto del hombre mediante el trabajo humano, su nacimiento y devenir es su propia obra. La conciencia sensible teórica y práctica del hombre y de la naturaleza es la esencialidad, es su comienzo y proceso. Las formas que adquiere la historia humana a través del Estado, del derecho, la sociedad, incluso la economía y se puede agregar la cultura y el arte, se considera la naturaleza segunda (Manifiestan en el espíritu absoluto; o sea, en donde adquiere –según Hegel- significación el concepto). Se invierte la proporción hegeliana, pues la naturaleza segunda se debe de explicar con los conceptos aplicados a la primera (siguiendo razonamientos hilemorfistas de índole aristotélica, Aubert, 2001: 335-348). Resulta curioso, pero bajo esta representación marxiana la naturaleza segunda está en el estadio de la primera, pues *los hombres no acaban de salir de la historia natural, debido a que las leyes de la economía en toda producción no planificadas se contraponen a los hombres, entonces a ese devenir obedece el proceso histórico-natural, es un desarrollo a base de leyes naturales. La naturaleza domina al hombre: “toda la refinada maquinaria de la sociedad industrial moderna es meramente naturaleza que se dilacera [destroza o desgarra, se pierde]”* (Horkhamier y Adorno, Dialéctica de la Ilustración, 1947, citado en: Schmidt, 2011: 39).

Schmidt concluye que para Marx no hay separación entre naturaleza y sociedad, como tampoco la hay entre ciencias de la naturaleza y las ciencias históricas, *sólo hay una ciencia: la de la historia*. A contrapelo de la afirmación de Schmidt que le concede tal lugar a la Antropología, por el papel de la cultura que sostiene la teoría crítica (principalmente Habermas). La historia puede dividirse entre historia de la naturaleza e historia de la humanidad, ambas se condicionan.

Así como no hay inmanencia pura en la continuidad de las ideas que son indagadas por el espíritu, tampoco existe una naturaleza históricamente intocada y no modificada para servir de objeto a las ciencias naturales, ya que la naturaleza se halla vinculada con los fines de los hombres socialmente organizados y en determinada estructura histórica. *La praxis histórica, el hacer corporal, de los hombres se torna en el miembro de unión entre naturaleza y sociedad*. Esta misma praxis le atribuye el rol conciliador, pues en el comunismo ocurrirá una coincidencia entre la ciencia de la naturaleza y la ciencia del espíritu, tan sólo una ciencia (Schmidt, 2011: 46). Por eso el materialismo se constituye en el real humanismo y en la base lógica del comunismo.

Conclusiones

La disertación doctoral de Alfred Schmidt, personaje conspicuo de la segunda fase de la corriente crítica fue un trabajo dirigido y prologado en su versión impresa por su maestro Max Horkheimer y por Theodor Adorno.

A pesar de evidentes contradicciones, Schmidt trata de conciliar con aspectos básicos de los fundamentos teóricos de la corriente crítica, de ahí su empeñamiento de rescatar el sensualismo de Feuerbach, para arribar a la subjetividad, que permitía posicionar la base óptica en la historicidad del sujeto, de manera que la reconstrucción del mismo fuera a través de la dialéctica inversa que proponía Adorno.

La Escuela de Frankfurt suscribía la vía marxista, pero terminó enfatizando los aspectos metodológicos y, al contrario, la prioridad reposó en la dialéctica hegeliana, que fue articulada con los aportes freudianos.

La obra de Schmidt *El concepto de naturaleza en Marx*, no arrojan las posibilidades de sustento a la corriente crítica, por eso vuelve la crítica a la Dialéctica del Iluminismo para empatar y adjudicar el manejo de planteamientos similares a Marx en contra de la naturaleza, para priorizar el papel del sujeto. También arremete en contra del dogmatismo soviético de orden stalinista. Pero de ambas cosas no tiene que ver el planteamiento de Marx.

Schmidt vuelve irremisiblemente a los planteos del concepto de naturaleza en Marx, que vuelve inoperantes los planteamientos de la corriente crítica, pues esa parte óptica del sujeto, de la sociedad, no ofrecía fundamentos fenoménicos. De modo que los frankfurtianos dejaron de considerar el papel del trabajo, del proletariado, incluso de la praxis, la cual la consideraron, en consideración de Adorno, en el nivel del papel revolucionario entronizado en: “el papel del intelectual...el de un personaje con suficiente conocimiento de la realidad social como para que tal conocimiento le permita *tomar distancia crítica y asumirse como un inconforme permanente frente a la aparente racionalidad de la realidad social*. Ésta es una de las principales vertientes del pensamiento de Adorno” (Rojas, 1999: 80-81).

De manera que la crítica tan sólo fue una corriente lateral que nutrió a otros planteamientos de dudosa factura neomarxista, más ha nutrido a vertientes no marxistas y antimarxistas. De ahí que al dejar incólumes los planteamientos de Marx, según el manejo dado por el propio Schmidt, se han omitido, velado y a lo sumo ignorado. Parecía analógica a la *Crónica de una muerte anunciada*; pero, a diferencia del desenlace de Gabriel García Márquez, el muerto goza de cabal salud. A veces es peor la ignorancia que la muerte física, pero los ladridos suenan tan fuerte que recuerdan aquella frase que parafrasea Unamuno: Señor, que los perros ladran, dice Sancho Panza, es señal que nos movemos, mi querido Sancho, responde con voz digna su señor Don Quijote de la Mancha. Aquél que fue perseguido, sometido y tratado como loco, por atreverse a tratar, nada menos, que tratar de convertir en humanos a los hombres (la terrenalidad terrena).

Referencias

Aubert, Jean-Marie. 2001. *Filosofía de la Naturaleza*. Curso de filosofía tomista. Barcelona, Editorial Herder.

Gandler, Stefan. 2013. *Alfred Schmidt: filosofía marxista en perspectiva latinoamericana*. En: *Utopía y Praxis Latinoamericana*. Vol. 18, núm. 61, abril-junio. Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.

GANDLER, Stefan. 2013. *Teoría crítica y materialismo hoy: Alfred Schmidt y la filosofía marxista en México*. En: *Utopía y Praxis Latinoamericana*, vol. 18, núm. 61, abril-junio. Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.

Habermas, Jürgen. 1981. *Reconstrucción del materialismo histórico*. Madrid, Taurus Ediciones.

Horheimer, Max y Theodor W. Adorno. 1987. *Dialéctica del iluminismo*. Buenos Aires, Editorial Sudamericana.

Laso, Silvana. 2004. *La importancia de la teoría crítica en las ciencias sociales*. En: *Espacio Abierto*. Vol. 13, núm. 3, julio-septiembre. Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.

Méndez Catalán, Hugo C. 2013. *Alfred Schmidt: Teoría crítica a contrapelo*. En: *Utopía y Praxis Latinoamericana*. Vol. 18, núm. 61, abril-junio. Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.

Rojas Crotte, Ignacio Roberto. 1999. *Theodor W. Adorno y la Escuela de Frankfurt*. En: *Convergencia. Revista de Ciencias Sociales*. Vol. 6, núm. 19, mayo-agosto. Universidad Autónoma del Estado de México, México.

Schmidt, Alfred. 2011. *El concepto de naturaleza en Marx*. Madrid, Fondo de Cultura Económica.

Silva Lazcano, Lissette. 2013. *Alfred Schmidt y el potencial subversivo de la sensualidad*. En: *Utopía y Praxis Latinoamericana*. Vol. 18, núm. 61, abril-junio. Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.

Comentarios al libro de Alfred Schmidt. *El Concepto de naturaleza en Marx*. <http://www.youtube.com/watch?v=HBV4iJUha7c>

Enciclopedia Herder Editorial. Helvecio.
http://encyclopaedia.herdereditorial.com/wiki/Volpi:Claude-Adrien_Helv%C3%A9tius

Enciclopedia Herder Editorial. Feuerbach.
<http://encyclopaedia.herdereditorial.com/wiki/Hillmann:Feuerbach>

Muñoz. Blanca. Escuela de Frankfurt. Primera y Segunda Generación. En: Román Reyes (Dir.). Diccionario Crítico de Ciencias Sociales. Universidad Carlos III de Madrid. http://pendientedemigracion.ucm.es/info/eurotheo/diccionario/E/ef_1generacion.htm

Stefan Gandler. Video

<http://www.youtube.com/watch?v=qmhoWMs-iCE>

Video: Comentarios de Efraín León

<http://www.youtube.com/watch?v=bi5F4oNNpe0>

“Alfred Schmidt”: Stefan Gandler. <http://marxismocritico.com/2012/09/11/alfred-schmidt/>

La Epistemología. En la Filosofía de la Ciencia

ROMÁN-CÁRDENAS, Luis Manuel*†

Universidad Autónoma Chapingo. Preparatoria Agrícola.

Resumen

La disciplina filosófica de la epistemología incide de manera contundente en la problemática de la filosofía de la ciencia, toda vez que establece la génesis del conocimiento que esta última asume para su fundamentación. Desde la antigua filosofía griega estuvo presente la epistemología en lo que podemos denominar el conocimiento empírico de los presocráticos y el conocimiento racional de Sócrates, Platón y Aristóteles. Posteriormente en la Modernidad se retoman dichos conocimientos como fuentes de lo que es el conocimiento científico. Los filósofos empiristas ingleses como son Bacon, Locke, Berkeley y Hume y los filósofos racionalistas como Descartes, Leibniz, Spinoza y Kant serán los pensadores más representativos que sientan las bases de lo que en la época Moderna y nuestra época Contemporánea se nos presenta como la epistemología que fundamenta nuestra ciencia.

Filosofía, empirismo, racionalismo, conocimiento, verdad

Abstract

The philosophical discipline of epistemology falls overwhelmingly on the problems of the philosophy of science, since the genesis of knowledge establishes that the latter assumed for its foundation. From ancient Greek philosophy was present epistemology in what we call empirical knowledge of the Presocratics and rational knowledge of Socrates, Plato and Aristotle. Later in modernity such knowledge as sources of what is scientific knowledge are taken up. The British empiricist philosophers like Bacon, Locke, Berkeley and Hume and rationalist philosophers such as Descartes, Leibniz, Spinoza and Kant will be the most representative thinkers who laid the foundations of what in modern times and our modern era is presented as the epistemology underlying our science.

Philosophy, empiricism, rationalism, knowledge, truth

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: lmrc7b@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

La filosofía tiene como disciplinas filosóficas primarias a la epistemología y a la ontología, que enlazadas han reflexionado acerca de los métodos por medio de los cuales se conoce al ser. En esta tesitura nuestra reflexión se aventura en el análisis de las concepciones filosóficas que desde la antigua Grecia predominaron y han predominado a lo largo de la historia de la filosofía occidental. Siendo el objeto de estudio de la epistemología los diversos métodos, en los que el sujeto y el objeto son los elementos constitutivos del proceso del conocimiento, iniciamos nuestro análisis con el método empirista y el método idealista que la teoría del conocimiento de los filósofos presocráticos y la de Sócrates, Platón y Aristóteles nos plantean en el debate que se dio en torno al conflicto cognoscitivo de las sensaciones y las ideas. Estos últimos pensadores refutaron el empirismo de los presocráticos, ya que consideraban que el *Alma* –considerada como *Intelección o pensamiento*- era el elemento decisivo que producía las ideas mediante las cuales se conocía la esencia de las cosas. En este tenor, los filósofos presocráticos, que por primera vez plantearon el método de conocimiento empirista o sensualista, fueron refutados por los diversos y diferentes significados que tuvieron el Logos o la *Razón*. Es pues a partir de las concepciones epistemológicas de Sócrates, Platón y Aristóteles que se plantearon los fundamentos del proceso cognoscitivo a partir de los elementos racionales: el concepto, juicio y raciocinio. En efecto, la concepción de los filósofos presocráticos, que está basada en los elementos físicos –agua, aire, fuego y tierra, como principios ontológicos y epistemológicos que de la vida en general, es remplazada por Sócrates, Platón y Aristóteles, que proponen los elementos racionales como constitutivos del conocimiento humano, lo que trae consigo una nueva visión idealista de nuestro mundo opuesta al método empirista de las sensaciones de los filósofos presocráticos.

Al respecto, Platón en el diálogo del Teeteto argumenta en contra de la sentencia de Protágoras: “*El hombre es medida de todas las cosas, tanto del ser de las que son, como del no ser de las que no son*”, ya que la teoría del conocimiento de Platón es contraria a las sensaciones que aprehenden el conocimiento de nuestro mundo, de ahí que Platón recurra a Sócrates desde su siguiente sentencia: “*Por consiguiente, el saber no radica en las impresiones, sino en el razonamiento que hacemos acerca de estas. Aquí, efectivamente, es posible aprehender el ser y la verdad, pero ahí es imposible*”.¹ Por otra parte Aristóteles también nos expone algo similar en relación a su concepto de alma: “*Es usual definir al alma primordialmente a través de dos notas diferenciales, el movimiento local y la actividad de inteligir y pensar... El inteligir y el pensar, por su parte, presentan una gran afinidad con la percepción sensible: en uno y otro caso, en efecto, el alma discierne y reconoce alguna realidad... Tampoco inteligir, digo, es lo mismo que percibir sensiblemente*”.² En este orden de ideas, Aristóteles difiere de los presocráticos, puesto que las propiedades del alma, como son la de inteligir y pensar, son un tanto independientes de la percepción sensible. En este sentido, Aristóteles comprende al Logos en la imaginación humana que como él mismo nos lo dice participa de la sensación y el pensamiento en lo que tiene que ver con la imagen, la misma que tendrá una connotación en lo que respecta a la verdad y el error en estrecha relación con el lenguaje:

*“Pues bien, si la imaginación es aquello en virtud de lo cual solemos decir que se origina en nosotros una imagen –exclusión hecha de todo uso metafórico de la palabra- ha de ser una de aquellas potencias o disposiciones, por medio de las cuales discernimos y nos situamos ya en la verdad ya en el error. Y estas son: sentido, opinión, intelecto y ciencia.”*³

Por otra parte, la polémica epistemológica de la Modernidad entre el Racionalismo y el Empirismo determinó la fundamentación de la ciencia Moderna, toda vez que estas dos concepciones epistemológicas postularon una nueva visión del mundo acorde con nuestra ciencia Moderna y contemporánea. El pensamiento cartesiano es pionero en sentar las bases epistemológicas a la ciencia. Desde el racionalismo y la geometría Descartes sienta dichas bases a través de sus principios: las *ideas innatas* y las *Ideas claras y distintas* construye al sujeto como un sujeto del conocimiento. En primera instancia, la reflexión epistemológica es desarrollada por Descartes en su *duda metódica*. Y es en el mismo proceso del sujeto donde esta duda metódica establece los principios racionales del sujeto del conocimiento. Pero además dicha duda metódica da la pauta a la ciencia Moderna estableciendo en principio nuevas reglas que guían el proceso del conocimiento de manera asertórica, como nos lo refiere el propio Descartes:

La primera consistía en no recibir como verdadero lo que con toda evidencia no reconociese como tal, evitando cuidadosamente la precipitación y los prejuicios, y no aceptando como cierto sino lo presente a mi espíritu de manera tan clara y distinta que acerca de su certeza no pudiera haber la menor duda.

La segunda era la división de cada una de las dificultades con que tropieza la inteligencia al investigar la verdad, en tantas partes como fuera necesario para resolverlas.

La tercera, ordenar los conocimientos empezando siempre por los más sencillos, elevándome por grados hasta llegar a los más compuestos, y suponiendo un orden en aquellos que no lo tenían por naturaleza.

*La cuarta, consistía en hacer enumeraciones tan completas y generales, que me dieran la seguridad de no haber incurrido en ninguna omisión.”*⁴

Es así como estas cuatro reglas nos remiten al método analítico que siguió Descartes a partir de la geometría, siendo determinante en el proceso que lleva al sujeto a encontrar sus principios. En *El discurso del método* Descartes postula como primer principio del sujeto a la sustancia pensante, como el mismo lo expresa: *“Pero en seguida note que si yo pensaba que todo era falso, yo, que pensaba, debía ser alguna cosa, debía tener alguna realidad; y viendo que esta verdad: pienso, luego existo era tan firme y tan segura que nadie podría quebrantar su evidencia, la recibí sin escrúpulo alguno como el primer principio de la filosofía que buscaba”*.⁵

En seguida Descartes postula la realidad de la sustancia extensa mediante la *prueba ontológica y cosmológica* de la existencia de Dios, en tanto que mediante lo infinito y lo perfecto que es Dios nuestro mundo tiene existencia, de tal modo que la sustancia pensante y extensa existen a partir de la divina: *“La única solución posible era que aquella idea hubiera sido puesta en mi pensamiento por una esencia más perfecta que yo y que encerrara en sí todas las perfecciones de que yo tenía conocimiento”*.⁶

Así, pues, el pensamiento cartesiano es determinante en la revolución científica moderna, puesto que da la pauta epistemológica al método científico, ya que las *ideas innatas* y las *ideas claras y distintas*, son decisivas en el proceso de su duda metódica que mediante *sucogito ergo sum* nos propone a la sustancia pensante como el primer principio de su pensamiento racionalista. Así, esta sustancia cartesiana sienta las bases de la ciencia moderna valiéndose de la geometría analítica como aquel método decisivo para la investigación científica.

Ahora bien, la ciencia Moderna no sólo tiene su fundamentación epistemológica en el racionalismo de Descartes, sino que también la teoría de conocimiento empirista de Bacon contribuye al surgimiento y desarrollo de la ciencia. Bacon nos propone por primera vez un nuevo método de investigación que tiene que ver con el método experimental; mismo que valiéndose de principios contrarios de la deducción lógica, crea y desarrolla la inducción en la investigación científica. Su epistemología se caracteriza de este modo por aplicar la analogía y la inducción en la nueva investigación científica del siglo XVII. En este orden de ideas, la concepción epistemológica de Bacon aplica en su carácter metodológico la experimentación científica a través de las tablas de semejanza y diferencia, en tanto que estas dan cuenta de aquellos hechos y fenómenos.

De este modo, la ciencia moderna tiene otro pionero en el lado opuesto al racionalismo de Descartes. Se trata del método empirista de Bacon, que igual que el racionalismo, contribuye a la fundamentación de la Ciencia Moderna. Siendo la analogía y la inducción las que determinarán el método empirista de Francis Bacon, establecerán una nueva forma de hacer investigación científica. Dicho método empirista de Bacon no sólo establecerá el método experimental en la investigación científica, sino que junto con este, la crítica a las doctrinas filosóficas escolásticas se pone de manifiesto en un lenguaje metafórico de su doctrina de los cuatro ídolos.

Así, en primer lugar, Bacon refuta toda la tradición escolástica mediante lo que él da en llamar *los ídolos de la tribu*, que son los que se adueñan de la naturaleza humana mediante las costumbres y hábitos de la comunidad, misma que puede arribar al verdadero conocimiento si logra abolirlos:

*Los ídolos de la tribu tienen su fundamento en la misma naturaleza del hombre, y en la tribu o el género humano. Se afirma erróneamente que el sentido humano es la medida de las cosas, muy al contrario, todas las percepciones, tanto de los sentidos como del espíritu, tiene más relación con nosotros que con la naturaleza.*⁷

La crítica de Bacon está también dirigida a los *ídolos de la caverna*, que son aquellos que anidan en la opinión individual de cada persona; en sus creencias y dogmas, en la medida misma en que su opinión se acata de modo absoluto o dogmático:

*Los ídolos de la caverna tienen su fundamento en la naturaleza individual de cada uno; pues todo hombre independientemente de los errores comunes a todo el género humano, lleva en sí cierta caverna en que la luz de la naturaleza se quiebra y es corrompida.*⁸

En tercer lugar, los ídolos del foro dan motivo a Bacon para cuestionar el lenguaje, que de manera acrítica el sentido común los asume en las reuniones que el vulgo frecuenta, pues tergiversando el lenguaje verdadero no se llega al conocimiento verdadero de las cosas:

*Existen también ídolos que provienen de la reunión y de la sociedad de los hombres, a los que designamos con el nombre de ídolos del foro, para significar el comercio y la comunidad de los hombres de que tiene origen.*⁹

Por último, Bacon nos habla de los ídolos del teatro, los que considera como la continuidad de las diversas doctrinas filosóficas y científicas que por la tradición venimos asumiendo como un peso de autoridad: “*Hay, finalmente, ídolos introducidos en el espíritu por los diversos sistemas de los filósofos y los malos métodos de la demostración; llamémosles ídolos del teatro*”.¹⁰

En este orden de cosas, el método empirista de Bacon está sustentado en su método experimental de la investigación científica, mediante el cual a través de las tablas de semejanza y diferencia, dan cuenta de aquellos hechos y fenómenos que el entendimiento humano concibe:

*El único medio de que disponemos para hacer apreciar nuestros pensamientos, es el de dirigir las inteligencias hacia el estudio de los hechos, de sus series y de sus órdenes, y obtener de ellas que por algún tiempo renuncien al uso de las nociones y empiecen a practicar la realidad.*¹¹

De este modo, Bacon nos propone por primera vez un nuevo método de investigación científica; el mismo que valiéndose de principios contrarios a la deducción lógica, propone la inducción que crea y desarrolla la investigación científica.

Ahora bien, en tanto que el objeto de estudio de la epistemología son los diversos métodos de conocimiento, nos es imprescindible ocuparnos del método científico para tener una noción clara de lo que es la ciencia tal su modo de proceder desde la época Moderna, ya que su propia historia nos revelará su significado. Lo que hoy en día definimos como ciencia tiene su origen a partir de esta época con la ciencia de la astronomía. En este sentido es a partir de la época Moderna que la astronomía sienta las bases metodológicas de todas las ciencias naturales. En tanto que la astronomía hace un estudio objetivo del universo invierte el estudio subjetivo de la astrología que desde una nueva perspectiva metodológica la califica como una preciencia. Pero no sólo la astronomía desplaza a la astrología, también la química moderna ve con los mismos ojos a la alquimia, ya que su proceder metodológico se orienta por lo simbólico de los pesos atómicos de la tabla de elementos.

Por otra parte nuestro estudio en torno a la epistemología nos lleva a revisar los fundamentos de la ciencia de la Moderna, tal y como nos lo refiere el análisis de Cassirer en torno al pensamiento de la Ilustración, que tuvo su continuidad y su ruptura en lo que respecta a la filosofía y la ciencia del siglo XVII al siglo XVIII. Así, para Cassirer la *Ilustración* del siglo XVIII rompe en general con la metafísica y ciencia del siglo XVII, sobre todo en lo que concierne a los nuevos métodos de investigación científica.

En este sentido, la investigación científica del siglo XVIII ya no tendrá la connotación abstracta de los sistemas metafísicos del siglo XVII, sino que ahora la investigación tiene que ver con los derroteros facticos propios de la experimentación. Así, el concepto de *razón investigadora* ya no tendrá el significado abstracto propio de los sistemas filosóficos del siglo XVII, sino que ahora la investigación tiene que ver con los derroteros facticos que la razón concibe a través de su método experimental. La razón científica, desde este punto de vista, es una razón observadora y no metafísica, ya que su fundamento no descansa en los principios de la razón filosófica, sino que su orientación se determina por la razón y la observación empírica que se lleva a cabo en el análisis y la síntesis, como nos dice Cassirer: “*La razón científica, es una razón observadora y no metafísica, ya que su fundamento no descansa en los principios de la razón filosófica, sino que su orientación se determina por la razón y la observación empírica que se lleva a cabo en el análisis matemático y la experimentación*”.¹² De este modo, la investigación científica asume el modelo de las matemáticas y el método experimental en las ciencias de la astronomía, la química y la biología. La ciencia moderna surge pues con una nueva visión del mundo fundamentada en su proceder formal y empírico. En este sentido, la ciencia moderna, contraria a la metafísica, no válida ningún principio que no haya pasado por sus pruebas empíricas correspondientes.

Siendo así, es a todas luces evidente que para comprender lo que es la ciencia es necesario saber su historia, pues su misma historia nos revelará su modo de proceder metodológico. Lo que hoy en día definimos como ciencia tiene su origen a partir de la astronomía de la época Moderna, pues la propia historia de la ciencia nos revelará su intrínseca naturaleza. A partir de la época Moderna la astronomía sienta las bases metodológicas de todas las ciencias naturales, difiriendo del modo de proceder empírico de la astrología, que desde la perspectiva científica se califica como una preciencia, en tanto que su carácter subjetivo tiene que ver con su método y su forma de estudiar los astros de manera individual. También la química moderna ve con los mismos ojos a la alquimia. Sin embargo, la ciencia moderna surge con una nueva visión del mundo que se fundamenta en su proceder sistemático de la síntesis de lo formal y empírico. En este sentido, contraria a la metafísica, la nueva ciencia, no válida ningún principio que no haya pasado por sus pruebas correspondientes. La razón científica, como nos dice Cassirer, es una razón observadora y no metafísica, ya que su fundamento no descansa en los principios de la razón filosófica, sino que su orientación la determina la razón empírica de la observación que se lleva a cabo de la naturaleza y la sociedad apegándose a sus constataciones. Como hemos visto, esta nueva caracterización de la ciencia rompe con todos los sistemas metafísicos que se venían sustentando en los principios filosóficos de las concepciones epistemológicas de racionalistas y empiristas. Esta orientación observadora de la razón está presente en los cálculos matemáticos (método analítico) y las constataciones empíricas que iniciaron Copérnico, Kepler y Galileo.

Es a partir de esta nueva investigación que la astronomía surge como ciencia sistemática, contrastable, predictiva, universal, etc., difiriendo en su modo de proceder metodológico de la astrología que la antecedió. Desde esta perspectiva las teorías astronómicas de Kepler, Copérnico y Galileo, marcan un nuevo rumbo a la investigación científica en lo que respecta al estudio racional y empírico del movimiento de los astros contemplado en su teoría heliocéntrica del nuestro universo.

Así, pues, es a todas luces evidente que esta nueva investigación científica de la Modernidad nos revela su intrínseca naturaleza racional y empírica. Como vemos, esta nueva razón científica rompe con el carácter metafísico que venían sustentando las concepciones precientíficas. De esta manera la razón científica está presente en los cálculos matemáticos y las constataciones empíricas que iniciaron Copérnico, Kepler y Galileo en la astronomía y que concluyo Newton en su física. En este sentido, contraria a la metafísica, la nueva ciencia no válida ningún principio que no haya pasado por sus pruebas a priori correspondientes. Como hemos visto, esta nueva caracterización de la ciencia rompe con todos los sistemas metafísicos que se venían sustentando en los principios filosóficos de las concepciones epistemológicas de racionalistas y empiristas, de tal manera que esta orientación observadora de la razón está presente en los cálculos matemáticos (método analítico) y las constataciones empíricas que iniciaron Copérnico, Kepler y Galileo y que concluye Newton, al respecto nos dice Cassirer:

*Newton, nos dice Cassirer, termina lo que Kepler y Galileo habían iniciado, y los tres nombres no designan sólo a tres grandes personalidades de la investigación, sino que significan los hitos del conocimiento y del pensar científico natural. Kepler parte de la observación de los fenómenos celestes y conduce esta observación a un grado de exactitud matemática como no se había alcanzado hasta entonces.*¹³

No obstante y todo, el análisis de Cassirer sobre la Ilustración, nos remite a la continuidad y las rupturas del pensamiento filosófico y científico de los siglos XVII y XVIII. Así, para Cassirer, la *Ilustración* del siglo XVIII rompe en general con la cultura filosófica y científica del siglo XVII, sobre todo en lo que concierne a las nuevas teorías que traen consigo diferentes enfoques metodológicos que conceptualizan a la naturaleza de manera más objetiva. De este modo, la razón observadora sienta las bases metodológicas de toda la ciencia Moderna. En este sentido, el concepto de Razón del siglo XVIII ya no tendrá la connotación abstracta propia de los sistemas filosóficos del siglo XVII, sino que ahora dicha Razón tiene que ver con los métodos empíricos que las ciencias fácticas le imprimen a través de su observación. Como nos lo hace ver Cassirer, esta Razón, de acuerdo a su nueva naturaleza observadora, está en la búsqueda de verdad como algo que se adquiere a través de un proceso y no como algo innato:

*No es el nombre colectivo de las ideas innatas, que nos son dadas con anterioridad a toda experiencia y en las que se nos descubre la esencia absoluta de las cosas. La razón lejos de ser una tal posesión, es una forma determinada de adquisición. No es la tesorería del espíritu en la que se guarda la verdad como moneda acuñada, sino más bien la fuerza espiritual radical que nos conduce al descubrimiento de la verdad y a su determinación y garantía.*¹⁴

En este orden de ideas, el método científico se asume en el nuevo método de investigación en la unidad de lo analítico y lo sintético, o en lo que Cassirer da en llamar el método de lo resolutivo y lo compositivo. Sin embargo, dicho método no sólo se aplica a las ciencias naturales, sino que también se aplica en la psicología y en la ciencias sociales. De esta manera, tanto en el estudio de la naturaleza como el estudio de la sociedad tiene un enfoque analítico y sintético. Sin embargo, el carácter formal del modelo matemático sienta las premisas en todas y cada uno de los campos de la investigación científica.

Así, la geometría analítica será el modelo que asumirán las ciencias naturales sociales mediante el método analítico. Dicho método analítico posibilitó la exactitud y la precisión de los fenómenos naturales y sociales, siendo la base de los principios explicativos de la ciencia. En este orden de cosas, el modelo matemático se asume en la unidad de lo formal y lo factual. De esta manera, tanto en el estudio de la naturaleza, como el estudio del espíritu hacen suyo el enfoque cuantitativo en la observación empírica. Este carácter cuantitativo, propio del modelo matemático, sienta las premisas por medio de las cuales la taxonomía de la naturaleza, las motivaciones y las relaciones humanas son abordadas desde el análisis que se ejerce sobre todo objeto de estudio. Al respecto nos dice Cassirer:

*El siglo XVIII recoge el problema y lo resuelve en el sentido de que si se comprende por espíritu geométrico el espíritu del puro análisis, su aplicación es ilimitada y no se vincula a ningún terreno particular de problemas. Se trata de probar esta tesis en dos direcciones diferentes. El análisis, cuya fuerza se demostró hasta ahora en el dominio de los números y de las magnitudes, se aplicará en adelante por un lado al ser psíquico y por otro lado al ser social”.*¹⁵

Es así como el método analítico se aplica a los fenómenos naturales y sociales, siendo la expresión deductiva de la investigación científica, ya que la geometría analítica posibilitó la exactitud y la precisión de los fenómenos naturales y sociales, que desde las ciencias formales (lógica y matemáticas) y las ciencias factuales (ciencias naturales y sociales) son investigados. Sin embargo, el análisis que se aplica en el estudio de ambos fenómenos va acompañado de la síntesis, toda vez que los principios explicativos de la ciencia se obtienen a través de su intrínseca relación. La ciencia Moderna surge y se desarrolla de este modo a través de su carácter abstracto y concreto que las leyes y teorías científicas expresan.

Pero volviendo a la problemática epistemológica del racionalismo y el empirismo que, como veíamos, postularon principios diametralmente diferentes: las *ideas innatas* y las *representaciones sensibles* respectivamente. La investigación científica, sobre todo en lo que respecta a sus principios matemáticos y la experimentación, tiene su fuente en ambas concepciones. Las ciencias de la astronomía, la química y la biología se fundamentan en el racionalismo y el empirismo de la epistemología Moderna.

Siendo el sujeto de conocimiento el elemento constitutivo de la ciencia Moderna tiene su más alta expresión en la epistemología de Kant en lo que se refiere a la génesis del conocimiento. La polémica epistemológica entre el Racionalismo y el Empirismo retomada por Kant. De Descartes y Leibniz retoma los principios racionalistas, mientras que de Bacon, Locke, Berkeley y Hume los principios empiristas. Kant empieza por cuestionar dicha dualidad al ver las limitantes de ambas concepciones en su punto de vista extremo. Aún cuando en principio Kant asuma el logicismo de Leibniz y el sensualismo de Hume (que lo saca de su sueño dogmático), no obstante, Kant propone la unidad del sujeto y el objeto desde una nueva perspectiva epistemológica del sujeto de conocimiento que rompe con la dualidad del racionalismo y el empirismo. Desde estos principios la ciencia Moderna y nuestra ciencia contemporánea se desarrollan en la perspectiva del sujeto de conocimiento kantiano.

Dicha perspectiva nos lleva a plantearnos las siguientes interrogantes: ¿Cómo se construye el sujeto de conocimiento kantiano? ¿Qué elementos integran a este sujeto de conocimiento? Y, ¿En qué perspectiva epistemológica se ubica dicho sujeto? La propuesta epistemológica kantiana, basada en la síntesis del racionalismo y el empirismo, nos da la primera respuesta del sujeto de conocimiento kantiano. Es la unidad de las sensaciones y los conceptos la génesis epistemológica de lo que Kant da en llamar *la unidad originaria del conocimiento*, en la que las intuiciones y los conceptos realizan la síntesis del conocimiento mediante el juicio sintético a priori. En sentido estricto, este juicio es el juicio científico que la ciencia emplea como juicio nomológico de la ciencia. En efecto, unidad de las concepciones epistemológicas del racionalismo y el empirismo es la misma unidad originaria del sujeto del conocimiento, en la que los conceptos sin intuiciones son vacíos y las intuiciones sin conceptos son ciegas, tal y como él mismo lo expresa:

El entendimiento, al contrario, es la facultad de pensar el objeto de la intuición sensible. Ninguna de estas propiedades es preferible a la otra. Sin sensibilidad, no nos serían dados los objetos, y sin el entendimiento, ninguno sería pensado. Pensamientos sin contenido son vacíos; intuiciones sin concepto, son ciegas. De aquí, que sea tan importante y necesario sensibilizar los conceptos, es decir, darles un objeto en la intuición, como hacer inteligibles las intuiciones (someterlas a conceptos). Estas dos facultades o capacidades no pueden trocar sus funciones. El entendimiento no puede percibir y los sentidos no pueden pensar cosa alguna. Solamente cuando se unen, resulta el conocimiento.¹⁶

Así, pues, la unidad originaria kantiana tiene que ver necesariamente con el sujeto trascendental kantiano que desde el entendimiento se plantea sus propios límites y alcances. Esta unidad originaria de las sensaciones y los conceptos es la expresión misma del *juicio sintético a priori* en el que se unen lo a priori y lo a posteriori. Así, este juicio da cuenta del mundo fenoménico como único mundo cognoscible o como mundo posible de experiencia. En este orden de ideas, como ya lo mencionamos, la polémica epistemológica entre racionalistas y empiristas, es superada por Kant en lo que respecta al proceso de conocimiento. Kant en la *Crítica de la razón pura* nos presenta las posibilidades humanas del conocimiento mediante su sujeto trascendental que se plantea en primera instancia los límites y alcances del conocimiento humano. Siendo de este modo, la epistemología kantiana sienta las bases epistemológicas del sujeto trascendental a través del juicio sintético a priori que expresa las leyes y teorías de nuestro mundo fenoménico.

Como vemos, el juicio sintético a priori es pues el fundamento de todo conocimiento científico sus límites y alcances cognoscitivos. En tanto que la pretensión de Kant es la de convertir la metafísica en ciencia, justamente el cuestionamiento de la metafísica que le antecedió lo lleva a plantear la dualidad del mundo fenoménico y el mundo nouménico; lo que es lo mismo, el mundo de la razón teórica y el mundo de la razón práctica; la primera corresponde a la ciencia, mientras que la segunda a la metafísica. El entendimiento (razón teórica), como lo veíamos, tiene para Kant la facultad de conocer el mundo fenoménico, mientras que para la Razón (razón práctica) el mundo de la “cosa en sí” (noumeno) es incognoscible.

En este último sentido las categorías de Dios, alma y libertad que son propias de la razón práctica, no son cognoscibles por el entendimiento (razón teórica) o por la apercepción que conoce al mundo fenoménico pero no al mundo nouménico (la cosa en sí). El primero es perfectamente concebido en los conceptos y juicios científicos, mientras que el segundo pertenece a las acciones prácticas de los postulados éticos que las sustentan.

Por otra parte, la filosofía positivista de Comte continuó la epistemológica de Kant, sólo que asumiendo como verdad suprema a los hechos, reduce el proceso del conocimiento al objeto y ya no al sujeto. La repetición, la regularidad y la universalidad de los hechos serán algunas de las características de la ciencia que esta filosofía asumirá en un lenguaje reduccionista de las leyes teorías científicas. Pero no sólo los hechos de la naturaleza se expresarán mediante este lenguaje, sino que también los hechos sociales tendrán su expresión mediante las leyes históricas y sociológicas. De ahí que las bases de la historia y la sociología estén sustentadas en un determinismo muy parecido al causalismo de la física, concibiendo a la historia humana a través de sus leyes evolutivas de la física social.

Por ello, la filosofía positivista de Comte será parte sustantiva de la investigación científica que nos propone la verificación como el criterio de verdad de los hechos naturales sociales. Es decir este criterio de verdad es la suprema prueba de la investigación en lo que respecta a la explicación científica de la naturaleza y la sociedad. Es decir, los hechos de la naturaleza y la sociedad son sometidos al escrutinio de las hipótesis que si resultan verdaderas se convierten en leyes y teorías científicas, así como los hechos sociales. Así el proceso del método científico se desarrolla en torno de la observación de los hechos relevantes, mismos que serán postulados como hipótesis posibles a verificarse con su experimentación. Sin embargo, el positivismo del siglo XIX retoma el modelo matemático en el método deductivo en los principios explicativos de las leyes y teorías de la física y la biología en lo que compete al método científico. De este modo, el método científico de la epistemología positivista contempla la intrínseca unidad del método inductivo y el método deductivo que impulsan el desarrollo científico y tecnológico de nuestra época.

En lo que concierne a la investigación científica también el positivismo sostiene que es el único método como criterio de *verificación de las hipótesis*, toda vez que para los positivistas lógicos la verdad científica expresada en los enunciados nomológicos de la ciencia no dejan ninguna duda como los enunciados metafísico. De ahí que el método científico contraste y refute a todo enunciado metafísico, ya que carece del sentido lógico propio de la verdad científica.

No obstante y todo, la problemática epistemológica en torno a la ciencia fue retomada en la segunda década del siglo XX por los filósofos y científicos del Círculo de Viena (los Positivistas Lógicos), que si bien tiene como antecedente el positivismo clásico, sin embargo, los hechos ya no tienen tanta relevancia, pues el lenguaje formal de la lógica y la matemática los remplaza. En este tenor el hecho empírico se expresa en el lenguaje protocolario de las proposiciones atómicas y moleculares. El intento del círculo de Viena de hacer de la ciencia un único lenguaje tiene mucho que ver con estas proposiciones planteadas por primera vez por Wittgenstein en su *Tractatus*.

De este modo, según los neopositivistas, seguidores de Wittgenstein, los enunciados simples (atómicos) y los complejos (moleculares) son los que dan cuenta de los hechos y fenómenos de la naturaleza. Sin duda alguna, como nos lo hace ver Ayer, estos enunciados Lógicos son los únicos que puede emplear el lenguaje científico, mientras que todo lo que tiene que ver con la metafísica es mejor callarlo. Desde el punto de vista los enunciados de la metafísica tendrían una función puramente negativa, aunque no por esta razón dejara de tener importancia.

*El método correcto de la filosofía –dice Wittgenstein- sería éste: No decir nada sino excepto lo que se puede decir, esto es, las proposiciones de la ciencia natural, o sea, algo que no tiene nada que ver con la filosofía y más tarde, invariablemente cuando alguien quisiera decir algo metafísico, demostrarle que a determinados signos de sus proposiciones no le ha otorgado significado. Este método sería insatisfactorio para él –no tendría la sensación de que le estamos enseñando filosofía- pero sería el único método estrictamente correcto.*¹⁷

Es así como la problemática epistemológica del positivismo lógico, que si bien tiene su antecedente en el positivismo clásico, no obstante, su lenguaje formal nos plantea un lenguaje protocolario por encima del lenguaje científico. En este tenor el hecho empírico que el positivismo clásico asumía como decisivo se cambia por el lenguaje lógico y matemático. El intento del círculo de Viena de hacer para la ciencia un único lenguaje universal nos propone el lenguaje lógico-matemático a través de los enunciados simples (atómicos) y los complejos (moleculares) que expresan toda nuestra realidad natural social. Desde el punto de vista, el *Tractatus* de Wittgenstein planteará las premisas a todos los filósofos y científicos del círculo de Viena, en la adopción de este lenguaje protocolario en lo que respecta al lenguaje de la ciencia. En lo que concierne a la investigación científica los positivistas lógicos sostuvieron el mismo método de *verificación* que los positivistas clásicos venían asumiendo. El criterio de verdad está de este modo en la contrastación de *las hipótesis*, toda vez que para los positivistas lógicos la verdad científica está en la prueba de las hipótesis y en los principios explicativos de los hechos naturales y sociales. Es así como dicha verdad se opone a todo enunciado metafísico en tanto que este enunciado carece del sentido que la verdad científica le confiere.

En este mismo orden de ideas, continuaremos nuestra exposición con el método falsacionista de Karl Popper, que retomando la problemática epistemológica de los positivistas lógicos, nos propone para la investigación científica el método de la *falsación*. Karl Popper nos plantea en su *Logik der Forschung* que lo que debe requerir un enunciado factico, que en principio sea capaz de ser desmentido, es el criterio de falsación, que consiste en que los hombres de ciencia formulen hipótesis que someten a prueba buscando ejemplos contrarios, de modo tal que cuando se descubre un ejemplo contrario, se desecha la hipótesis o se la modifica. En este sentido el ensayo y error son los elementos fundamentales que se emplean para falsar las hipótesis en vez de verificarlas. El ejemplo más ilustrativo que nos presenta Popper es el del cisne negro como criterio de falsación de los cisnes blancos.

Lakatos, seguirá la misma propuesta de Popper, siendo consecuente con la refutación mediante la falsación de las teorías científicas que no cubran el dominio de nuevas teorías, en lo que respecta al dominio de explicación de nuestra realidad.

Desde la perspectiva del historicismo de Kuhn se nos plantea en otros términos la investigación científica, pues el factor histórico-social es el elemento constitutivo de dicha investigación. En efecto, el carácter histórico y sociológico de la ciencia salta a la vista en Kuhn en la medida misma en que toda investigación científica se comprende de acuerdo a las épocas históricas en las que ha surgido como paradigma. También el carácter social de la ciencia se pone de manifiesto en Kuhn toda vez que la investigación científica surge y desarrolla desde las comunidades científicas, siendo ellas las que inciden en la creación y difusión.

Desde la concepción epistemológica de Feyerabend, su propuesta dialéctica es el hilo conductor de la investigación científica en la que convergen todos los aspectos culturales de forma holística. De este modo, no sólo el pensamiento lógico tiene cabida en la investigación científica, sino que los factores ideológicos, políticos, artísticos, filosóficos, etc., son determinantes en el desarrollo de la investigación científica. Así, la filosofía, la política y hasta el arte pueden en un momento determinado ser factores importantes para las nuevas leyes y teorías científicas. Su método, en el que se vale todo, es no sólo un método que cuestiona el método lógico de sus antecesores filósofos de la ciencia, sino que valiéndose de su propuesta dialéctica y holística nos propone un enfoque global en la investigación científica.

El método dialéctico de Hegel es decisivo en la constitución de las ciencias sociales toda vez que en él tienen su fundamentación. Este carácter dialéctico será entonces determinante para la interpretación de nuestra historia occidental. Este método va más allá del sujeto trascendental kantiano toda vez que el pensamiento y la realidad en su devenir son una y la misma cosa. Por ello, el sujeto hegeliano no es tan sólo un instrumento o un medio del conocimiento como lo concibe Kant, sino que la dialéctica de Hegel está planteada en su exposición y desarrollo de nuestro proceso histórico en lo que respecta la totalidad de la vida humana. De este modo, Hegel nos presenta el enlace necesario de la razón teórica y la razón práctica a lo largo de toda nuestra historia. De hecho la lógica dialéctica de Hegel es una ontología que unifica los dos campos de la ciencia a través de la categoría de la totalidad. Sin embargo, las ciencias del espíritu tienen prioridad por sobre las ciencias de la naturaleza. Justamente, el espíritu absoluto de Hegel es esta misma totalidad que se expresa en la historia humana universal. Si admitimos que la historia en Hegel asume este movimiento tendremos por tanto que admitir que el concepto de espíritu es algo innovador respecto de las concepciones de la historia que le antecedieron. En este sentido las figuras del espíritu tienen que ver con las etapas históricas por las que ha pasado la humanidad.

Así, pues, el método dialéctico de Hegel se nos presenta a través de una serie de categorías dialécticas que constituyen el proceso subjetivo y objetivo del espíritu. El primero corresponde al proceso de la conciencia en autoconciencia, mientras que el segundo se refiere a la historia humana real. Precisamente, el método dialéctico de Hegel logra la identidad de lo subjetivo y objetivo (del *ser en sí* y del *ser para sí*), como nos muestra la exposición del mismo Hegel: “todo lo racional es real y todo lo real es racional”.¹⁸ Así, la filosofía dialéctica de Hegel se concibe como la ciencia de la totalidad sobre todo si tomamos en cuenta que dicha filosofía realiza una labor racional y objetiva, tal y como nos dice Hegel: “*la necesidad interna — de que el saber sea ciencia radica en su naturaleza, y la explicación satisfactoria acerca de esto sólo puede ser la exposición de la filosofía misma*”.¹⁹ Como se desprende de lo anterior, el sistema científico de la totalidad se concibe desde dialéctica Hegel desde la particularidad y universalidad del devenir histórico del sujeto. Es así como la experiencia del espíritu se da por tanto en la unidad de sus figuras particulares y universales. Desde esta perspectiva teleológica, la historia del hombre coincide con el significado del proceso por el que han pasado los Pueblos (Estados) que Hegel nos plantea.

En este mismo tenor la categoría de espíritu de Hegel es un referente del proceso histórico del hombre es sus dos aspectos racionales. Dichos aspectos se nos presentan en la razón teórico-práctica, que son la base misma de su propia experiencia; es decir, aquella que nos revela Hegel: “*La razón es espíritu cuando su certeza de ser toda realidad es elevada a verdad y ella se sabe consciente de sí misma como de su mundo y del mundo como de sí misma*”.²⁰ El espíritu, en tanto que autoconciencia de lo absoluto, recorre el proceso de su propia experiencia objetiva y subjetiva en tanto que Razón. Es el mismo proceso que tiene como motor fundamental el principio de la negación de la negación y su negación, o como nos lo refiere Hyppolite: “*La identidad de la identidad y no identidad*”.²¹ Es a todas luces evidente que el método dialéctico de Hegel se encuentra inmerso en su propia autogénesis en tanto que el sujeto teórico-práctico genera y desarrolla su verdad. Es sugerente al respecto el subtítulo de la *Fenomenología del Espíritu: La ciencia de la experiencia de la conciencia*. En este sentido, el método dialéctico de Hegel postula la ascensión de la conciencia ingenua (sentido común) a la verdad científica (filosófica). Este carácter del método dialéctico de Hegel se confronta con la formalización lógica-matemática, puesto que dicha formalización no profundiza en nuestra realidad. El error de tal formalización radica en que la explicación es externa al ser social que nos lo presenta mediante la razón práctica en nuestra historia, tal y como lo expresa el mismo Hegel.

*En el conocimiento matemático la intelección es exterior a la cosa, de donde se sigue que con ello se altera la cosa verdadera. De ahí que, aun conteniendo sin duda proposiciones verdaderas el medio, la construcción y la demostración, haya que decir también que el contenido es falso... Su fin o concepto es la magnitud. Es precisamente la relación inesencial, aconceptual. Aquí, el movimiento del saber opera en la superficie, no afecta a la cosa misma, no afecta a la esencia o al concepto y no es, por ello mismo, un concebir.*²²

Con todo, nuestro estudio de la epistemología en la filosofía de la ciencia comprende la crítica metodológica de Marx a Hegel. Su enfoque metodológico será planteado desde sus primeros escritos: *Los Manuscritos filosófico-económicos* de 1844. La crítica de Marx a Hegel se centra en el carácter especulativo y abstracto del método dialéctico de Hegel. El cuestionamiento está dado en primer lugar a la categoría de espíritu de Hegel: “*El espíritu filosófico no es a su vez sino el enajenado espíritu del mundo que se piensa dentro de su autoenajenación, es decir, que se capta a sí mismo en forma abstracta*”.²³ Por otra parte la crítica metodológica de Marx a Hegel se orienta también a las categorías idealistas, *Idea, Absoluto, Conciencia, Autoconciencia*, etc., que tienen un significado abstracto de nuestra realidad, como nos lo hace ver el mismo Marx: “*No es la conciencia la que determina al ser social, sino el ser social es el que determina a la conciencia*”.²⁴ Aun cuando Marx reivindica el método dialéctico de Hegel en lo que respecta a la unidad epistemológica y ontológica del sujeto, sin embargo, la concepción materialista de Marx tiene su origen en el concepto de ser social, en lo que concierne a la génesis y el devenir de la historia humana.

No obstante todo son pertinentes algunas interrogantes: ¿Qué diferencias metodológicas se ponen de manifiesto en las concepciones epistemológicas de Marx y Hegel? ¿Es tan sólo una diferencia metodológica la que subyace en estas concepciones? En *La introducción a la crítica de la economía política* Marx nos plantea el significado de su método en lo que él da en llamar lo material traspuesto en la cabeza del hombre; siendo la antítesis del método de Hegel. Marx aplica el método dialéctico al sistema social capitalista como una totalidad concreta, la que finalmente posibilita llegar a la explicación de su esencia de las circunstancias histórico-sociales, como las decisivas en la interpretación de nuestro sistema capitalista. Es así como el método dialéctico de Marx difiere de la de Hegel, no sólo en lo que respecta su carácter epistemológico, sino que se aplicándose fundamentalmente a la historia humana, más allá de la teoría de conocimiento, se nos presenta como una teoría de nuestra historia, al respecto nos dice:

*Mi método dialéctico –nos dice Marx- no sólo es fundamentalmente distinto del método de Hegel, sino que es, en todo y por todo, la antítesis de él. Para Hegel, el proceso del pensamiento, al que él convierte incluso, bajo el nombre de Idea, en sujeto con vida propia, es el demiurgo de lo real, y esta la simple forma externa en que toma cuerpo. Para mí lo ideal no es, por el contrario, más que lo material traducido y traspuesto a la cabeza del hombre.*²⁵

Referencias

Aristóteles, *Acerca del alma*, ed. Gredos, Madrid 2000

Ayer, A. J., *El positivismo lógico*, ed. FCE, México 1972.

Bacon F., *Novum Organum*, ed. Porrúa, México 1991

Bachelard, G. *La formación del espíritu científico*, ed. Siglo XXI, México 1984

Cassirer, E., *Filosofía de la Ilustración*, ed. F.C.E., México 1975.

- Comte, A., *Primeros ensayos*, ed. F.C.E., México 1981.
- Comte, A. *La física social*, ed. Aguilar, Madrid 1981.
- Chalmers, A., *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?*, ed. Siglo XXI, México 1982
- Descartes, R., *El discurso del método*, Meditaciones metafísicas, Reglas para la dirección del espíritu, ed. Porrúa, México 1995
- Feyerabend, P., *La ciencia en una sociedad abierta*, ed. Siglo XXI, México 1982
- Kant M., *Crítica de la razón pura*, ed. Losada, México, 1988
- Platón, *Diálogos*, ed. Gredos, Madrid 2000
- Hegel, G. W. F., *Filosofía del Derecho*, ed. U.N.A.M. México 1975.
- Hippolite, J. *Génesis y estructura de la Fenomenología del Espíritu*, ed. Península, Bacerlona 1974
- Hegel, G. W. F., *Fenomenología del espíritu*, ed. F.C.E., México 1973.
- Hume, D., *Tratado de la naturaleza humana*, Editora Nacional.
- Leibniz, G., W., *Nuevos ensayos sobre el entendimiento humano*, ed. UNAM, México 1976
- Locke, J., *La conducta del entendimiento*, ed. Anthropos, Barcelona 1992
- Kuhn, T., *La estructura de las revoluciones científicas*, ed. F.C.E., México 1986
- Popper, K., *Conjeturas refutaciones*, Paidos, Barcelona 1972
- Popper, K., *La sociedad abierta y sus enemigos*, ed. Paidos, Buenos Aires 1982
- Marx, K., *Manuscritos económico-filosóficos de 1844*, ed. Grijalbo, México 1968.
- Marx, K., Engels F., *La ideología alemana*, ed. Ediciones de Cultura Popular, México 1970
- Marx, K. *El capital*, ed. F.C.E. México, 1973
- Wittgenstein, L., *Tractatus lógico-philosophicus*, ed. Alianza Editorial, Madrid 1973

¹ Si bien el autor precisa que Marx trata a la sociedad en abstracto, carente de unidad, con lo que fundamenta el materialismo histórico.

² Video: Comentario de libro Schmidt. <http://www.youtube.com/watch?v=HBV4iJUha7c>

³ http://encyclopaedia.herdereditorial.com/wiki/Volpi:Claude-Adrien_Helv%C3%A9tius. También conocido como Claude-Adrien Helvétius. “En su principal obra sistemática [De l’*sprit*], Helvétius persigue el fin de construir una teoría moral según el modelo metódico de la física experimental. Su intención es elaborar una ciencia del hombre que investigue las leyes de la conducta humana o las relaciones sociales en las que vive el hombre, al estilo del espíritu analítico de la filosofía de Locke. Mientras que el autor en la primera parte de su obra considera el espíritu como facultad cognoscitiva del hombre sin más, en la segunda parte la investiga como fenómeno social (...) Según la concepción de Helvétius, las facultades espirituales del hombre se fundan en su naturaleza física y a la vez se distinguen de ella. Si el principio fundamental del mundo físico es el movimiento, la sensibilidad del hombre constituye el principio de movimiento del mundo moral, cuyas leyes son analizadas a imitación de la física de Newton de una forma rigurosamente científica. Apoyándose en la teoría del conocimiento de Condillac, Helvétius *reduce la facultad de conocimiento humano, así como todas las acciones espirituales, a la sensibilidad*. Las ideas humanas surgen por la cooperación de la sensibilidad con la memoria y en definitiva de la sensibilidad, pues la memoria no es otra cosa que un órgano de la sensibilidad. El juicio, que según el autor representa la acción principal del conocimiento, puede reducirse también a la sensibilidad, pues el juicio es la capacidad de comparar diversas sensaciones. En consecuencia, Helvétius define el «espíritu» como el conocimiento de las relaciones recíprocas entre las sensaciones y los objetos, o entre los objetos y el hombre. Para investigar el espíritu en toda su extensión, según el autor no sólo hay que considerar la facultad intelectual, sino también el «corazón» o las «pasiones» del hombre. Tal como muestra sobre la base de un análisis del fenómeno de la atención, el interés es un componente esencial del conocimiento. A pesar del hecho de que las pasiones pueden causar errores, Helvétius las considera como una condición fundamental del conocimiento.”

⁴ <http://encyclopaedia.herdereditorial.com/wiki/Hillmann:Feuerbach>. “Hegel comienza su especulación -dice Feuerbach-, con el concepto abstracto de ser, y cualquier intento de ir más allá de la naturaleza y del hombre vana especulación sin sentido. Con ello Feuerbach prepara la inversión materialista del sistema hegeliano. Para él, la verdadera realidad no es el espíritu sino la naturaleza sensible y material: «el hombre es lo que come». Y, de la misma manera, afirma que «la naturaleza no sólo construyó el vulgar laboratorio del estómago: también construyó el templo del cerebro». A partir de esta crítica a Hegel, Feuerbach ya había dado el paso hacia el materialismo y el sensualismo que impregnan su obra, y hacia la crítica a la religión a partir del análisis de la alienación y de la consideración de la esencia del ser humano (...) tampoco en el hombre entendido de manera especulativa y abstracta, sino en el hombre como ser natural y social. La conciencia que el hombre posee de Dios es -dice Feuerbach- la que posee de sí mismo. El espíritu no es otra cosa que el desdoblamiento del individuo. El hombre proyecta sus cualidades, anhelos, deseos, aspiraciones y deseos fuera de sí; se extraña o aliena de sí mismo y construye la idea de Dios. Por ello, la religión es solamente la proyección de la esencia del hombre, y la verdad de la teología aparece como antropología (...) la verdadera religión debe estar constituida por las relaciones sociales. En lugar de una moral basada en el amor a Dios, el humanismo de Feuerbach propugna una moral basada en el amor al ser humano y en la esencia del hombre.”

⁵ Loc. Cit.

“En la Dialéctica de la Ilustración, como un enfoque filosófico, y no más como una herramienta científica: la dialéctica negativa se convierte en una postura que deja a salvo a la razón frente a los acontecimientos; deviene en crítica permanente incluso sobre sí misma y frente a la historia; en este sentido es negativa, al no buscar ni aceptar su transformación en doctrina o en nuevo mito. Es una dialéctica invertida, una dialéctica en permanente revisión y, sobre todo, dotada de memoria, a despecho de la razón instrumental (...) frente al miedo, los afanes por exterminar al mito y conocer dominando a la naturaleza dan por resultado un nuevo mito: la razón ilustrada. *‘La ilustración... ha perseguido desde siempre el objetivo de liberar a los hombres del miedo y constituirlos en señores... Pretendía resolver los mitos y derrocar la imaginación mediante la ciencia... la Ilustración ha consumido hasta el último resto de su autoconciencia... Pero los mitos que caen víctimas de la Ilustración eran ya producto de ésta’* (Horkheimer y Adorno, 1994: 61 - 63)” (Citado en: Rojas, 1999, 84).

⁷ En la parte final de su obra, Schmidt reivindica, en contra de lo afirmado por la corriente crítica, sin decirlo de manera enfática, que *la filosofía de Marx no va en contra de la naturaleza, ni es un enfrentamiento sociedad-naturaleza*. En los manuscritos parisinos –dice Schmidt– Marx se expresa del comunismo: “El comunismo como supresión positiva de la propiedad privada, como autoalienación humana y, por ende, como apropiación real de la esencia humana por y para el hombre; y en tanto retorno pleno, que se produce conscientemente y dentro de la riqueza del desarrollo hasta nuestros días, del hombre para sí y como hombre social, es decir, como hombre humano. Este comunismo es, como pleno naturalismo = humanismo y como pleno humanismo = naturalismo, la verdadera solución del conflicto del hombre con la naturaleza y con el hombre, del conflicto entre existencia y presencia, entre objetivación y autoafirmación, entre libertad y necesidad, entre individuo y género. Es el enigma resuelto de la historia y se percibe a sí mismo como tal solución.” (Citado en: Schmidt, 2011, 150). Puede verse el Apéndice de su obra: *Historia y Naturaleza en el Materialismo Dialéctico* (p. 197-231)

¹ Platón, Diálogos, p. 266

² Aristóteles, Acerca del alma, p. 134,135,136

³ Ibidem. p. 137

⁴ Cfr. Descartes R., Discurso del Método, p. 16.

⁵ Cfr. Ibidem p. 21.

⁶ Cfr. Ibidem. p.22.

⁷ Cfr. Bacon F., Novum Organum, p. 42.

⁸ Cfr. Bacon, Op. Cit. p.42.

⁹ Cfr. Ibid. p.42.

¹⁰ Cfr. Ibid p. 43.

¹¹ Cfr. Ibid p. 41

¹² Cfr. Cassirer E. Filosofía de la Ilustración, pag. 30

¹³ Cassirer E. Op Cit., pag. 30

¹⁴ Ibidem. pag. 29.

¹⁵ Ibidem. p. 31

¹⁶ Cfr. Kant M, Crítica de la razón pura, p. 202.

¹⁷ Ayer, El positivismo lógico, pag. 29.

¹⁸ Cfr. Hegel, filosofía del derecho, ed. U.N.A.M. México 1975, p. 14.

¹⁹ Cfr. Hegel, Op. Cit., p. 9.

²⁰ Cfr. Hegel G.W.F. Fenomenología del espíritu, ed. F.C.E. México 2000, p. 259.

²¹ Cfr. Génesis y estructura de la Fenomenología del Espíritu,

²² Cfr. Hegel, Op. Cit., ps. 29, 30.

²³ Cfr. Marx C., Manuscritos de Economía y filosofía, ed. Alianza Editorial, Madrid 1972, p. 187.

²⁴ Cfr. Marx C., La ideología alemana, ed. F.C.P. México 1972, p. 32

²⁵ Cfr. Marx C., *El capital*, p. XXIII

Experiencias sobre el requisito de idioma en el posgrado de la Universidad Autónoma Chapingo

CASTILLEJOS-LÓPEZ, Willelmira^{*†}, HUERTA-MIRANDA, Graciela^{''} y MACÍAS-URIBE, Carlos^{''}

Universidad Autónoma Chapingo-Departamento de Centros Regionales Universitarios, km 38.5 Carretera México Texcoco s/n C.P. 56 230, Texcoco, Estado de México.

''Universidad Autónoma Chapingo-Departamento de Preparatoria Agrícola, km 38.5 Carretera México Texcoco s/n C.P. 56 230, Texcoco Estado de México.

Resumen

La mayoría de los posgrados universitarios de México incluye entre sus requisitos de ingreso y/o egreso el dominio de una o más habilidades en lengua extranjera. Sin embargo, la atención de los planes de estudio centrada en el fomento de dichas habilidades no responde a la exigencia expresada por los programas de posgrado. Parece tratarse de una situación que queda al libre albedrío del estudiante, quien ha de asumir de manera independiente el cumplimiento de ese requisito. También, se da por hecho que al tratarse de estudiantes de posgrado, el nivel de una lengua extranjera, comúnmente la inglesa, debe contar con bases sólidas.

¿Cuál es la realidad de este escenario? El trabajo que se presenta expone las experiencias relacionadas con la operatividad del requisito de idioma en el posgrado institucional de la Universidad Autónoma Chapingo. Por una parte, se describen los procedimientos que siguen los estudiantes para superar el requisito de idioma, el escenario académico que enmarca la consecución del mismo y los resultados de los últimos cinco años. Por otra, se discute sobre estándares de evaluación y programas académicos orientados a la consecución del mencionado requisito de idioma. Dado que se trata de un trabajo que aborda la enseñanza y aprendizaje de una lengua extranjera es primordial el análisis de la naturaleza del objeto de aprendizaje y de los principios fundamentados en la psicología educativa (Richards J., 2003: viii) así como los fundamentos expresados en el Marco Común Europeo de Referencia para Lenguas (MCERL).

Requisito, idioma, aprendizaje de lenguas.

Abstract

Most college graduate of Mexico includes among its requirements for entry and / or exit the domain of one or more foreign language skills. However, the focus of the curriculum focusing on the promotion of these skills do not meet the requirement expressed by the graduate programs. It seems to be a situation that left to the discretion of the student, who has to assume independently fulfilling that requirement. Also, it assumes that being graduate students, the level of a foreign language, usually English, must have solid foundations.

What is the reality of this scenario? The work presented outlines the experiences related to the operation of the language requirement in the institutional graduate Chapingo. On the one hand, the procedures that follow students to overcome the language requirement described, the academic scene framing and achieving the same results of the last five years. In addition, it discusses evaluation standards and academic programs to achieve the above mentioned language requirement. Since this is a work that addresses the teaching and learning of a foreign language is essential the analysis of the nature of the learning object and principles grounded in educational psychology (J. Richards, 2003: viii) as well as the basics expressed in the Common European Framework of Reference for Languages (CEFR).

Requirement, language, language learning.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: williecastillejos@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

El presente trabajo busca describir, desde una valoración académica, la situación del requisito de idioma en el posgrado de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Pretende, de inicio, plantear una discusión con los actores involucrados: estudiantes, profesores y autoridades universitarias, con la finalidad de reflexionar en torno de la pertinencia y condiciones en que se desarrolla el logro o fracaso del requisito de idioma para los estudiantes del posgrado institucional. De acuerdo con la Coordinación General de Estudios de Posgrado, la exigencia actual para los niveles de maestría y doctorado se expresan de la siguiente manera en lo que respecta al requisito de idioma:

Para maestría:

El requisito de idioma en los programas de Maestría se cumple cuando el estudiante es capaz de leer y traducir con fluidez y tener un dominio aceptable de la gramática del idioma inglés, el equivalente a 50 puntos en la sección de Reading Comprehension ó 450 puntos en el examen global del TOEFL.

Para doctorado:

El requisito de idioma en el Doctorado, se cumple cuando el candidato es capaz de mantener una conversación y de escribir un trabajo relacionado con su especialización, el equivalente a 500 puntos en el examen global del TOEFL.

En el fondo de las condiciones expresadas en esta exigencia académica se encuentra un conjunto de características que atañen no sólo a una problemática académica sino también social y que obliga al análisis de este requisito y a la reflexión de su pertinencia en las condiciones en que opera actualmente.

Materiales y métodos

El trabajo incluye el análisis de un tema crucial reflejado como exigencia académica en cada programa de posgrado de la institución. Las bases de este análisis se refieren a la problemática académica y aborda elementos que sustentan enfoques de enseñanza y aprendizaje de segundas lenguas y lenguas extranjeras. En dichos enfoques, se discute el aprendizaje de un idioma como un proceso de perspectiva tanto funcional como estructural. Con este trabajo, basado en la consecución de una comunicación abierta sobre el tema por parte de los actores que participan en alguna parte del proceso operativo de este requisito, se busca también proponer una solución y analizar una serie de alternativas que promuevan la adecuada ejecución del requisito de idioma. Dicha solución será de beneficio para estudiantes e institución.

Resultados

A la fecha, se han establecido las metas de este trabajo, que consisten en:

Describir la situación actual de los procedimientos que siguen los estudiantes para superar el requisito de idioma en los diferentes programas de posgrado de la UACH.

Establecer un sistema de comunicación permanente por un período determinado con los actores involucrados en el tópico del requisito de idioma institucional.

Averiguar sobre las formas en que opera el cumplimiento del requisito de idioma en otras instituciones de prestigio.

Establecer foros de discusión orientados al estudio de la problemática planteada y a la propuesta de soluciones.

Diseñar un programa académico especializado en la impartición de uno o más idiomas diferentes al español, apropiado para el nivel de posgrado, y conducente a la aprobación del requisito de idioma.

La fase de desarrollo en la que se encuentra el proyecto de investigación objeto de este trabajo es la diagnóstica, en donde se describen las prácticas ejercidas por los estudiantes para conseguir el requisito de idioma. Se ha entrevistado a la totalidad de los coordinadores de posgrado de la institución, quienes han manifestado su preocupación por el tema y por los recursos de que debieran disponer los estudiantes para aprender el discurso académico del idioma inglés.

Los comentarios recogidos señalan que en la enseñanza y aprendizaje de una lengua extranjera es primordial el análisis de la naturaleza del objeto de aprendizaje y de los principios fundamentados en la psicología educativa (Richards J., 2003: viii). La demostración de la aptitud en una lengua extranjera implica la travesía de un proceso de adquisición gradual del contexto general de una lengua: gramática, función social, aspectos semánticos y pragmáticos y dominio cultural. Un enfoque de adquisición de idioma es idéntico al del aprendizaje en general, concebido como un cambio externo en la conducta. Dicho cambio debe operar en congruencia con las necesidades de manipulación del idioma extranjero para quien lo aprende, de modo que sólo el contexto puede determinar los propósitos de adquisición de una lengua.

Para un posgraduante, por ejemplo, un idioma extranjero es un instrumento para promover la retroalimentación y el intercambio científicos, pero es también fundamental para su desenvolvimiento en el quehacer académico en la propia lengua nativa, ya que aprender un idioma resuelve no sólo la comunicación en otra lengua, sino el desarrollo de las habilidades de pensamiento, en las que el individuo elabora esquemas y estructuras nuevas, reformula las ya existentes y es consciente de un proceso lingüístico y cognitivo que contribuye activamente al conocimiento de manera general.

La enseñanza y aprendizaje de segundas lenguas han sido objeto de estudio de la lingüística aplicada, en donde los enfoques y métodos se han distinguido por su variedad, privilegiándose algunas veces las aplicaciones socio-funcionales del idioma y otras veces el conocimiento de la estructura. Nombres como método audiolingual, enfoque directo, método gramática-traducción, enfoque comunicativo, aprendizaje basado en tareas, entre otros, son comunes en la lingüística aplicada, pero la realidad es que, en materia de enseñanza y aprendizaje de un idioma hay que fundamentar sólidamente un esquema que aborde teorías de aprendizaje, teorías de enseñanza, métodos, papel del estudiante, papel del profesor, y condiciones contextuales que contribuyan a su efectiva adquisición. Asimismo, para plantear este esquema hay que considerar que en las habilidades de una lengua intervienen factores de tiempo, método de enseñanza, experiencia individual de los estudiantes, motivación, formación y habilidad del docente, entre otros.

Desafortunadamente, estos factores no siempre son tomados en cuenta a la hora de decidir las características de un requisito de idioma, y una opción para conocer el nivel de dominio de una lengua extranjera por parte de las instituciones educativas ha sido la aplicación de los llamados exámenes estandarizados, los cuales tienen como objetivo medir el nivel de idioma de personas cuya lengua materna no sea precisamente la del objeto de evaluación. Los exámenes están destinados a proporcionar resultados con miras a la competitividad como profesionales o posgraduados de alto nivel. Asimismo, son exámenes de validez internacional que permiten a quienes logran determinado puntaje la posibilidad de estudiar en el extranjero.

Algunos de los exámenes más solicitados son:

First, Advanced y Proficiency: son exámenes de inglés de la Universidad de Cambridge que gozan de gran prestigio tanto en el ámbito académico como empresarial. La aprobación de estos exámenes es un requisito fundamental para ir a estudiar a varias universidades británicas e incluso estadounidenses.

TOEFL (*Test of English as a Foreign Language*): se trata de un examen que se aplica en diversas modalidades, ya sea en computadora o en papel. La escala del TOEFL es válida para más de 2400 instituciones en Estados Unidos y Canadá (Noble Sullivan *et al*, 2002: 3) y en México es utilizada por varias instituciones, entre ellas la Universidad Autónoma Chapingo, para reconocer el nivel de idioma de posgraduantes.

GMAT (*Graduate Management Admission Test*): es un examen que no sólo evalúa los conocimientos de inglés sino también las habilidades y formación académica en el ámbito de los negocios.

En la misma línea de los exámenes mencionados se encuentran el DELF (*Diplôme d'Études de Langue Française*), válido para evaluar el nivel de francés; el *Nihongo nōryoku shiken*, para el japonés; el *Bergen Test*, para el noruego; el CAT (*Common Admission Test*), para India; y el DELE (*Diploma de Español como Lengua Extranjera*), para el español.

Todos estos exámenes solicitados por los países cuya lengua se evalúa.

Pero ¿qué se requiere para determinar el nivel de dominio de una lengua? Al respecto, el trabajo más reconocido es el Marco Común Europeo de Referencia para Lenguas (MCERL), un documento que establece un patrón de medición internacional para evaluar la comprensión y producción orales y escritas de cualquier lengua. El MCERL fue propuesto por el Consejo de Europa a partir de un congreso internacional en Suiza en 1991. De acuerdo con este marco, los niveles de aprendizaje, que determinan la enseñanza y evaluación de las lenguas son seis, mismos que representan a tres tipos de usuario:

A: Usuario básico
Nivel A1: Acceso
Nivel A2: Plataforma
B: Usuario independiente
Nivel B1: Umbral
Nivel B2: Avanzado
C: Usuario competente
Nivel C1: Dominio operativo eficaz
Nivel C2: Maestría

Cada uno de estos niveles se presenta en una escala de habilidades de uso y comprensión de la lengua. Asimismo, se especifican las habilidades (ver anexo) que los estudiantes deben lograr conforme se avance en los niveles. Estas habilidades se refieren a la comprensión de la lengua, tanto auditiva como de lectura, a la expresión oral, a la capacidad de interacción y a la expresión escrita (MCERL, 2002).

Al ser una base para determinar niveles de dominio en una lengua, cualquiera que ésta sea, el MCERL permite establecer equivalencias con los exámenes estandarizados, señalando en qué nivel se ubica cierto examen. Por ejemplo, el Zertifikat Deutsch, en lengua alemana, estaría en el nivel B1; el HSK V, del mandarín, en el nivel C1; el DELI (*Diploma Elementare di Lingua Italiana*) en el nivel A1. En cuanto al examen TOEFL, el puntaje determina el nivel del MCERL. Así, uno de 450 a 500 puntos, que es el exigido para maestría y doctorado respectivamente en la UACH, equivale a B1 o nivel umbral, es decir, intermedio.

La relación de niveles del MCERL con los exámenes estandarizados supone una tarea administrativa y académica, en el seno de la cual los programas de preparación para capacitar a estudiantes en la adquisición de habilidades en LE tienen un papel fundamental. En este sentido, el estudio de métodos y enfoques, su historia y sus recursos más valiosos, pueden ser aprovechados en conjunto con una experiencia docente.

En la adopción de un modelo académico para la capacitación en idiomas y en el diseño de un instrumento de evaluación acorde a las necesidades profesionales de los posgraduantes pudiera encontrarse la superación de las dificultades presentes en el requisito de idioma.

Conclusiones

El diálogo con los coordinadores ha permitido la actualización del estado en que se lleva a cabo la práctica para la superación del requisito. Se determina así que dicha práctica ocurre de manera heterogénea en los diferentes programas de maestría y doctorado. Es importante también la interacción con los estudiantes, dado que ellos pueden exponer sobre las virtudes y obstáculos encontrados en la consecución del puntaje TOEFL, esta parte, aún se encuentra en ciernes y se considera que concluirá en el presente semestre.

De manera complementaria, en la elaboración de un diagnóstico de las condiciones en que opera actualmente la práctica de obtención del requisito de idioma en el posgrado institucional, se ha considerado la descripción del propio examen TOEFL. En este sentido, hay que establecer un abordaje integral de los objetivos de este examen, los alcances académicos, la inserción como estándar de evaluación internacional y los aspectos socio-culturales que definirían su pertinencia como instrumento de evaluación para los fines que se requieren en el posgrado de la UACH.

Una vez obtenido el diagnóstico, se ha considerado establecer foros de discusión con los especialistas de enseñanza de idiomas en la institución, particularmente aquellos que han tenido que ver con la formación de estudiantes para este examen. Se tratará de reuniones fundadas en la experiencia y en la argumentación académica respecto de teorías de enseñanza y aprendizaje de idiomas, enfoques y métodos.

La última etapa del proyecto se orienta hacia la propuesta que puede resultar de las fases anteriores y se refiere a un programa académico destinado a la formación de estudiantes en una preparación propia del nivel de posgrado. El desarrollo de habilidades empleadas efectivamente en el ejercicio profesional sería un objetivo principal de este programa.

Referencias

De Bot, K.; Lowie, W. & Verspoor, M. 2005. *Second Language Acquisition*. Estados Unidos y Canadá: Routledge.

Guía de posgrados: Requisitos de idioma en posgrado. Fecha de consulta: 20 de enero de 2013. <http://www.guiadeposgrados.com/2009/posgrados/requisitos-de-idioma-en-posgrados/>

Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. 2002. *Marco Común Europeo de Referencia para las Lenguas: Aprendizaje, Enseñanza, Evaluación*.

Noble P., Brenner G.A & Qiu Zhong G. 2002. *Master the TOEFL CBT*. Estados Unidos: Thomson Arco.

Phillips, D. 2011. *Longman Preparation Course for the TOEFL Test: The Paper Test*. Estados Unidos: Pearson.

Richards, J. & Rodgers, T. 2001. *Approaches and Methods in Language Teaching*. Estados Unidos: Cambridge.

Veiz, J.M. 2000. *Fundamentos lingüísticos en la enseñanza de lenguas extranjeras*. Barcelona: Ariel.

Tecnología aplicada a la agronomía

Modelo compuesto para crecimiento de una plántula oleaginosa

VALDÉS-RODRÍGUEZ, Ofelia A.†, JIMÉNEZ-VÁSQUEZ, Donasiano y MUÑOZ-GAMBOA, Caupolicán

Colegio de Posgraduados.

Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa.

Resumen

La especie mexicana *Jatropha curcas* L. (*Jatropha*) es una oleaginosa que se caracteriza por su rápido crecimiento durante sus primeros estadios. Sin embargo, en México aún no se han reportado modelos para representar su crecimiento durante ninguna fase. Por lo que este estudio presenta una nueva aproximación para determinar el crecimiento longitudinal de la *Jatropha* durante su etapa juvenil. A diferencia de los modelos tradicionales que se enfocan en predecir las dimensiones finales, en este trabajo los datos obtenidos se procesan con base en las tasas de crecimiento. Se consideraron las longitudes de los tallos de 135 plántulas de *Jatropha*, medidos durante tres experimentos con duraciones desde el primer día de la emergencia hasta el primer, segundo y tercer mes de edad. A cada dato se le estimó su tasa de crecimiento diario y se graficaron los resultados correspondientes. En consecuencia, con este método se identificaron dos fases del crecimiento que, interpretando los datos, corresponderían a la fase 1: donde la influencia de los cotiledones de la semilla, que proporcionan los nutrientes para el crecimiento inicial, proporcionan un fuerte impulso inicial; y la fase 2: que se rige por la influencia del sustrato, que proporciona los nutrientes necesarios una vez que la intervención de los cotiledones ha concluido.

Para cada uno de estos dos efectos se ha propuesto un modelo distinto con los que se ha concretado una representación compuesta que consiste en describirlos como la suma de dos ecuaciones: un modelo de segundo orden con dos raíces constantes para la fase 1 y un modelo gaussiano para la fase 2. Ambas ecuaciones constituyen un nuevo modelo con el cual se han obtenido resultados satisfactorios.

Modelos matemáticos, *Jatropha curcas*, tasa de crecimiento.

Abstract

The Mexican species *Jatropha curcas* L. (*Jatropha*) is an oil that is characterized by its rapid growth during its early stages. However, Mexico has not yet been reported to represent their growth models during any phase. So this study presents a new approach for determining the longitudinal growth of *Jatropha* in his youth. Unlike traditional models that focus on predicting the final dimensions, in this paper the data are processed based on growth rates. The lengths of the stems 135 *Jatropha* seedlings measured for three experiments with durations from day of emergence to the first, second and third months of age were considered. Each figure is estimated daily growth rate and the corresponding results are plotted. Consequently, this method two phases of growth, interpreting the data correspond to phase 1 were identified where the influence of the cotyledons of the seed, which provide nutrients for the initial growth, provide strong momentum; and phase 2, that is governed by the influence of the substrate, which provides the necessary nutrients after the intervention of the cotyledons is complete.

For each of these two effects has been proposed a different model which has materialized a composite representation consisting describe as the sum of two equations: a second order model with two constant roots for phase 1 and a Gaussian model for phase 2. Both equations constitute a new model with which they have been successful.

Mathematical models, *Jatropha curcas*, growth rate.

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

Aunque la *Jatropha* es una especie nativa muy difundida internacionalmente por sus aplicaciones en la industria de los biocombustibles (Achten *et al.*, 2008), no existen curvas de crecimiento de esta especie para ninguna de sus fases. Esto se debe a que los modelos que permiten generarlas, se aplican generalmente en especies forestales con fines maderables, donde las curvas permiten predecir la capacidad de aprovechamiento de los árboles (Rivas, 2003). Entre los modelos más ampliamente usados se encuentran los de Chapman-Richards, el de Gompertz y el Logístico (López, 2010; Villar *et al.*, 2004), que se describen respectivamente por medio de las ecuaciones (1.1 a 1.3). En ellos se observa que las alturas A son aproximaciones muy cercanas a la respuesta a escalón de un sistema de primer orden.

Chapman-Richards

$$A = H * (1 - e^{-\beta_1 E})^{\beta_2} \quad (1.1)$$

Gompertz

$$A = H * e^{(-e^{-\beta_1(E-\beta_2)})} \quad (1.2)$$

Logístico

$$A = \frac{H}{1 + \beta_1 * e^{(-\beta_2 * E)}} \quad (1.3)$$

En donde:

H es la altura final de la planta, E es la edad de la planta y β_1 y β_2 son constantes que permiten definir la velocidad de crecimiento del sistema, y que para los efectos de análisis pueden hacer las veces del inverso de la constante de tiempo, un factor de potencia, un factor de corrimiento, un factor de multiplicación, etc.

En estos modelos generalmente se analizan las dimensiones a lo largo de un periodo de tiempo que por lo regular considera la altura máxima del organismo. Por lo que para determinar los parámetros de un modelo específico se requiere conocer las tallas finales típicas de la especie para el sitio de interés. Si no se conocen estos datos, no es posible encontrar su modelo. Sin embargo, si sólo se consideran las tasas de crecimiento segmentadas, se podría estimar otro modelo que maneje esta aproximación. En esta investigación se muestran los pasos para determinar un modelo con base en las tasas de crecimiento diario de una planta oleaginosa en el trópico veracruzano y durante sus primeros tres meses posteriores a la emergencia.

Materiales y métodos

Sitio de estudio y condiciones climáticas

Durante la fase de toma de datos se consideraron tres experimentos con duración de uno, dos y tres meses. Los experimentos del primer y segundo mes se desarrollaron durante la primavera-verano en un vivero abierto del campus Veracruz del Colegio de Postgraduados, localizado en el municipio de Manlio Fabio Altamirano, Veracruz. Los experimentos del tercer mes se realizaron durante el otoño en un predio, también a cielo abierto, de la ciudad de Veracruz, Veracruz. El clima de la región se considera cálido subhúmedo, con lluvias abundantes en verano, durante los meses de junio a octubre (INEGI, 2014). Los datos climáticos se tomaron de la estación meteorológica del campus Veracruz, para los experimentos localizados en el campus y de la estación meteorológica de la ciudad de Veracruz, para el experimento localizado allí. El Cuadro 1 muestra las condiciones climáticas registradas.

Cuadro 1 Condiciones climáticas promedio registradas durante los experimentos

Experimento	Temp. máxima °C	Temp mínima °C	% de Humedad
Un mes	33.7	23.0	75.9
Dos meses	29.1	18.4	72.8
Tres meses	29.2	19.4	74.9

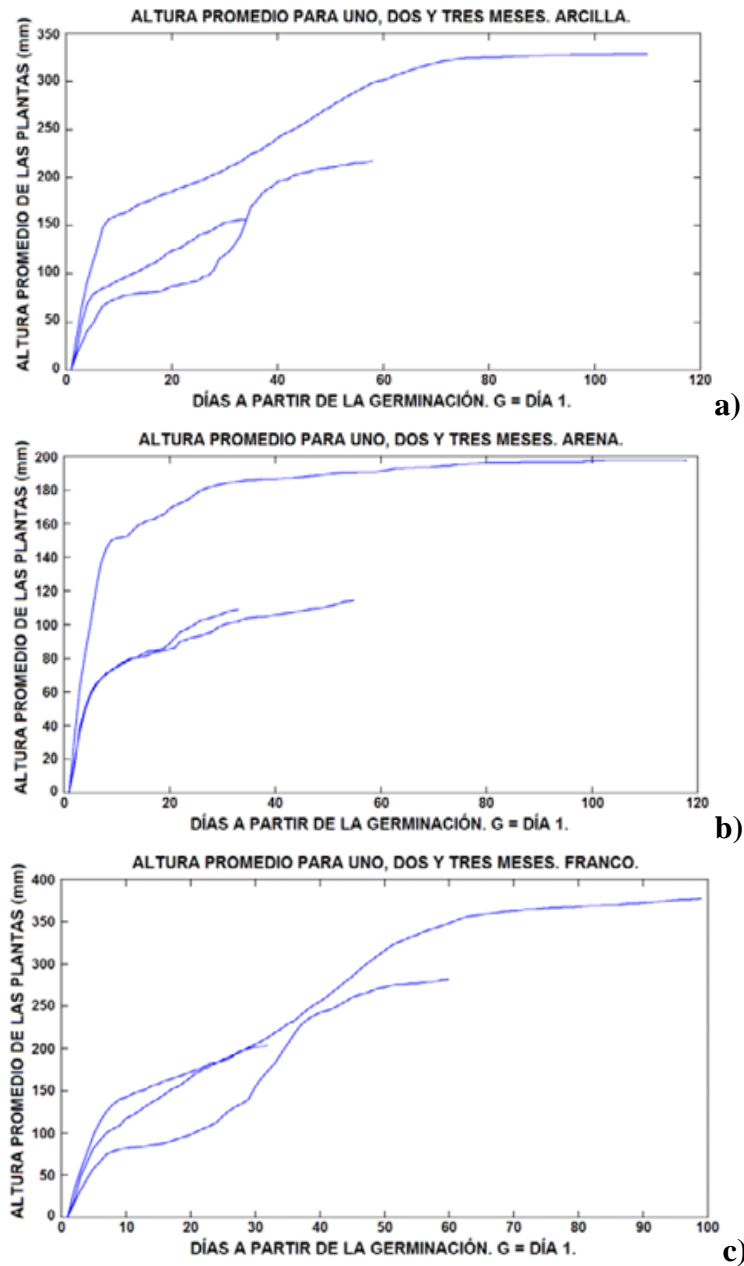
Diseño experimental

Para los tres experimentos se colocó una semilla de *Jatropha* en el centro de una bolsa contenedor (de 5 kg de capacidad para uno y dos meses y de 30 kg de capacidad para tres meses) con un sustrato designado: tipo arcilloso, tipo franco y tipo arenoso. El número de individuos por sustrato fue de 15, para tener un total de 45 individuos por experimento. Se procedió a irrigar periódicamente para mantener humedad en el sustrato sin permitir estancamientos. Una vez emergida la planta se procedió a medir diariamente la longitud de su tallo con cinta métrica flexible de 1mm de precisión. La longitud se consideró desde el inicio del tallo hasta el ápice final.

Identificación de las fases y determinación del modelo

Los datos obtenidos de los tres registros aparecen graficados en la figura 1. En cada gráfica puede verse que las curvas de crecimiento de las plantas sembradas en los tres sustratos y para los tres periodos de tiempo tienden toscamente a parecerse a la respuesta a una función escalón de un sistema de primer orden.

Figura 1 Datos obtenidos para los tres casos y los tres tiempos: a) Arena, b) Arcilla y c) Franco arcilloso



A partir de las tasas de crecimiento diario (T) y con base en las observaciones de las curvas obtenidas se ha considerado un modelo compuesto por las ecuaciones (2.1 y 2.2), descritas por a) una respuesta a impulso de un sistema de segundo orden y b) una distribución normal o gaussiana.

Primera fase

$$T_1 = K_p(e^{-t/R_2} - e^{-t/R_1})/(R_2 - R_1) \quad (2.1)$$

Segunda fase

$$T_2 = K_s e^{-(t-t_0)^2/(2\sigma^2)} \quad (2.2)$$

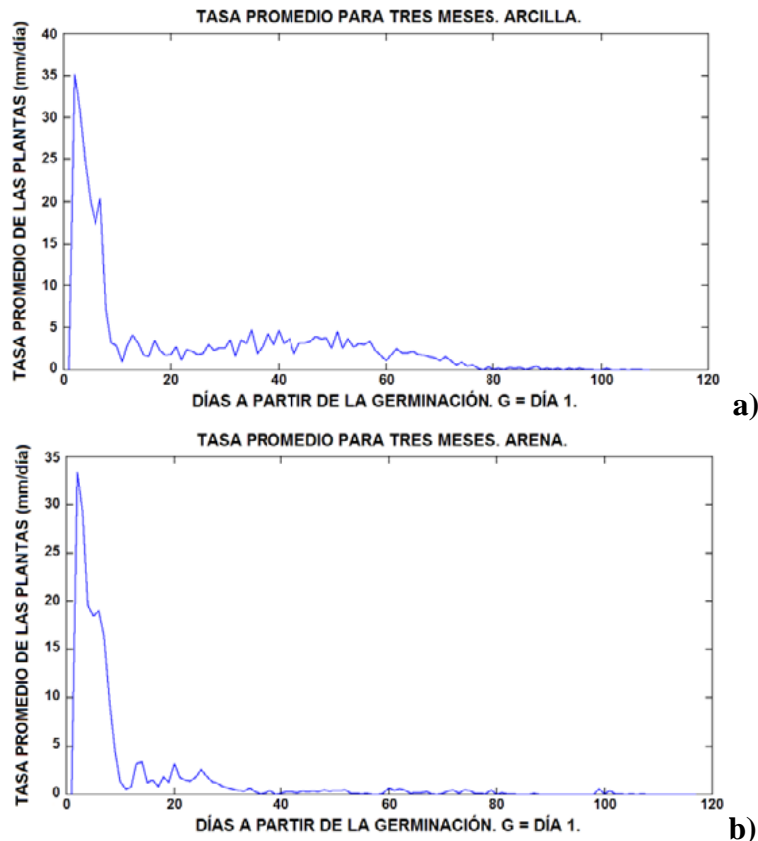
En estas ecuaciones K_p es la amplitud de la respuesta de segundo orden; R_1 y R_2 son las raíces de la ecuación característica o polos del sistema de segundo orden; K_s es la amplitud de la distribución normal; t_0 es el valor central de la distribución y σ es la desviación estándar. Estas son las constantes que definen las curvas de ajuste óptimo de los datos obtenidos para las tasas.

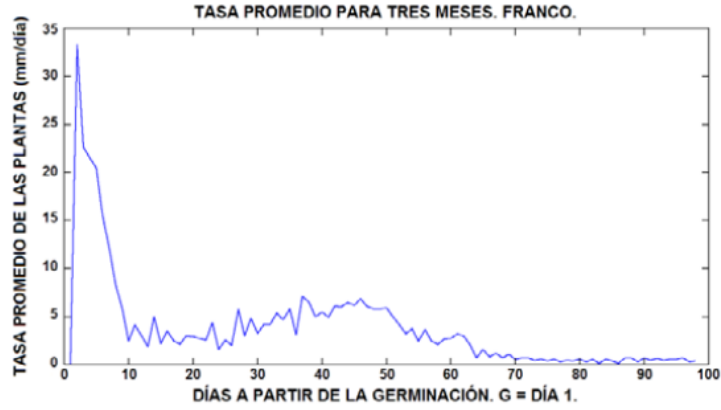
Con estos datos iniciales se calcularon las tasas de crecimiento a las cuales se les aplicaron los modelos de ajuste de las ecuaciones (2.1 y 2.2) considerando simplemente el modelo compuesto dado por $T_1 + T_2$.

Resultados

Una vez que las tasas de crecimiento se calcularon a partir de los datos del crecimiento mismo, se obtuvieron las gráficas que se muestran en la figura 2, en la que aparecen únicamente las del periodo de tres meses.

Figura 2 Gráficas de las tasas para un periodo de tres meses: a) Arcilla, b) Arena y c) Franco. En ellas se insinúan los modelos propuestos

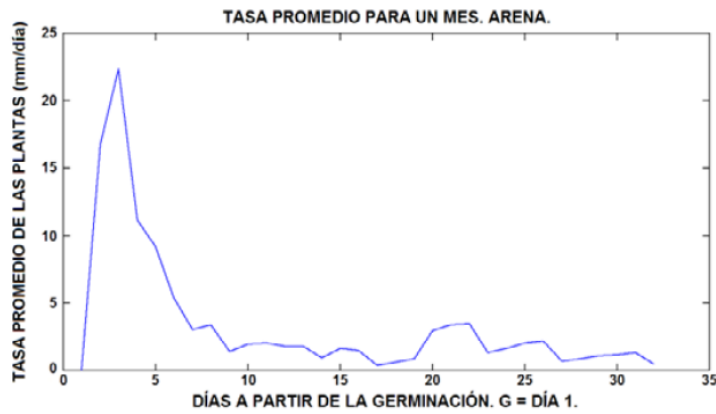




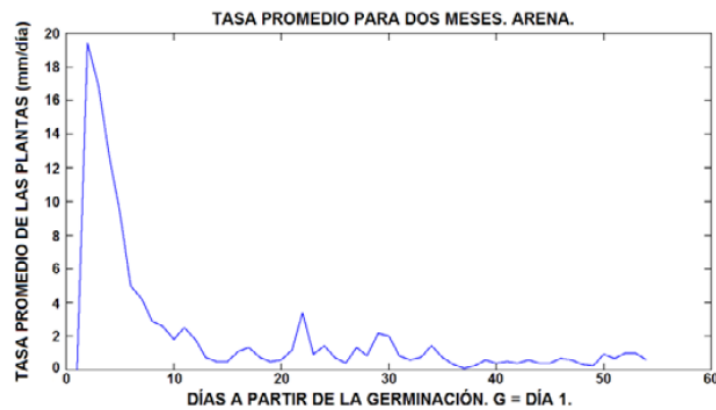
c)

Aunque los otros casos para uno y dos meses no se muestran en detalle, hay que destacar que los resultados para estas curvas son similares a los de la figura 2, aunque menos extensos. Por ejemplo, en la figura 3 se muestran los casos del sustrato arena para uno y dos meses.

Figura 3 Gráficas de las tasas para a) uno y b) dos meses del sustrato arena



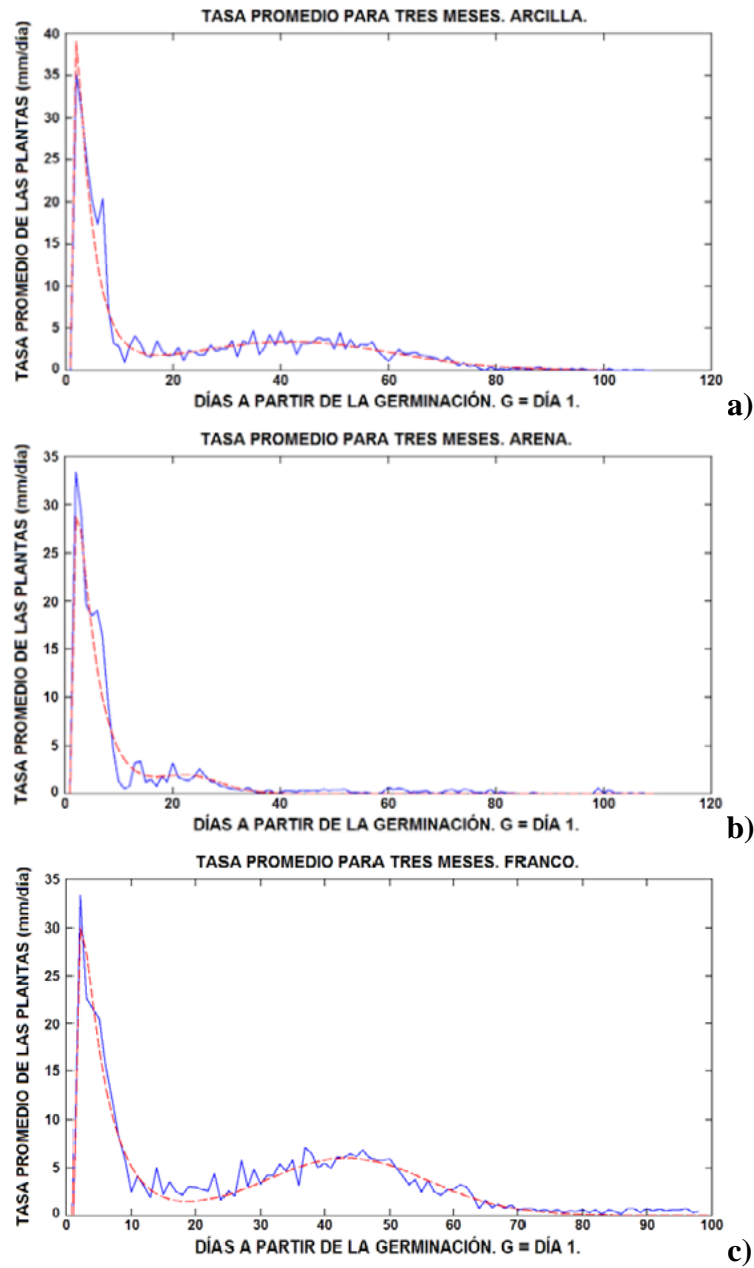
a)



b)

En síntesis, mediante las ecuaciones (2.1 y 2.2) se realizaron las regresiones no lineales de todas las gráficas de las tasas. Para ello se utilizó un programa desarrollado en Matlab®, que produjo los resultados que se muestran en la figura 4 para el periodo de tres meses.

Figura 4 Resultados del ajuste no lineal del modelo compuesto para los tres sustratos considerados: a) Arcilla, b) Arena y c) Franco arcilloso

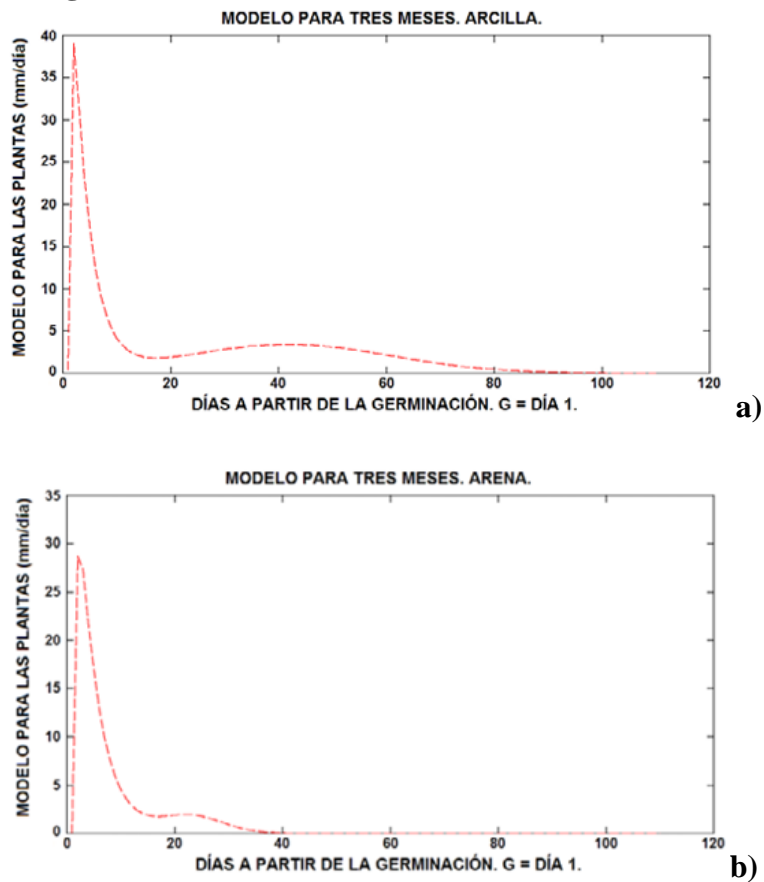


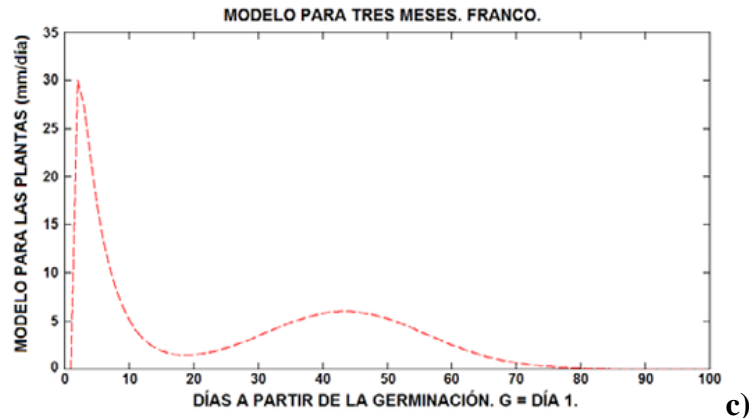
Como puede verse, estos resultados se ajustan claramente a los modelos que se muestran en la figura 5, los que corresponden a los valores de los parámetros del Cuadro 2.

Cuadro 2 Valores de los parámetros del modelo compuesto para los tres sustratos

Parámetro	Sustrato		
	Arcilla	Arena	Franco
K_p (mm)	162.4	154.8	163.6
R_1 (día)	3.1	3.7	4.0
R_2 (día)	0.4	0.6	0.5
K_s (mm)	3.4	1.2	6.0
t_0 (día)	19.2	13.4	12.6
σ (día)	40.8	18.4	42.4

Figura 5 Gráficas de los tres modelos de crecimiento





Discusión

Los resultados obtenidos demuestran claramente que el crecimiento de las plantas de *Jatropha curcas L.*, puede ser descrito mediante el modelo compuesto propuesto. Esto resulta muy interesante porque la regresión pone de manifiesto que el crecimiento tiene, al menos, dos partes principales. La primera, es responsabilidad de los nutrientes que aporta la semilla, por lo que podría llamarse fase “de lactancia”, durante la cual la planta genera las condiciones para subsistir del subsuelo; mientras que en la segunda, este efecto se desvanece porque la energía de la semilla se ha agotado y porque la planta ya ha desarrollado raíces que le permiten obtener sus nutrientes del sustrato, por lo que podría llamarse fase “de madurez”. Tales circunstancias se advirtieron en todas las plantas y en los tres sustratos estudiados, ya que de acuerdo con los resultados, las tasas de crecimiento pueden no ser las mismas pero todas obedecen al modelo propuesto, el cual puede definirse como una respuesta al impulso de un sistema de segundo orden y a la distribución normal. Por último, debe mencionarse que la diferencia entre los resultados y las tasas originales produce una señal oscilante que muestra tasas de crecimiento variables durante los periodos observados. Por tal razón, posiblemente la causa más importante que puede argumentarse es que el crecimiento no se produce en forma constantemente creciente o mono tónica, sino que se presenta en una forma oscilante compuesta de valores más elevados de las tasas, seguidos de otros menos elevados. Esta última situación puede atribuirse a que la variación “a saltos” de las tasas podría ser parte del propio mecanismo de crecimiento, de las plantas, el cual ocurre en los extremos de tallos y raíces y consta de tres etapas: multiplicación celular, elongación y diferenciación (Marassi, 2014). Tal proceso en combinación con las variaciones entre el día y la noche, los cambios de temperatura, los días nublados y de sol, las oscilaciones de la humedad, el riego y otros factores asociados, son un buen tema para continuar con este trabajo, ya que permitiría definir con claridad el crecimiento real de *Jatropha* y posiblemente de otras plantas.

Conclusiones

El modelo de las tasas de crecimiento de *Jatropha* durante los primeros tres meses puede resumirse como la suma combinada de dos grandes fases: La primera dada por la respuesta al impulso de del sistema, donde el impulso está dado por la liberación de la energía concentrada en la semilla; mientras que la segunda fase se puede representar por una señal gaussiana cuya magnitud y longitud dependen del sustrato donde se encuentre la planta.

Referencias

Achten W.M.J., Verchot L., Franken Y.J., Mathijs E., Singh V.P., Aerts R and Muys B., 2008. *Jatropha* bio-diesel production and use. *Biomass and Bioenergy* 32(12): 1063-1084.

Rivas M. M. 2003. Modelos estocásticos en crecimiento forestal. 27 Congreso Nacional de Estadística e Investigación operativa., Lleida 8-11 abril 2003. 12p.

López H. E. N. 2010. Índice de sitio para *Pinus patula* Schl. Et Cham., en Santiago Comaltepec, Ixtlán, Oaxaca. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Villar R., Ruiz-Robledo J., Quero J. L., Poorter H., Valladares F, Marañón T. 2004. Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. In: *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAFT, S. A. Madrid, pp. 191-227.

Marassi M. A. Fisiología vegetal – Crecimiento. In: *Cátedras de fisiología vegetal*. Fac. Cs. Exactas y Naturales y Agrimensura – UNNE, Argentina. Consulta electrónica 1 de Mayo del 2014. Disponible en: <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Crecimiento.pdf>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2014. Clima Veracruz. Consulta electrónica 10 de Mayo del 2014. Disponible en: <http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/ver/territorio/clima.aspx?tema=me&e=30>

Modelos compatibles de ahusamiento-volumen como sistema de cubicación para arboles de Teca

TAMARIT-URIAS, Juan Carlos^{*†} y DE-LOS-SANTOS-POSADAS, Héctor Manuel^{''}

INIFAP CIRGOC Campo Experimental San Martinito. Carretera Federal México-Puebla km. 56.5 San Martinito, Tlahuapan, Puebla C.P. 74100.

''Colegio de Postgraduados. Programa Forestal. Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco, km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México C.P. 56230

Resumen

Ante la falta de ecuaciones locales que estimen el volumen total y comercial para plantaciones de *Tectona grandis* L. f. (Teca) establecidas en el Sureste de México, se planteó el objetivo de construir un sistema de cubicación de árbol individual, integrado por modelos de volumen total y comercial variable, generados a partir de funciones segmentadas de ahusamiento. Se tomó una muestra representativa de 144 árboles de plantaciones ubicadas en Campeche, Tabasco y Chiapas, colectando 2,846 pares de observaciones diámetro-altura. Para cada árbol se tomaron mediciones de diámetros con corteza y alturas tomadas cada metro a partir de la altura que corresponde al tocón hasta la altura total. Después de evaluar el ajuste de seis funciones segmentadas de ahusamiento, se seleccionó como la mejor al modelo de Fang et al. (2000), mismo que se ajustó en forma simultánea y compatible con su respectiva función de volumen comercial aplicando la técnica de modelo de efectos mixtos usando máxima verosimilitud y corrigiendo por heterocedasticidad y auto correlación. El sistema de cubicación resultante está conformado por ecuaciones que describen con precisión el perfil fustal y estiman el volumen comercial y total, así como la altura comercial a un diámetro mínimo y viceversa, lo que permite cubicar y estimar el volumen por tipo de producto de acuerdo al uso industrial requerido, siendo posible realizar valoraciones de las plantaciones con esta especie de manera precisa; constituye una herramienta técnica de utilidad práctica y operativa de apoyo para el tomador decisiones encargado del manejo del recurso forestal.

Tectona grandis, modelos segmentados, volumen comercial

Abstract

In the absence of local equations and estimate the total trade volume for plantations of *Tectona grandis* L. f. (Teak) established in Southeast Mexico, in order to build a system of measurements for individual tree, composed of models and total trade volume variable, generated from segmented taper functions arose. A representative sample of 144 tree plantations in Campeche, Tabasco and Chiapas, collecting 2,846 pairs diameter-height observations was noted. For each tree diameter measurements were taken with bark and heights every meter taken from the stump height corresponding to the total height. After evaluating the fit of six functions segmented taper, was selected as the best model Fang et al. (2000), which followed the same simultaneously and supports the respective function of trade volume technique using mixed effects model using maximum likelihood and correcting for heteroscedasticity and autocorrelation. The resulting system of scaling consists of equations that accurately describe the fustal profile and estimate the commercial and total and commercial height to a minimum and vice versa diameter, allowing cube and estimate the volume by product type according the required industrial use, being possible to make assessments of plantations with this species accurately; It is a technical tool useful practical and operational support to the policy making responsible management of forest resources.

Tectona grandis, segmented models, trade volume.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: tamarit.juan@inifap.gob.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

En México, *Tectona grandis* L. f. (Teca) es una especie forestal exótica que por su rápido crecimiento y alto valor económico de su madera en los últimos años se ha introducido principalmente en el sureste del país para establecer plantaciones forestales comerciales (PFC). Cifras oficiales reportan para el año 2010 una superficie plantada de 183,000 hectáreas, de las cuales la Teca cubre alrededor del 10% ocupando el cuarto lugar en importancia en cuanto a superficie plantada (CONAFOR, 2011). Bajo un turno técnico de 20 años se estima un rendimiento promedio de 270 m³/ha, lo que representa un incremento medio anual de 13.5 m³/ha. Pese al esfuerzo técnico y de inversión por el gobierno e iniciativa privada para el establecimiento de PFC con esta especie, hacen falta realizar estudios específicos enfocados a generar herramientas técnicas que sean de utilidad práctica y operativa en la toma de decisiones para el manejo silvícola a cargo del administrador forestal.

Contar con una herramienta que permita realizar la cubicación del volumen total y comercial de arbolado individual en forma precisa, es una de las necesidades primarias en todo proceso productivo como lo es la ejecución de un proyecto de inversión en PFC. Aun cuando en la literatura se reportan ecuaciones que estiman volumen total árbol para plantaciones de Teca, estas se han generado para otras regiones y países bajo condiciones edafo-climáticas y silvícolas diferentes a las prevalecientes en el sureste Mexicano, por lo que es apremiante desarrollar un sistema de cubicación de arbolado individual que estime volumen total y comercial, más aún cuando la superficie establecida con esta especie va en aumento.

Si bien con una función que implique el diámetro normal y la altura total es posible estimar el volumen total de arbolado individual, resulta de mayor utilidad e importancia conocer además su correspondiente distribución de productos según el uso industrial y comercial, pues con ello se está en la posibilidad de efectuar una mejor valoración de la PFC. Para tal propósito, se recurre a funciones de ahusamiento que describen con precisión el perfil diamétrico del fuste y con ello facilitan la distribución de productos a cualquier límite en diámetro o altura comercial (Diéguez *et al.*, 2009). Una función de este tipo puede estimar la altura a un determinado diámetro mínimo o viceversa y con ello el volumen respectivo, el resultado de utilidad práctica es una tabla de cubicación por tipo de producto, lo que las convierte en una valiosa herramienta técnica de apoyo para el manejo del recurso forestal con fines maderables (Sakici *et al.*, 2008).

Entre los diferentes tipos de funciones de ahusamiento existentes, destacan por su proceso de construcción y precisión los de exponente variable y los modelos segmentados, en la derivación de ambos se toma en cuenta los diferentes cuerpos dendrométricos del árbol, neiloide en la parte basal, paraboloides en la sección central y cono en la parte superior. En los modelos segmentados, para cada forma o sección se ajusta una función, después se unen imponiendo condiciones de continuidad de la curva y de sus dos primeras derivadas, teniendo así puntos de unión en las diferentes formas que componen al fuste del árbol (Diéguez *et al.*, 2009).

Tienen la ventaja sobre los de exponente variable que pueden integrarse en forma analítica para estimar el volumen comercial y total, resultando en una ventaja adicional que es la de conformar un sistema compatible entre la función de ahusamiento con la de volumen comercial, que al compartir los mismos parámetros, pueden justarse en el proceso de regresión estadística de manera simultánea.

Por esta razón, el objetivo del presente trabajo fue construir un sistema de cubicación de árbol individual para plantaciones de Teca, integrado por modelos de volumen total y comercial variable, generados a partir de funciones segmentadas de ahusamiento. El desarrollo del sistema será local, generado a partir de información dasométrica específica de tales plantaciones, conformará una herramienta de utilidad práctica para los tomadores de decisiones encargados de su manejo, pudiendo determinar la producción y volumen maderable con mayor confiabilidad y precisión.

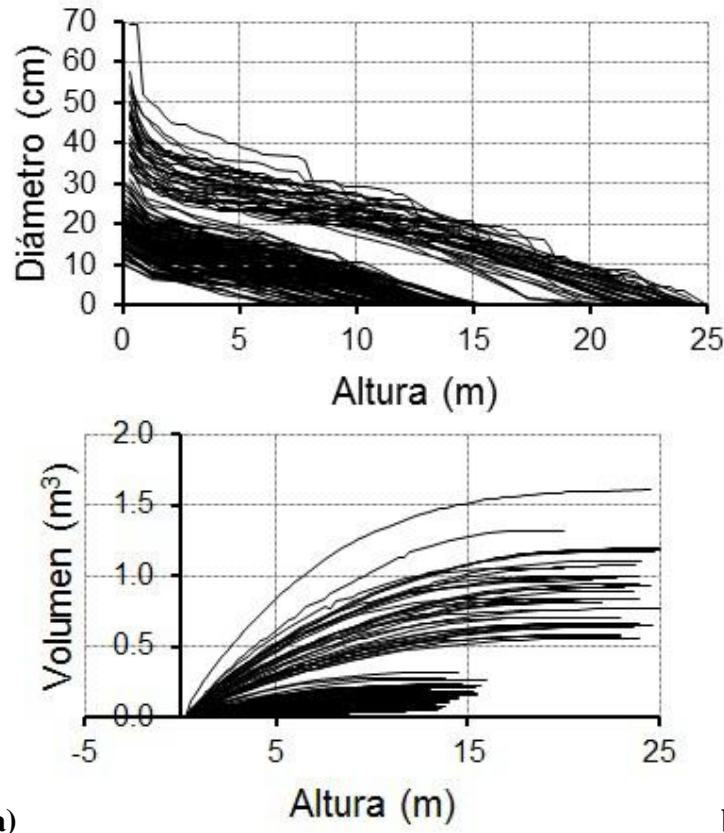
Materiales y métodos

La muestra analizada consistió en 144 árboles que representaron las diferentes edades, categorías de diámetro y altura en que están establecidas las PFC de Teca en Campeche, Tabasco y Chiapas. Cada árbol fue derribado y troceado efectuándose mediciones de diámetros con corteza (d) y alturas (HM) tomadas cada 30 cm en árboles adultos y cada metro en árboles jóvenes a partir de una altura inicial que corresponde al tocón (hb) hasta la altura total (H), además del diámetro normal (D). En total se colectaron 2,648 pares de observaciones diámetro-altura distribuidos a lo largo de los fustes. En el Cuadro 1 se presentan las estadísticas básicas descriptivas de las variables analizadas de la muestra de árboles trabajada. La cubicación de las trozas se realizó usando la fórmula de Newton y el método del centroide (Wiant *et al.* 1992), para la punta del fuste se usó la fórmula del cono. El volumen total del fuste de cada árbol se calculó usando el método de trozas traslapadas con base en Bailey (1995), el ahusamiento y el volumen acumulado se muestran en la Figura 1.

Cuadro 1 Estadísticos de las variables medidas en la muestra de árboles trabajada

Variable	Número de observaciones	Máximo	Medio	Mínimo	Desviación estándar
Diámetro normal D con corteza (cm)	144	44.17	25.46	6.50	10.43
Altura total H (m) del árbol	144	25.00	18.05	7.75	5.39
Altura HM de la sección a partir del tocón (m)	2,648	25.00	7.73	0.02	5.92
Diámetro d con corteza (cm) a la altura HM	2,648	57.5	16.45	0.00	10.77

Figura 1 Comportamiento del diámetro (a) y del volumen acumulado (b) con respecto a la altura



Los modelos 1 de Zhang *et al.* (2002), 2 de Parresol *et al.* (1987), 3 de Fang *et al.* (2000), 4 de Max y Burkhart (1976), 5 de Cao *et al.* (1980) y 6 de Zepeda y Domínguez (1997), conformaron el grupo de modelos de ahusamiento de tipo segmentado que se evaluaron (Cuadro 2).

Cuadro 2 Modelos de ahusamiento de tipo segmentado evaluados

Función	Modelo
$d = DH^{(k_1 - B_1)/2B_1} \left[a^{I_1} (1 - q)^{(k_1 - B_1^{1 - I_1} B_2^{I_1}) / (B_1^{1 - I_1} B_2^{I_1})} \right]^{1/2}$ $I_1 = 1 \text{ si } q > p_1 \text{ y } 0 \text{ si } q \leq p_1$	1
$d = D \left[z^2 (B_1 + B_2 z) + (z - p_1)^2 (B_3 + B_4 (z + 2p_1)) \right]^{1/2} I_1$ $I_1 = 1 \text{ si } z \geq p_1; 0 \text{ de otra forma}$	2
$d = c_1 \left[H^{\frac{k - B_1}{B_1}} (1 - q)^{\frac{k - \beta}{\beta}} \alpha_1^{I_1 + I_2} \alpha_2^{I_2} \right]^{1/2}$ $I_1 = 1 \text{ si } p_1 \leq q \leq p_2; 0 \text{ de otra forma}$ $I_2 = 1 \text{ si } p_2 \leq q \leq 1; 0 \text{ de otra forma}$	3

$d = D[B_1(q - 1) + B_2(q^2 - 1) + B_3(p_1 - q)^2 I_1 + B_4(p_2 - q)^2 I_2]^{1/2}$ $I_1 = 1 \text{ si } q \leq p_1; 0 \text{ de otra forma}$ $I_2 = 1 \text{ si } q \leq p_2; 0 \text{ de otra forma}$	4
$d = D \frac{c_0}{k} [2z + B_1(3z^2 - 2z) + B_2(z - p_1)^2 I_1 + B_3(z - p_2)^2 I_2]^{1/2}$ $I_1 = 1 \text{ si } z \geq p_1; 0 \text{ de otra forma}$ $I_2 = 1 \text{ si } z \geq p_2; 0 \text{ de otra forma}$	5
$d = D[B_1 X + B_2 X^2 + B_3(p_1 - X) I_1 + B_4(p_2 - X)^2 I_2]$ $I_1 = 1 \text{ si } X \geq p_1; 0 \text{ de otra forma}$ $I_2 = 1 \text{ si } X \geq p_2; 0 \text{ de otra forma}$	6

Dónde:

$$a = (1 - p_1)^{k(B_2 - B_1)/B_1 B_2}, H' = H/(H - 1.3), k = \pi/40000, k_1 = \pi/8$$

$$q = HM/H, r_0 = (1 - hb/H)^{k/B_1}, r_1 = (1 - p_1)^{k/B_1}, r_2 = (1 - p_2)^{k/B_2}$$

$$X = (H - HM)/(H - 1.3), z = (H - HM)/H$$

$$c_1 = \left(a_0 D^{a_1} H^{a_2 \frac{k}{B_1}} / B_1 (r_0 - r_1) + B_2 (r_1 - \alpha_1 r_2) + B_3 \alpha_1 r_2 \right)^{1/2}$$

$$\alpha_1 = (1 - p_1)^{k(B_2 - B_1)/B_1 B_2}, \alpha_2 = (1 - p_2)^{k(B_3 - B_2)/B_2 B_3}, \beta = B_1^{1 - (I_1 + I_2)} B_2^{I_1} B_3^{I_2}$$

$a_0 - a_2, B_1 - B_4, c_0, p_1, p_2$ son parámetros a ser estimados.

I_1, I_2 : son variables indicadoras sobre el cambio de cuerpo dendrométrico del fuste.

El ajuste estadístico de los modelos de ahusamiento se efectuó por máxima verosimilitud utilizando el procedimiento MODEL del paquete estadístico SAS/ETS® (Statistical Analysis System Institute Inc., 2009). La evaluación y selección del mejor modelo se realizó utilizando el coeficiente de determinación corregido por el número de parámetros (R^2_{adj}), el sesgo, la raíz del error cuadrático medio (*RECM*) y el criterio de información de Akaike (AIC) estimados de la forma siguiente.

$$R^2_{adj} = 1 - (1 - R^2) \left(\frac{n-1}{n-p} \right) \quad (7)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}$$

siendo

$$Sesgo = \sum_{i=1}^n \frac{Y_i - \hat{Y}_i}{n} \quad (8)$$

$$RECM = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n-p}} \quad (9)$$

$$AIC = 2p + n \ln \left(\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n} \right) \quad (10)$$

Donde \hat{Y}_i , Y_i y \bar{Y}_i son los valores estimados, observados y promedios del ahusamiento (d) respectivamente, n es el número total de observaciones usadas en el ajuste de los modelos, p es el número de parámetros del modelo a estimar.

Con el propósito de facilitar la selección del mejor modelo, además de los estadísticos de bondad de ajuste anteriores, se consideró la suma de cuadrados del error (SCE), el cuadrado medio del error (CME), el valor de verosimilitud (logLik) y se generó un criterio de calificación que de acuerdo con Sakici *et al.* (2008) consistió en jerarquizar cada estadístico de cada modelo asignando valores consecutivos del 1 al 6 en función al orden de importancia (1 correspondió al mejor valor del estadístico y 6 al valor más pobre), posteriormente la sumatoria de los valores conformó la calificación total a cada modelo, por comparación se identificaron los mejores modelos, siendo mejores aquellos con el más bajo valor en la calificación total.

Posteriormente, el mejor modelo de ahusamiento seleccionado se ajustó en forma simultánea y compatible con su respectiva función de volumen comercial usando regresión no lineal mediante mínimos cuadrados ordinarios (NLS) y se comparó con el ajuste usando una formulación bajo el enfoque de modelo de efectos mixtos (MEM). De acuerdo con Pinheiro y Bates (2000) y Hall y Clutter (2004), para la formulación y ajuste del MEM se usó una estructura bivariada para incluir efectos aleatorios que llevó a tener un sistema expresado en el modelo 7, mismo que también se ajustó en forma simultánea por la compatibilidad entre las funciones de ahusamiento y de volumen comercial. Ambos ajustes se efectuaron utilizando el programa estadístico R, para el MEM se usó el paquete NLME usando máxima verosimilitud.

$$\begin{pmatrix} d_i \\ V_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f(D_i, H_i, hb_i, HM_{ij}; p) & 0 \\ 0 & g(k, D_i, H_i, hb_i, HM_{ij}; p) \end{pmatrix} + e_i \quad (11)$$

Dónde: d_i es el vector de observaciones de ahusamiento en el i-ésimo árbol, V_i es el vector de observaciones de volumen comercial en el i-ésimo árbol, $f(.)$ define la estructura del modelo de ahusamiento, $g(.)$ al modelo de volumen comercial y p es el vector de parámetros $p = (a_0 - a_2, B_1 - B_3, p_1, p_2)$ a estimar del sistema, que al especificar el efecto aleatorio queda expresado como:

$$p = \begin{pmatrix} a1 \\ a2 \\ a3 \\ B1 \\ B2 \\ B3 \\ p1 \\ p2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ b_{1i} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = B + b_i \quad (12)$$

Considerando a B1 como el parámetro con efecto mixto se expresa como $B1+b_{1i}$, siendo b_i el parámetro con efectos aleatorio. Los efectos aleatorios del modelo se definen como $e_i \sim N(0, \sigma^2 I)$ y $b_i \sim N(0, \phi^2)$.

Por la naturaleza de los datos de tipo longitudinal, irregularmente espaciados y no balanceados en esta clase de estudios, en el ajuste simultáneo del sistema mediante MEM usando los comandos apropiados del paquete NLME de R se realizó la corrección del problema de heterocedasticidad lo que garantiza que los errores estén idénticamente distribuidos y que la varianza del error sea constante, así como la corrección por auto correlación cumpliéndose el supuesto de independencia en los errores; tales correcciones de acuerdo con Zimmerman y Núñez-Antón (2001) permiten realizar de manera correcta las pruebas de hipótesis y contrastes estadísticos habituales sobre los parámetros, además de estimar intervalos de confianza más realistas.

La corrección por heterocedasticidad se efectuó modelando y ponderando la varianza de los errores usando la función exponencial (e), el factor de ponderación fue sobre HM sólo para el ahusamiento (d_i) y dejando constante el volumen comercial (V_i), la función quedó estructurada como $w(HM, d_i, V_i, \Phi) = e^{\Phi(HM \cdot (1-f) + f)}$, siendo Φ el parámetro a ser estimado y f una variable indicadora que toma el valor de 1 para el ahusamiento y 0 para el volumen comercial. La corrección por autocorrelación se realizó modelando el término de error (e_{ij}) utilizando una estructura continua autorregresiva de primer orden (AR(1)) quedando expresada como $e_{ij} = \psi_1 \rho_1^{t_{ij} - t_{ij-1}} e_{ij-1} + \varepsilon_{ij}$, donde e_{ij} es el j -ésimo residuo ordinario en el i -ésimo árbol, $\psi_1 = 1$ para $j > k$ y es cero para $j=1$, ρ_1 es el parámetro autorregresivo de orden 1 a ser estimado y $t_{ij} - t_{ij-1}$ es la distancia que separa las observaciones j y $j-1$ dentro de cada árbol. ε_{ij} es el término del error bajo la condición de independencia.

Resultados

En el Cuadro 2 se presentan los valores de los parámetros de los modelos ajustados, todos resultaron altamente significativos un nivel de significancia del 5%, excepto el parámetro B2 para el modelo 6 que fue no significativo. El modelo 2 presentó problemas de convergencia. Los modelos 3 y 4 estiman el primer punto de inflexión en donde ocurre el cambio de neiloide a paraboloides al 7% de la altura total, en tanto que el segundo punto de inflexión en que sucede el cambio de paraboloides a cono lo estiman al 58% y 68% respectivamente.

En el Cuadro 3 se observa que el modelo 3 que corresponde al de Fang *et al.* (2000) tiene el mejor ajuste, ya que comparativamente respecto a los otros modelos, presenta el valor más alto del coeficiente de determinación ajustado (R^2_{adj}) que es indicativo que el modelo explica en mayor grado la variabilidad total presente en la variable dependiente, menor valor en el cuadrado medio del error (CME), la más baja suma de cuadrados del error (SCE), el menor sesgo que es indicativo que se tiene la mínima desviación del modelo con respecto a los valores observados, la más alta precisión en las estimaciones dado su menor valor de la raíz del error cuadrático medio (RECM), el menor valor en el criterio de información de Akaike (AIC), así como del mayor valor de verosimilitud (logLik), además de una alta significancia en cada uno de sus parámetros, por lo que se considera como el apropiado para estimar el perfil diamétrico del fuste para los árboles de Teca en función del diámetro normal, la altura del tocón y altura total.

Cuadro 2 Valores de los parámetros de los modelos segmentados para ahusamiento

Mo-del0	Parámetros de los modelos ajustados								
	a ₀	a ₁	a ₂	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	p ₁	p ₂
1				0.06046	0.146891			0.084543	
2				1.816952	-0.90475	-918.732	352.4087	0.860866	
3	0.000056	1.832793	0.987849	0.00000911	0.000031	0.000026		0.078421	0.584001
4				-3.02206	1.511058	130.0702	-1.1035	0.078792	0.685058
5**				1.001502	-2.19351	257.5969		0.31635	0.921991
6				1.125800	0.072999*	-0.57610	9.341892	0.283357	0.891331

*No significativo.

**Valor del parámetro $c_0=0.000039$

El modelo seleccionado si bien entre todos los probados tiene el mayor número de parámetros, presenta la ventaja adicional de tener en forma explícita una ecuación de volumen total que corresponde al modelo de Schumacher-Hall, además tiene en forma implícita una ecuación de volumen comercial que al obtenerla mediante integración analítica resulta compatible con la función de ahusamiento, por lo que forman un sistema que puede ajustarse de manera simultánea.

Cuadro 3 Estadísticas de bondad de ajuste de los modelos segmentados de ahusamiento

Modelo	Valores de los estadísticos en el ajuste						
	SCE	CME	RECM	R^2_{adj}	Sesgo	AIC	logLik
1	4,941.9	1.8684	1.3668	0.9839	-0.00196	1,658.20	-4,583
2	4,985.3	1.8862	1.3734	0.9838	0.18632	1,685.36	-4,595
3	3,897.7	1.4764	1.2150	0.9873	0.01256	1,039.66	-4,269
4	4,877.3	1.8461	1.3586	0.9841	0.21022	1,629.36	-4,566
5	4,877.6	1.8462	1.3587	0.9841	0.20999	1,629.52	-4,566
6	4418.6	1.6724	1.2932	0.9856	0.08554	1,367.82	-4,435

La función que estima el volumen comercial (V_c) generada por Fang *et al.* (2000) que es compatible para su ajuste con la del ahusamiento, así como la correspondiente ecuación de volumen total (V) y la expresión para estimar la altura comercial (H_m) a un diámetro mínimo comercial (d) se presentan enseguida. Junto con la expresión de ahusamiento (modelo 3), queda así conformado el sistema de cubicación para árbol individual de Teca, en donde es posible estimar el volumen total o bien el volumen comercial a un diámetro o altura mínimo requerido, así como estimar el diámetro mínimo a una determinada altura comercial y viceversa.

$$V_c = c1^2 H^{k/B1} (B1r0 + (I1 + I2)(B2 - B1)r1 + I2(B3 - B2)\alpha1r2 - \beta(1 - q)^{k/\beta} \alpha1^{I1+I2} \alpha2^{I2})$$

$$V = a0D^{a1}H^{a2}$$

$$H_m = H(1 - (d^2 / (c1^2 H^{k-B1/B1} \alpha1^{I1+I2} \alpha2^{I2})^{\beta/(k-\beta)}))$$

En el Cuadro 4 se presentan los valores de los parámetros y estadísticos del ajuste compatible del sistema ahusamiento y volumen comercial al usar NLS; el primer punto de inflexión que corresponde al cambio de forma de neiloide a paraboloides sucede en promedio al 7% de la altura total del árbol; por su parte el segundo punto de inflexión correspondiente al cambio de paraboloides a cono ocurre al 58% de la altura referida; los resultados para los puntos de inflexión son similares a los obtenidos por Fang *et al.* (2000) para plantaciones de *Pinus taeda* y *P. elliottii* en la costa atlántica de Estados Unidos, al reportado por Pompa-García *et al.* (2009) para bosques naturales comerciales de *Quercus* sp. en Chihuahua, México y, a los encontrados por Corral-Rivas *et al.* (2007) para cinco especies de *Pinus* en bosques naturales de Durango, México. La suma del cuadrado del error para el ahusamiento y volumen comercial fue de 3,905.2 y 1.6051 respectivamente; el cuadrado medio del error fue de 1.4770 y 0.000607 respectivamente, el valor del coeficiente de determinación ajustado por el número de parámetros (R^2_{adj}) fue de 0.9873 y 0.9942 respectivamente. Diéguez *et al.* (2009) señalan que al estimar todos los parámetros del sistema de manera simultánea, se optimiza la suma de cuadrados de los errores, logrando así minimizar los errores de predicción tanto del diámetro a diferentes alturas como del volumen.

Cuadro 4 Valores de los parámetros del ajuste simultáneo del sistema al usar NLS

Parámetro	Estimador	Error Estándar	Valor de t	Significancia
a_0	0.000054	0.0000014	39.88	<.0001
a_1	1.848809	0.0055600	332.25	<.0001
a_2	0.979956	0.0071500	137.06	<.0001
B_1	0.0000092	0.0000002	58.94	<.0001
B_2	0.000031	0.0000001	238.54	<.0001
B_3	0.000026	0.0000002	115.94	<.0001
p_1	0.078947	0.0016800	47.03	<.0001
p_2	0.588163	0.0096300	61.11	<.0001

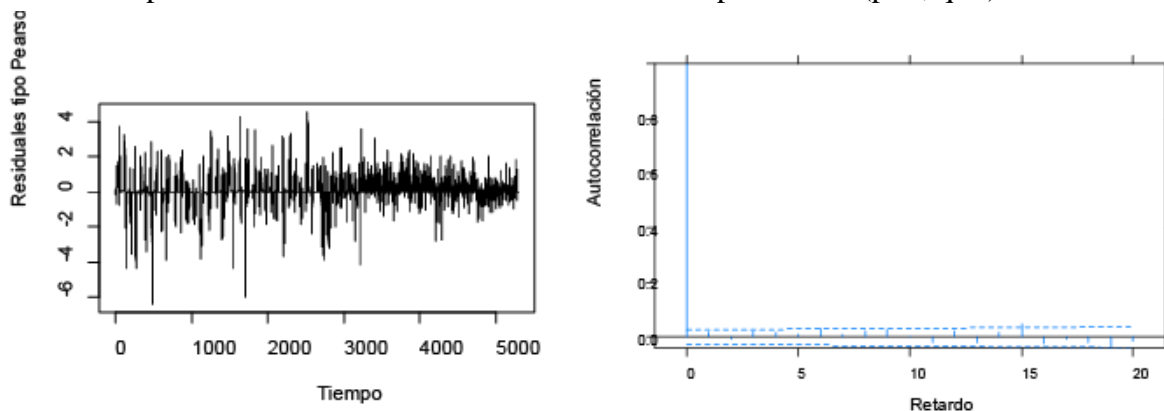
La comparación del ajuste simultáneo del sistema al usar NLS y MEM sin corregir aún por heterocedasticidad y autocorrelación (MEM-A) se efectuó realizando la prueba de razón de verosimilitud, la cual como se muestra en el Cuadro 5 resultó significativa, siendo mejor el ajuste al usar MEM dados los menores valores en el criterio de información de Akaike (AIC) y en el criterio de información Bayesiano (BIC), así como el mayor valor en la verosimilitud (logLik). El parámetro que se tomó con efectos mixtos fue B1 por ello el MEM agrega un parámetro adicional con respecto al sistema ajustado por NLS.

Cuadro 5 Estadísticos de ajuste de los modelos compatibles ajustados por NLS y como MEM

Modelo	gl	AIC	BIC	logLik	Prueba	L.Ratio	Valor de p
MEM-A	10	13050.630	13116.380	-6515.315			
NLS	9	13426.040	13485.210	-6704.020	1 vs 2	377.4103	<.0001
MEM-A	10	13050.629	13116.376	-6515.315			
MEM-B	11	7764.171	7836.493	-3871.086	2 vs 3	5288.458	<.0001
MEM-C	12	1808.541	1887.438	-892.271	3 vs 4	5957.630	<.0001

El Cuadro 5 muestra que el modelo etiquetado como MEM-C que corresponde al sistema ahusamiento – volumen comercial ajustado en forma simultánea mediante la técnica de modelos de efectos mixtos corregido tanto por heterocedasticidad como por autocorrelación es comparativamente mejor ya que estadísticamente resultó significativo con respecto al MEM-A sin corregir y al MEM-B solo corregido por heterocedasticidad, dados los menores valores en los criterios AIC y BIC, así como el mayor valor de verosimilitud. En este sentido, Cruz-Cobos *et al.* (2008) refiere que el hecho de adicionar efectos aleatorios al usar MEM, además de permitir un uso más eficiente de los datos ya que se controla la variación aleatoria individual, es posible minimizar los problemas de heterocedasticidad y autocorrelación; sin embargo, para su completa corrección y de acuerdo con Garber y Maguire (2003) es necesario recurrir a los métodos antes referidos. Así, después de la corrección citada los residuos del MEM-C son ahora mucho más homogéneos como demuestra la estacionariedad y no significancia en los primeros retardos (Figura 2).

Figura 2 Comportamiento grafico de los residuos (a) y de retardos (b) ante la corrección por auto correlación usando una estructura tipo ARMA ($p=1, q=0$)



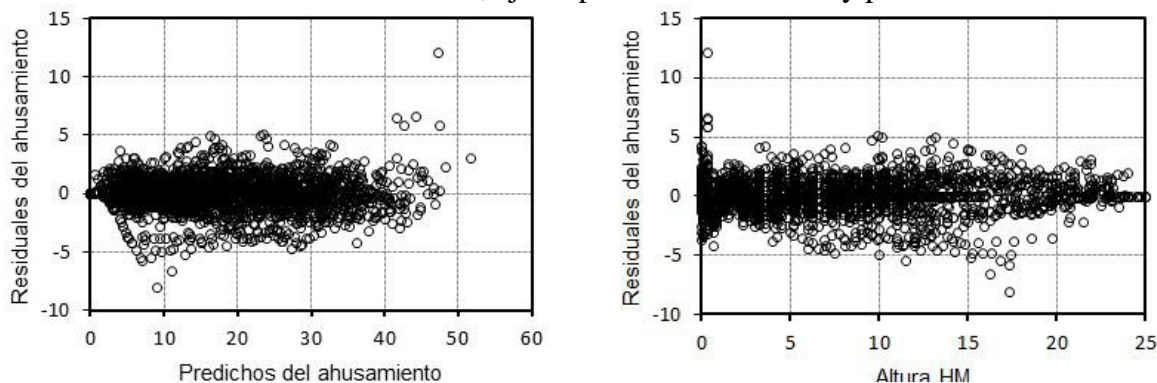
En el Cuadro 6 se muestran los valores de los parámetros, la bondad del ajuste y los intervalos para los efectos fijos resultado del ajuste del modelo 11 al usar MEM y corrigiendo por heterocedasticidad y auto correlación. Comparativamente con el método de ajuste usando NLS (Cuadro 4), se observa que al usar MEM el error estándar en algunos parámetros estimados es menor y lo mismo ocurre al observar el valor de t, lo cual hace que los parámetros sean más eficientes, condición que coincide con lo reportado por Cruz-Cobos *et al.* (2008). Por su parte, los intervalos de los parámetros de efectos fijos son estrechos y ninguno incluye a cero.

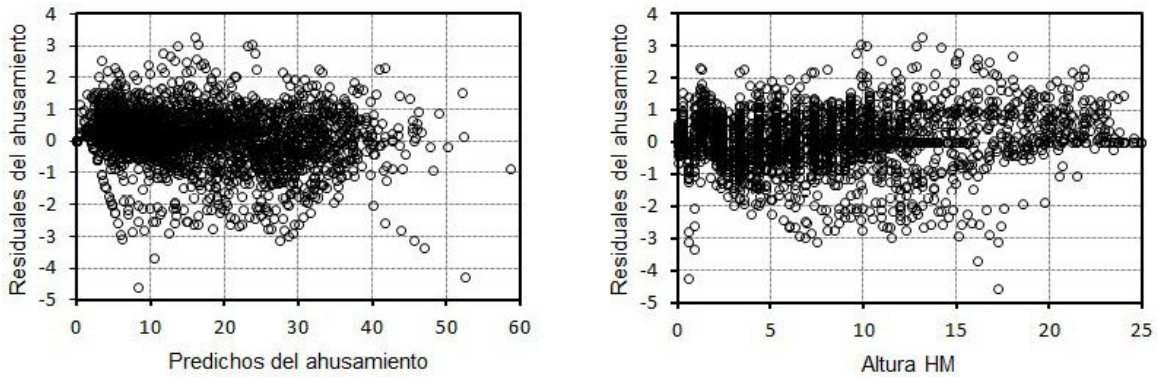
Cuadro 6 Parámetros estimados y bondad de ajuste del modelo 7 usando MEM corregido

Parámetro	Valores de los parámetros				Intervalo efectos fijos	
	Estimador	Error Estándar	Valor de t	Significancia	Inferior	Superior
a0	0.000043	0.0000026	16.25806	<.0001	0.000038	0.000048
a1	1.857931	0.0156744	118.53275	<.0001	1.827225	1.888636
a2	1.041967	0.0248644	41.90599	<.0001	0.993259	1.090675
B1	0.000008	0.0000002	44.74921	<.0001	0.000007	0.000008
B2	0.000031	0.0000002	124.58794	<.0001	0.000030	0.000031
B3	0.000025	0.0000002	113.51315	<.0001	0.000024	0.000025
p1	0.062788	0.0006581	95.40379	<.0001	0.061499	0.064078
p2	0.583021	0.0057264	101.81230	<.0001	0.571803	0.594239

La ganancia por ajustar bajo el enfoque de MEM puede apreciarse mejor al observar el comportamiento de los residuales contra los predichos principalmente los que corresponden al ahusamiento (Figura 3), en donde además de que se tiene una distribución aleatoria, la escala en la dispersión es menor comparativamente con los residuales que arroja el ajuste por NLS. En este sentido, Fang y Bailey (2001) indican que bajo el enfoque MEM es posible mejorar las características de los parámetros al compensar por el efecto de variables tomadas en una misma unidad experimental, agregan que este enfoque considera la correlación contemporánea lo que ayuda a reducir considerablemente el error estándar de los parámetros del modelo y a que los valores por componente se unifiquen.

Figura 3 Comportamiento de residuales del ahusamiento contra predichos en columna 1 y contra la altura HM en columna 2, ajuste por NLS en la fila 1 y por MEM en la fila 2





Con relación al parámetro B1 con efecto aleatorio a nivel de árbol, se estimó una desviación estándar de 0.0000017, con límite inferior y superior de 0.0000014 y 0.0000019 respectivamente, por su parte el respectivo error estándar dentro de grupo fue de 1.724956 con valor límite inferior de 1.576545 y superior 1.887337. El valor de phi para la estructura de correlación fue de 0.915212, con valores límite inferior y superior de 0.8994335 y 0.928608 respectivamente. El valor de la función de varianza fue de -0.2144176, siendo su límite inferior de -0.2173139 y superior de -0.2115214. Con esta información básica y con base a lo que especifica Fang y Bailey (2001), con MEM es posible realizar predicciones de volumen comercial altamente precisas en árboles con alto valor económico sin que se modifique la estructura del modelo al incluir observaciones adicionales. Para ello, se estiman los efectos aleatorios específicos de los árboles de interés y se incorporan de manera directa en la predicción. Cruz-Cobos *et al.* (2008) desarrollan el proceso para realizar tal estimación e indican que aparte de la información básica necesaria para el ajuste del sistema, es necesario contar con información a priori adicional de inventario de los árboles de interés, como lo es una nueva medida del diámetro por arriba del diámetro normal y su correspondiente altura.

No obstante el excelente ajuste obtenido, un ligero inconveniente del modelo segmentado seleccionado es que las estimaciones de alturas y diámetros por abajo del diámetro normal son menos precisas comparadas con las estimadas a partir del segundo tercio de la altura total. Sin embargo, dado que por abajo del diámetro normal pueden hacerse mediciones de manera directa, lo realmente importante es hacer estimaciones precisas de las alturas y diámetros mínimos comerciales en la parte alta del fuste, además del respectivo volumen comercial y total.

Conclusiones

El modelo de ahusamiento de tipo segmentado de Fang *et al.* (2000) fue seleccionado para describir el perfil diamétrico del fuste, la función de volumen comercial que se obtiene al integrarlo permite cubicar árboles individuales de Teca establecidos en PFC. Ambas funciones junto con la expresión volumen total y la de altura comercial conforman un sistema completo de cubicación a nivel de árbol individual.

El ajuste simultáneo de la función de ahusamiento y de volumen comercial mediante la técnica de modelos de efectos mixtos es mejor que al usar mínimos cuadrados ordinarios, ya que ofrece estimaciones más precisas tanto del volumen comercial y total como de diámetros mínimos comerciales a diferentes alturas y viceversa. El modelo de volumen total implícito en la función de ahusamiento, realiza estimaciones que tienden ser ligeramente conservadoras comparadas con las que reporta la literatura para esta especie en otros países de América tropical, pero más próximas a los volúmenes observados en la zona de estudio, lo cual refuerza su validez.

Referencias

Bailey L. R. (1995). Upper stem volumes from stem analysis data: an overlapping bolts method. *Can. J. For. Res.* 25, 170-173.

Cao Q. V., Burkhart H. E., & Max, T. A. (1980). Evaluation of two methods for cubic-volume prediction of loblolly pine to any merchantable limit. *Forest Science* 26, 71-80.

CONAFOR. (2011). Contenido del proyecto para solicitar apoyos para el establecimiento de plantaciones para la producción de semillas forestales. Gerencia de Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales. 8 p.

Corral-Rivas J. J., U. Diéguez-Aranda, S. Corral Rivas, F. Castedo Dorado. (2007). A merchantable volume system for major pine species in El Salto, Durango (Mexico). *Forest Ecology and Management* 238, 118-129.

Cruz-Cobos, F., H. M. De los Santos-Posadas, & J. R. Valdez-Lazalde. (2008). Sistema compatible de ahusamiento-volumen para *Pinus cooperi* Blanco en Durango, México. *Agrociencia* 42, 473-485.

Diéguez-A. U., A. Rojo A., F. Castedo-D., J. G. Álvarez G., M. Barrio-A., F. Crecente-C., J. M. González, C. Pérez-C., R. Rodríguez S., C. A. López-S., M. Á. Balboa-M., J. J. Gorgoso V., & F. Sánchez R. (2009). Herramientas selvícolas para la gestión forestal sostenible en Galicia. Universidad de Santiago de Compostela. Galicia, España. 259 p.

Fang, Z., & R. L. Bailey. (2001). Nonlinear mixed effects modeling for slash pine dominant height growth following intensive silvicultural treatments. *Forest Science* 47(3), 287-300.

Fang Z., Borders B. E., & Bailey R. L. (2000). Compatible volume-taper models for loblolly and slash pine based on a system with segmented-stem form factors. *Forest Science* 46,1-12.

Garber, S. M. & D. A. Maguire. (2003). Modeling stem taper of three central Oregon species using nonlinear mixed effects models and autoregressive error structures. *For. Ecol. Manage.* 179(1-3), 507-522.

Hall D. B., & J. L. Clutter. (2004). Multivariate multilevel nonlinear mixed effects models for timber yield predictions. *Biometrics* 60, 16-24.

- Max, T. A., & Burkhart, H. E. (1976). Segmented polynomial regression applied to taper equations. *Forest Science* 22, 283-289.
- Parresol B., Hotvedt J., & Cao Q. (1987). A volume and taper prediction system for bald cypress. *Canadian Journal Forest Research* 17, 250-259.
- Pompa-García M., J. J. Corral-Rivas, J. C. Hernández-Díaz, & J. G. Álvarez-González. (2009). A system for calculating the merchantable volume of oak trees in the northwest of the state of Chihuahua, Mexico. *Journal of Forestry Research* 20(4), 293-300.
- Pinheiro, J. C., & D. M. Bates. (2000). *Mixed-effects models in S and S-PLUS*. Springer, New York.
- R Development Core Team. (2006). *R: A language and environment for statistical computing*, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Sakici, O. E., N. Misira, H. Yavuz, & M. Misira. (2008). Stem taper functions for *Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* in Turkey. *Scandinavian Journal of Forest Research* 23: 522-533.
- Statistical Analysis System (SAS). (2008). *SAS/STAT® 9.2 User's Guide*. SAS Institute Inc. Raleigh, NC. USA. s/p.
- Wiant Jr. H. V., Wood G. B., & Furnival G. M. (1992). Estimating log volume using the centroid position. *Forest Science* 38(1), 187-191.
- Zepeda B. E. M., & A. Domínguez P. (1997). Ecuaciones de ahusamiento para tres especies de pino, del ejido El Largo, Chihuahua. In: *Memoria de resúmenes de ponencias del III Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales*. Linares, NL. pp 43.
- Zhang Y., Borders B. E., & Bailey R. L. (2002). Derivation, fitting, and implication of a compatible stem taper-volume-weight system for intensively managed, fast growing loblolly pine. *Forest Science* 48(3), 595-607.
- Zimmerman, D. L., & Núñez-Antón, V. (2001). Parametric modelling of growth curve data: an overview (with discussion). *Test* 10, 1-73.

Comparación de dos modelos de redes neuronales artificiales para clasificar Flores de Petunia *SPP* con base en color

CASTILLO-LOAIZA, Marcela^{*†}, GONZÁLEZ-CAMACHO, Juan Manuel[´] y CARRILLO-SALAZAR, Alfredo^{´´}

´Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Posgrado en Cómputo Aplicado, Montecillo, México, 56230.

´´Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad, Montecillo, México, 56230.

Resumen

La clasificación de imágenes digitales es una etapa esencial para desarrollar tecnología informática dentro del campo de la visión artificial, orientada a la identificación automatizada de la calidad de flores ornamentales. En esta investigación, se evalúa el desempeño de dos modelos de redes neuronales artificiales (ANN) para clasificar imágenes digitales de flores de petunia spp con base en color, obtenidas de un experimento con dos variedades de petunia spp. Los modelos propuestos son la red neuronal perceptrón multicapa (MLP) y la red neuronal probabilística (PNN). A partir de imágenes fotográficas procesadas y transformadas a tres espacios de color: RGB (Red Green Blue), Comisión Internationale de l'Éclairage (CIE) Lab y Luminosidad Croma Tono (LCH). Se crearon conjuntos de datos de entrenamiento y prueba para cada variedad de petunia. Los modelos fueron implementados en la plataforma de modelación Matlab. Varios escenarios fueron evaluados para seleccionar los parámetros óptimos de cada modelo ANN; las redes neuronales fueron evaluadas y comparadas de acuerdo a su eficiencia global de clasificación. Los dos clasificadores presentan altas eficiencias globales de clasificación (>90%); si embargo, el modelo PNN fue superior al modelo MLP para clasificar las dos variedades de petunia estudiadas, debido a las altas eficiencias de clasificación obtenidas y a la eficiencia en los tiempo de cómputo, por lo cual la PNN es más rápida que la MLP.

Clasificador Bayesiano, funciones de base radial, kernel Gaussiano.

Abstract

The classification of digital images is essential for developing information technology in the field of artificial vision, aimed at identifying quality automated ornamental flower stage. In this research, the performance of two models of artificial neural networks (ANN) to classify digital images spp petunia flowers based on color, obtained from an experiment with two varieties of petunia is evaluated spp. The proposed models are the neural network Multilayer Perceptron (MLP) and probabilistic neural network (PNN). From photographic images processed and transformed three color spaces: RGB (Red Green Blue), Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) Lab and Lightness Chroma Hue (LCH). sets of training and test data for each variety of petunia were created. The models were implemented in the Matlab modeling platform. Several scenarios were evaluated to select the optimum parameters of each ANN model; neural networks were evaluated and compared according to their overall efficiency rating. The two classifiers have high overall efficiencies classification (> 90%); if however, the PNN model was over MLP model to classify the two petunia varieties studied due to high efficiencies obtained classification and efficiency in computing time, whereby the PNN is faster than the MLP.

Bayesian classifier, radial basis function, Gaussian kernel

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: jmge@colpos.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

La visión artificial por computadora es la capacidad de la máquina para deducir la estructura y las propiedades de una realidad tridimensional a partir, de una o más imágenes bidimensionales (Timmermans *et al.* 1995). Las redes neuronales artificiales (ANN, artificial neural networks) son modelos matemáticos no paramétricos, y utilizadas en la agronomía donde se exploran dichas técnicas para la predicción de variables climáticas (González *et al.*, 2008) y la selección genómica de plantas (González *et al.*, 2012). En particular, los modelos perceptrón multicapa (MLP, multilayer perceptron) (Hayking, 1998) y la red neuronal probabilística (PNN, probabilistic neural network) (Specht, 1990). Zhang *et al.* (1997) usan el espacio de color RGB para el análisis de hojas de tabaco. El análisis de imágenes se utiliza para diferenciar cultivos de malezas (Aitkenhead *et al.*, 2003); Mendoza *et al.* (2006) reportan que el espacio de color CIE Lab fue el más apropiado para cuantificar alimentos con base en el color de frutas y hortalizas. Diferentes PNN se han propuesto para el reconocimiento de hojas y clasificación de plantas (Gang *et al.*, 2007) y reconocimiento de patrones (Ibrahiem *et al.*, 2008). El reconocimiento de imágenes fue utilizado por Shah *et al.* (2009) como método no destructivo para determinar el estado de madurez del cultivo de melón. Los momentos de textura de color se usan como una característica importante para clasificar flores (Guru *et al.*, 2010), Guili *et al.* (2011) utilizaron el espacio de color CIE Lab para distinguir las características de color e identificar la deficiencia de nutrientes en plantas de tomate.

Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el desempeño de dos modelos de redes neuronales artificiales: MLP y PNN para clasificar imágenes digitales de flores de dos variedades de petunia spp (multiflora y púrpura) con base en los espacios de color RGB, CIE Lab y LCH.

Materiales y métodos

Recolección de material vegetal y fotográfico

Con el propósito de contar con una base datos de imágenes digitales de plantas de petunia en floración, dos variedades de petunia spp (multiflora y púrpura) fueron cultivadas en el sitio experimental del Área de Genética del Colegio de Postgraduados, en Montecillo, Estado de México, a 19° 28' N y 98° 54' O. Para cada variedad de petunia spp se cultivaron siete plantas en macetas independientes, hasta que alcanzaron la primera fase de floración. En esta etapa se tomaron fotografías de la cubierta floral de las plantas de petunia, dentro de una caja de madera para evitar la influencia de la luz exterior; cada maceta quedó iluminada con dos focos incandescentes colocados en el plano horizontal. Las fotografías fueron tomadas con una cámara digital SONY CYBER-SHOT a color, a través de una abertura en la parte superior de la caja, con una abertura de diafragma de 9.0, velocidad de obturación de 13 en ISO 100, en modo manual, balance de blanco fluorescente, sin flash; las imágenes se guardaron en formato gráfico JPEG. Las imágenes con dimensiones de 2592 x 1944 pixeles fueron comprimidas a 1556 x 1167 pixeles para su análisis.

Creación de datos de entrenamiento y prueba de los clasificadores

Para crear los conjuntos de datos de entrenamiento y prueba de los modelos de clasificación, 14 fotografías digitales de flores de petunia fueron procesadas con un filtro de media y con una matriz convolutiva de 3 x 3 para mejorar la calidad de las imágenes.

Se realizó un muestreo sistemático de recortes homogéneos de imagen de tamaño 10 x 10 píxeles. Luego, cada píxel fue transformado a los espacios de color RGB, CIE Lab y LCH y se le asoció, como respuesta, la clase o categoría de color representativa del recuadro muestreado (flor blanca, flor rosa, flor bicolor, hoja y fondo). Para evitar redundancia en la modelación se eliminaron los píxeles con igual codificación en el espacio de color RGB.

Cada clase o categoría contiene píxeles con tonalidades diferenciables; así, para la clase hoja se eligieron cortes con tonalidades verde fuerte, verde claro y verde oliva. Para cada clase se seleccionaron diferentes tonos para mejorar el desempeño de los clasificadores. Para cada variedad de flor se crearon conjuntos de datos de entrenamiento y prueba (Cuadro 1).

Cuadro 1 Conjuntos de datos utilizados en el entrenamiento y prueba de los modelos MPL y PNN para clasificar dos variedades de petunia *spp* (multiflora y púrpura)

Conjuntos de datos	No. muestras (píxeles)	Entradas	Clases
Multiflora	5500	8	7
Púrpura	2770	8	3

Variedad Multiflora. Colores de clase 1 : blanco; 2 : fucsia; 3 : rosa; 4 : azul ; 5 : bicolor ; 6 : verde ; 7 : negro

Variedad púrpura. Colores de clase 1 : púrpura ; 2 : verde ; 3 : negro

Entradas: espacios de color RGB (3), CIE Lab (3) y LCH (2).

Clases: número de clases por variedad de petunia *spp*.

Red neuronal perceptrón multicapa

Bajo la plataforma de Matlab se implementaron diferentes arquitecturas del modelo MLP. Considerando 3, 6 y 8 entradas; diferente número de neuronas, número de capas, y diferentes algoritmos de optimización para el entrenamiento de la red. Se utilizó la función de activación tangente sigmoidea (*tansig*) definida en el intervalo [-1, 1] y expresada por:

$$tansig(n) = \frac{2}{(1+e^{-2n})-1} \quad (1)$$

donde n es una combinación lineal del vector de entradas y el vector de pesos asociado a la red neuronal.

Red neuronal probabilística

El modelo PNN posee una estructura similar al modelo MLP; sin embargo, en lugar de utilizar funciones de activación sigmoideas, se utilizan funciones Gaussianas de base radial en la capa intermedia o escondida. Una PNN consta de cuatro capas: la capa de entrada, la capa con neuronas Gaussianas de base radial, la capa competitiva o de suma y la capa de salida. La función Gaussiana se define como:

$$radbas(n) = \exp^{-n^2} \quad (2)$$

dónde n son las distancias euclidianas entre los vectores de entrada y el vector de pesos asociado a las funciones de base radial.

Criterios de evaluación del desempeño

Se utilizó el porcentaje de clasificación global promedio de 25 corridas definido por:

$$Pcg = \frac{100}{25 N} \sum_{i=1}^{25} \sum_{k=1}^K n_{ki} \quad (3)$$

dónde Pcg es el porcentaje global promedio de clasificación; N es el tamaño del conjunto de datos de entrenamiento o prueba; K es el número de clases; y n_{ki} es el número de aciertos correspondiente a la clase k y la partición i .

Escenarios de simulación

Para cada variedad de flor, se crearon ocho diferentes subconjuntos de datos, con el propósito de analizar el efecto del tamaño del conjunto de datos de entrenamiento (100 y 50%), los espacios de color (RGB, CIE Lab, LCH, Todos) sobre la eficiencia de clasificación global de los modelos MLP y PNN.

Para cada subconjunto de datos, se generaron 25 particiones aleatorias (80% para entrenamiento y 20% para prueba) para entrenar los modelos MLP y PNN. Las entradas de datos fueron escaladas en el intervalo -1,1 para mejorar la estabilidad numérica de los algoritmos de entrenamiento y las respuestas o clases asociadas a cada entrada fueron transformadas a vectores unitarios de dimensión 7 para la variedad multiflora y de dimensión 3 para la variedad púrpura.

Resultados

Eficiencias de clasificación de la variedad multiflora

En el Cuadro 2 se presentan los P_{cg} para la variedad *petunia spp.* multiflora (7 clases de color). Para cada combinación de tipos de entrada (espacios de color) y tamaño del conjunto de datos de cada modelo, los P_{cg} son similares en entrenamiento y prueba lo que indica que los modelos generalizan bien para nuevos datos. 50% de los datos es suficiente para obtener la misma eficiencia que con 100% de los datos. Para este escenario, el modelo MLP supera al modelo PNN. Además, el espacio de color CIE Lab (3 entradas) es suficiente para obtener eficiencias de clasificación comparables al utilizar todos los espacios de color (8 entradas).

Cuadro 2 Promedio de porcentajes de clasificación de 25 corridas del algoritmo para cada conjunto de datos de la variedad de *petunia spp* multiflora

Conjunto	Tamaño (%)	Entrada	E_MLP %	P_MLP %	E_PNN %	P_PNN %
1	100	CIE Lab	90.6	90.7	79.0	79.1
2	100	LCH	84.5	84.5	58.5	58.7
3	100	RGB	83.5	83.5	76.9	77.1
4	100	TODOS	96.1	95.9	78.3	78.0
5	50	CIE Lab	91.1	91.1	79.3	79.4
6	50	LCH	85.5	85.6	58.9	59.6
7	50	RGB	85.2	85.3	77.0	76.4
8	50	TODO	94.9	94.6	78.1	78.2

Eficiencias de clasificación de la variedad púrpura

En el caso de variedad de *petunia spp* púrpura (3 clases de color) el desempeño de los dos modelos fue superior con respecto a la variedad multiflora. Esto debido a que las imágenes de flor fueron más homogéneas (Cuadro 3). Sin embargo, el espacio de color RGB (tres entradas) fue suficiente para obtener un buen desempeño de los modelos. El modelo MLP supera al modelo PNN en estos escenarios.

Cuadro 3 Promedio de porcentajes de clasificación de 25 corridas del algoritmo para cada conjunto de datos de la variedad de petunia spp púrpura

Conjunto	Tamaño (%)	Entrada	E_MLP %	P_MLP %	E_PNN %	P_PNN %
1	100	LAB	97.5	97.4	95.0	94.6
2	100	LCH	97.1	97.4	94.8	95.0
3	100	RGB	99.2	99.1	94.9	94.9
4	100	TODO	99.8	99.7	95.0	94.7
5	50	LAB	98.1	98.1	94.90	95.0
6	50	LCH	97.6	97.4	94.8	95.2
7	50	RGB	99.4	99.3	94.8	95.0
8	50	TODO	99.6	99.5	94.9	95.1

Eficiencia en los tiempos de ejecución de MLP y PNN

Los tiempos de ejecución de las simulaciones se comparan en el Cuadro 4, donde se muestra que la red PNN es más veloz que la MLP.

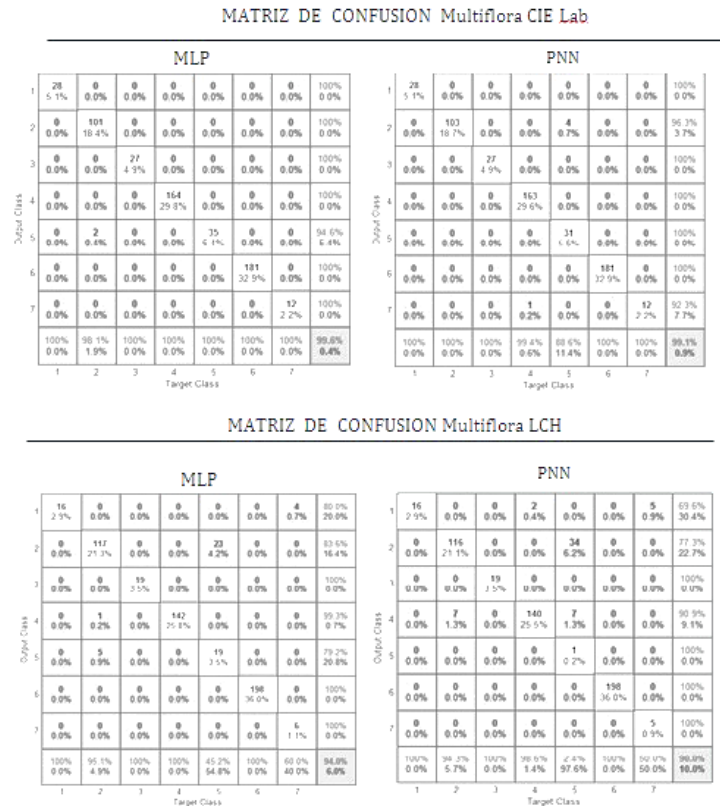
Cuadro 4 Tiempos de ejecución en segundos de 25 corridas para los modelos MLP y PNN

Variedad	MLP seg	PNN seg
Multiflora-50-CIE Lab	10951	67
Púrpura-50-CIE Lab	68	22

Matrices de Confusión de MLP y PNN

En la Figura 1 se muestran las matrices de confusión, donde se observan los porcentajes de clasificación para una corrida específica, para cada una de las clases de la variedad multiflora. Los porcentajes de clasificación son altos cuando se utiliza el espacio de color CIE Lab. Sin embargo, los porcentajes obtenidos con el espacio de color LCH son ligeramente más bajos, con una precisión global mayor de 90%. Ambos modelos presentaron problemas para clasificar la clase 5 “bicolor”.

Figura 1 Comparación de los modelos MLP y PNN mediante las matrices de confusión para la variedad multiflora, con 50% de los datos y los espacios de color CIE Lab y LCH



Conclusiones

Los modelos de red neuronal perceptrón multicapa (MLP) y probabilística (PNN), usados para clasificar imágenes digitales de dos variedades de flores de *petunia* spp, con base en color, presentaron altas eficiencias de clasificación; sin embargo, el modelo PNN supera en tiempos de ejecución al modelo MLP. Los espacios de color RGB y CIE Lab permiten obtener resultados de eficiencia comparables cuando se utilizan los tres espacios de color (RGB, CIE Lab y LCH) simultáneamente. Además, los modelos MLP y PNN se desempeñaron mejor con tres categorías de color (variedad púrpura) que con 7 categorías (variedad multiflora).

Referencias

- Aitkenhead, M. J., Dalgetty, I. A., Mullins, C. E., McDonald, A. J. S., Strachan, N. J. C. (2003). Weed and crop discrimination using image analysis and artificial intelligence methods. *Computer and Electronics Agric.*, 39, 157-171.
- Gang, W., Sheng, B. E., You, X., Wang, Y., Chang, Y. & Xiang, Q. (2007). A leaf recognition algorithm for plant classification using probabilistic. *Neural networks*, 1, 1-6.

González-Camacho, J. M., Cervantes R., Ojeda, W., & López, I. (2008). Predicción de la evapotranspiración de referencia mediante redes neuronales artificiales. *Ing. Hidrául. Méx.* 23, 127-138.

González-Camacho, J. M., de los Campos, G., Pérez, P., Gianola, D., Cairns, J. E., Mahuku, G., Babu, R. & Crossa, J. (2012). Genome-enabled prediction of genetic values using radial basis function neural networks. *Theor. Appl. Genet.*, 125(4), 759-771.

Guili, X., Fengling, Z., Ghafoor, S., Yongqiang, Y., & Hanping, M. (2011). Use of leaf color images to identify nitrogen and potassium deficient tomatoes. *Pattern Recog. Lett.*, 32, 1584-1590.

Guru, D., S., Sharath, Y. H., & Manjunath, S. (2010). Textural features in flower classification. *Mathematical and Computer Modelling*, 54, 1030-1036.

Haykin, S.S. (1998). *Neural networks: a comprehensive foundation*. 2nd Ed. New Jersey, Prentice Hall, 846p.

Ibrahiem, M.M., Emary, E., Ramakrishnan, S. (2008). On the application of various probabilistic neural networks in solving different pattern classification problems. *World Applied Sciences J.*, 6, 772-780.

Mendoza, F., Dejmek, P., & Aguilera, J. M. (2006). Calibrated color measurements of agricultural foods using image analysis. *Postharvest Biology and Technology*, 1, 1-11.

Shah, M.S.B., Farah, A.R., Ahmad, M.Y., & Shazana, K. (2009). Non-destructive watermelon ripeness determination using image processing and artificial neural network (ANN). *Proc. of World Academy of Science, Engineering and Technology*, 38, 542-546.

Specht, D. F. (1990). Probabilistic Neural Networks. *Neural Networks*, 3(1), 109-118.

Timmermans, A. J. M., & Huizebosch, A. A. (1995). Computer vision system for on-line sorting of pot plants using an artificial neural network classifier. *Computers and Electronics in Agriculture*, 15, 41-55.

Zhang, J., Sokhansanj, S., Wu, S., Fang, R., Yang, W. & Winter, P.. (1997). A transformation technique from RGB signals to the Munsell system for color analysis of tobacco leaves. *Computers and Electronics in Agriculture*, 1, 1-12.

Cálculo de la evapotranspiración de referencia con valores climatológicos en tiempo real y pronosticados

SALINAS-CRUZ, Israel^{*†}, DÍAZ-LUNA, Samantha Aurora^{''} y LUGO-ESPINOSA, Oziel^{'''}

Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario Texcoco, Maestría en ciencias de la computación; Av. Jardín Zumpango s/n Fracc. El Tejocote, Texcoco, Estado de México.

''Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Doctorado en edafología; Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco 56230, Estado de México.

'''Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario Texcoco, Maestría en ciencias de la computación; Av. Jardín Zumpango s/n Fracc. El Tejocote, Texcoco, Estado de México.

Resumen

Se presenta una herramienta de software que automatiza la adquisición de datos climatológicos que imperan al momento de la ejecución del software y los pronosticados por hora y día para el cálculo en tiempo real de la evapotranspiración de referencia (ET₀) mediante el método de Hargreaves. Los datos climatológicos se obtienen mediante la consulta al servidor Web de clima de Yahoo, el cual retorna un archivo de datos con la información climatológica asociada a la zona geográfica de interés; los datos se procesan por la herramienta de software y se extraen los datos que requiere la fórmula de Hargreaves. Es posible utilizar diferentes métodos para el cálculo de la ET₀, y la importancia del trabajo que aquí se presenta radica en la exactitud de los valores obtenidos frente al uso de datos promedio que se utilizan de manera tradicional para cualquier método del cálculo de la ET₀.

Java, Yahoo Clima, Hargreaves, transpiración, evaporación.

Abstract

A software tool that automates the acquisition of climatological data prevailing at the time of execution of the software and predicted by time and day for the real-time calculation of reference evapotranspiration (ET₀) by Hargreaves method is presented. Climatological data are obtained by consulting the Web server climate of Yahoo, which returns a data file with climatic information associated with the geographical area of interest; the data is processed by the software tool and the data required Hargreaves formula are extracted. You can use different methods for calculating ET₀, and the importance of the work presented here lies in the accuracy of the values obtained over the use of average data used traditionally for any method of calculating ET₀.

Java, Yahoo Weather, Hargreaves, transpiration, evaporation.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: panther_0203@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

El manejo del agua en la agricultura puede mejorarse con una adecuada estimación de la evapotranspiración de referencia de los cultivos, por tal motivo, este tema es de interés para los agricultores ya que para ellos es indispensable conocer la cantidad de agua que necesita su cultivo para crecer y desarrollarse de manera adecuada, todo aunando a una reducción de costos y el aumento de utilidades.

La evapotranspiración es la combinación de la evaporación desde la superficie de suelo y la transpiración de la vegetación. Por un lado, la evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua (vaporización) y se retira de la superficie evaporante (remoción de vapor); y la transpiración consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la atmósfera.

La evapotranspiración se expresa en milímetros (mm) por unidad de tiempo. Esta unidad expresa la cantidad de agua perdida de una superficie cultivada en unidades de altura de agua. La unidad de tiempo puede ser una hora, día, 10 días, mes o incluso un completo período de cultivo o un año.

De acuerdo a Campos (1996), los factores que condicionan la evapotranspiración pueden ser clasificados en tres grupos:

- Climáticos: Abarcan principalmente la radiación solar y el poder evaporante de la atmósfera, que en el caso de la evapotranspiración se conoce como “capacidad del aire para el transporte de vapor de agua”, además de la temperatura, viento, luminosidad, etc.
- Edáficos: Influyen principalmente en el contenido de humedad del suelo y a la facilidad por parte de éste para cederla, es decir, la transmisibilidad del agua a la superficie evaporante (suelo y vegetación).
- Biológicos: Comprende las etapas de desarrollo de la planta y su tipo de especie.

Clasificación de evapotranspiración

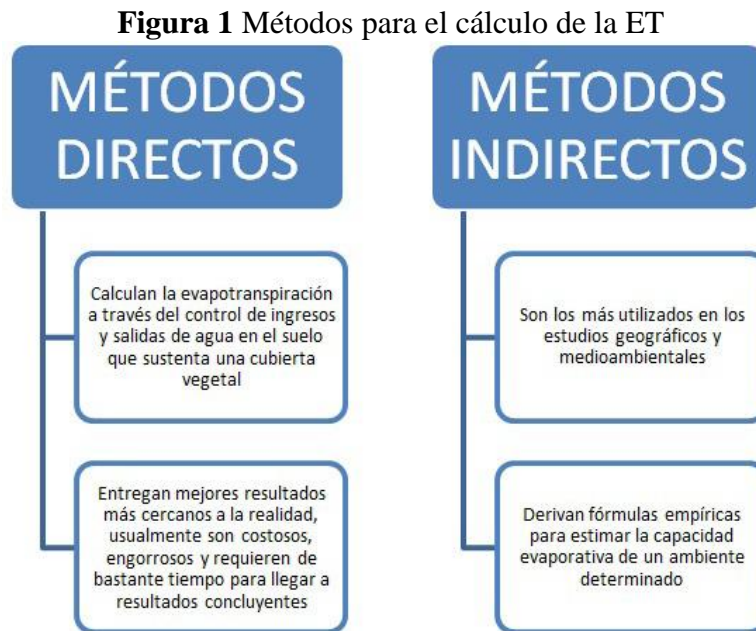
La evapotranspiración se divide en dos:

- 1.- Evapotranspiración de referencia o potencial (ET_0): Evapotranspiración que se produce cuando la humedad del suelo y la cobertura vegetal se encuentran en condiciones óptimas. Doorembos y Pruit (FAO, 1975) define la ET_0 como: “La tasa de evaporación en mm/día de una extensa superficie de pasto (grama) verde de 8 a 15 cm de altura, en crecimiento activo, que sombrea completamente la superficie del suelo y que no sufre de escasez de agua”. Es decir proporciona resultados de acuerdo a un dato ya establecido o como su nombre lo estable un dato de referencia.
- 2.- Evapotranspiración real (ET_R): Se produce realmente en las condiciones existentes en cada caso.

La principal diferencia entre ambos conceptos radica en que la evapotranspiración potencial (ETO) es la máxima evaporación que se produce en una superficie cubierta por completo de vegetación y sin límites en el recurso hídrico; mientras que la evapotranspiración real (ETR) está condicionada por las disponibilidades de agua, cuando éstas son suficientes su valor es el de la potencial; cuando hay déficit hídrico la ET_R es inferior a la ET_0 (Fernández, 1996).

Métodos para calcular la evapotranspiración (ET)

Existen métodos directos e indirectos para el cálculo de la ET, a continuación, la Figura 1 simplifica su filosofía:



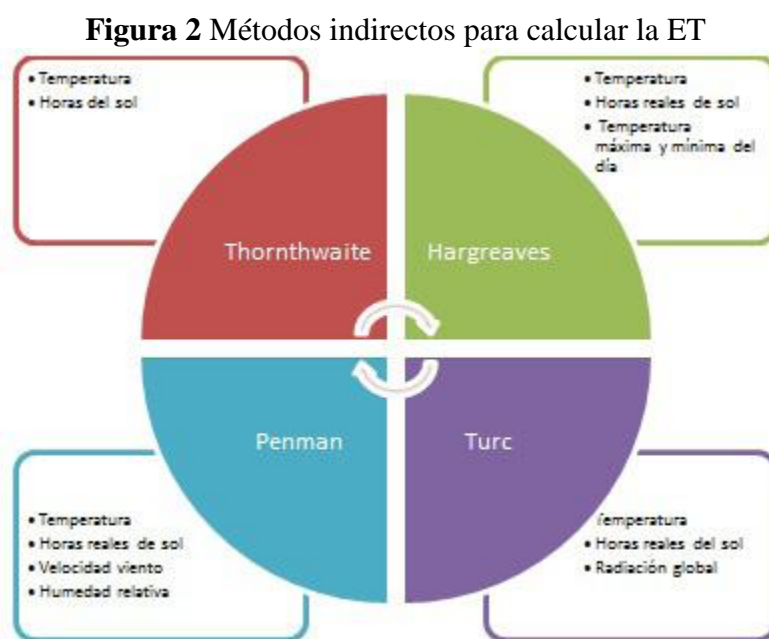
Métodos directos

- Evapotranspirómetros: Mantienen en los tanques el nivel freático a una cierta profundidad, siempre constante; tienen como objetivo, la determinación de la influencia del nivel freático y simulación de las condiciones naturales de un terreno con respecto a la posición del nivel de las aguas subterráneas.
- Lisímetros: Son tanques sencillos, donde el consumo de agua por evapotranspiración se determina pesando diariamente el conjunto del suelo, plantas, agua y aparato. La reposición de agua se efectúa por medio de tanques de alimentación en forma automática.

- Parcelas y cuencas experimentales: Las parcelas experimentales tiene superficies de algunos centenares de metros cuadrados, los mayores errores son originados por el agua que se escapa a través de los límites de la parcela. La estimación de la evapotranspiración por medio del balance hídrico, en cuencas experimentales, debe ser realizada para grandes períodos, tales como un año o varios años, para poder despreciar los cambios en el almacenamiento.

Métodos indirectos

Se caracterizan por la utilización de fórmulas matemáticas y datos climatológicos. La Figura 2 que se muestra a continuación, muestra los principales métodos que existen así como los datos que requieren:



Materiales y métodos

Entre los organismos internacionales que han intentado alcanzar el consenso con respecto al mejor método para su uso en la estimación de la evapotranspiración, se pueden mencionar la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) y el IWNI (International Water Management Institute). El método de Hargreaves es el recomendado por la FAO-56 dado que sólo necesita datos de temperatura y radiación solar, los cuales pueden brindar una aproximación casi exacta de la cantidad de agua que pierde un cultivo.

En Uruguay, se ha demostrado que el método de Hargreaves es el más adecuado tanto por su simplicidad y amplia aceptación, como por la menor necesidad de datos (Almorox, 2008).

Método de Hargreaves

El método utiliza parámetros térmicos y radiación solar extraterrestre, que se estima a partir de la latitud.

Formula inicial (1)

$$ET_0 = 0,0135(t_{med} + 17,78)R_s \quad (1)$$

Dónde:

ET_0 = evapotranspiración potencial diaria, mm/día

t_{med} = temperatura media, °C

R_s = radiación solar incidente, convertida en mm/día

La radiación solar incidente, R_s , expresada en (2), se evalúa a partir de la radiación solar extraterrestre (la que llega a la parte exterior de la atmósfera, que sería la que llegaría al suelo si no existiera atmósfera).

$$R_s = R_0 * KT * (t_{max} - t_{min})^{0.5} \quad (2)$$

Dónde:

R_s = Radiación solar incidente, mm/día

R_0 = Radiación solar extraterrestre, mm/día (tabulada)

KT = coeficiente, Kc

t_{max} = temperatura diaria máxima °C

t_{min} = temperatura diaria mínima °C

El método presenta la ventaja de que se puede aplicar para cualquier observatorio con sólo datos de temperatura. Si para el coeficiente KT se toma el valor 0,0135, y para R_0 0,17 la combinación de ambos coeficientes empíricos da como resultado un coeficiente de 0,0023, quedando:

$$R_s = R_0 * KT * (t_{max} - t_{min})^{0.5} \quad (3)$$

Dónde:

ET_0 = evapotranspiración potencial diaria, mm/día

t_{med} = temperatura media diaria, °C

R_0 = Radiación solar extraterrestre, en mm/día (tabulada)

t_{max} = temperatura diaria máxima, °C

t_{min} = temperatura diaria mínima, °C

En un inicio, el coeficiente de radiación kRS fue fijado en 0,17 para regiones semiáridas. Posteriormente, Hargreaves recomienda el uso de 0,16 para regiones interiores y 0,17 para las zonas costeras.

Son varios los autores que han estimado y calibrado los valores de las constantes de la ecuación, relacionan el valor de kRS frente al valor del rango de temperatura, y recomienda la calibración (Samani, 2004).

Otros autores han calibrado el factor kg, modificando el valor 0,0135 de la ecuación originaria e incluso el exponente 0,5 que afecta al rango de temperaturas (Allen, 1993). Según Hargreaves, el modelo HG ha sido empleado con muy buenos resultados en zonas climáticas diferentes a la zona donde se desarrolló y aconsejan abordar la ecuación de manera integrada y analizar cómo predice la ETo.

Es necesario resaltar que la ecuación supone que la diferencia de temperaturas máxima y mínima se relaciona con la radiación solar, por este motivo el modelo está sujeto a errores ocasionados por factores meteorológicos como son el viento o la nubosidad al influir estos en el rango térmico diario, y en consecuencia Hargreaves y Allen recomiendan su uso con pasos de tiempo de al menos cinco días.

Software

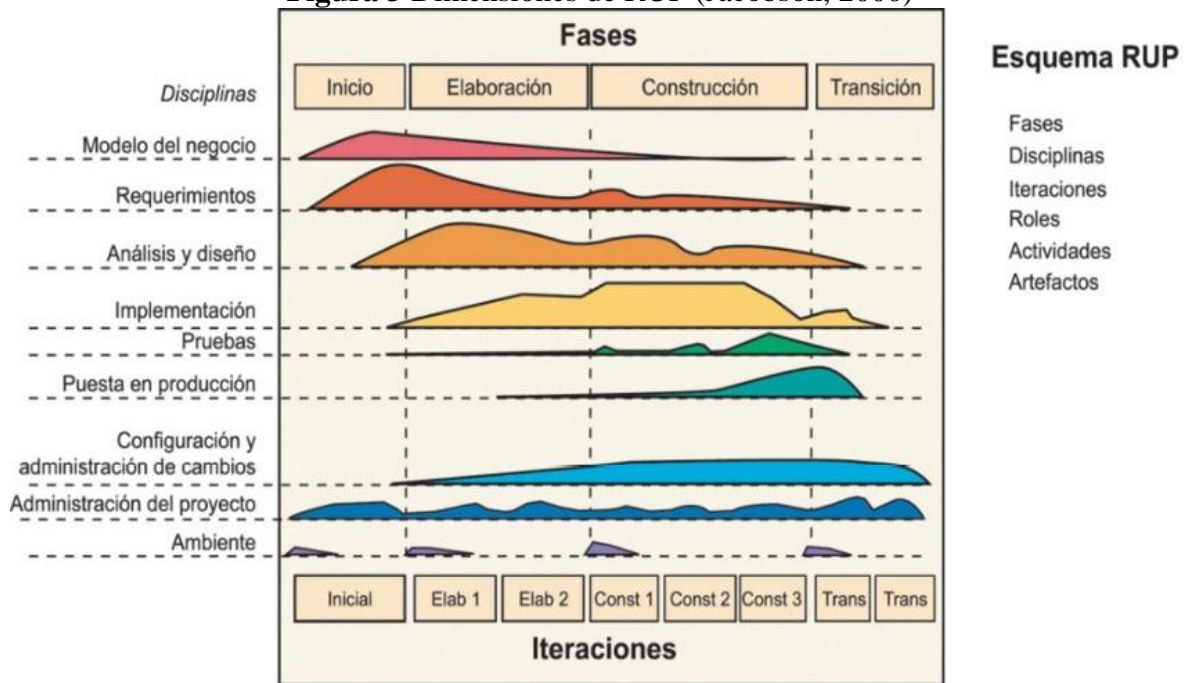
La metodología utilizada en un desarrollo de software nos proporcionan las guías para poder conocer todo el camino a recorrer desde antes de empezar la implementación, con lo cual se asegura la calidad del producto final, así como también el cumplimiento en la entrega del mismo en un tiempo estipulado.

La metodología RUP nos proporciona disciplinas en las cuales se encuentran artefactos con lo cual se podrá contar con guías para poder documentar e implementar de una manera fácil y eficiente, todas las guías para un buen desarrollo, todo esto dentro de las respectivas fases con las cuales cuenta (Jacobson, 2000) Las siglas RUP en inglés significa Rational Unified Process (Proceso Unificado de Rational) es un producto del proceso de ingeniería de software que proporciona un enfoque disciplinado para asignar tareas y responsabilidades dentro de una organización del desarrollo. Su meta es asegurar la producción del software de alta calidad que resuelve las necesidades de los usuarios dentro de un presupuesto y tiempo establecidos.

El RUP tiene dos dimensiones como se ilustra en la Figura 3:

- El eje horizontal representa tiempo y demuestra los aspectos del ciclo de vida del proceso.
- El eje vertical representa las disciplinas, que agrupan actividades definidas lógicamente por la naturaleza.

Figura 3 Dimensiones de RUP (Jacobson, 2000)



La primera dimensión (eje horizontal) representa el aspecto dinámico del proceso y se expresa en términos de fases, de iteraciones, y la finalización de las fases. La segunda dimensión representa el aspecto estático del proceso: cómo se describe en términos de componentes de proceso, las disciplinas, las actividades, los flujos de trabajo, los artefactos, y los roles.

Fases utilizadas para elaborar el software

Se utilizaron cuatro fases secuenciales en cada extremo de una fase se realizó una evaluación.

- 1.- Concepción, Inicio o Estudio de oportunidad
 - Define el ámbito y objetivos del proyecto
 - Se define la funcionalidad y capacidades del producto
- 2.- Elaboración
 - Tanto la funcionalidad como el dominio del problema se estudian en profundidad
 - Se define una arquitectura básica
 - Se planifica el proyecto considerando recursos disponibles
- 3.- Construcción
 - El producto se desarrolla a través de iteraciones donde cada iteración involucra tareas de análisis, diseño e implementación
 - Las fases de estudio y análisis sólo dieron una arquitectura básica que es aquí refinada de manera incremental conforme se construye (se permiten cambios en la estructura)
 - Gran parte del trabajo es programación y pruebas
 - Se documenta tanto el sistema construido como el manejo del mismo
 - Esta fase proporciona un producto construido junto con la documentación

4.- Transición

- Se libera el producto para entregarlo al usuario para un uso real
- Se incluyen tareas de marketing, empaquetado e instalación.
- Los manuales de usuario se completan y refinan con la información anterior
- Estas tareas se realizan también en iteraciones

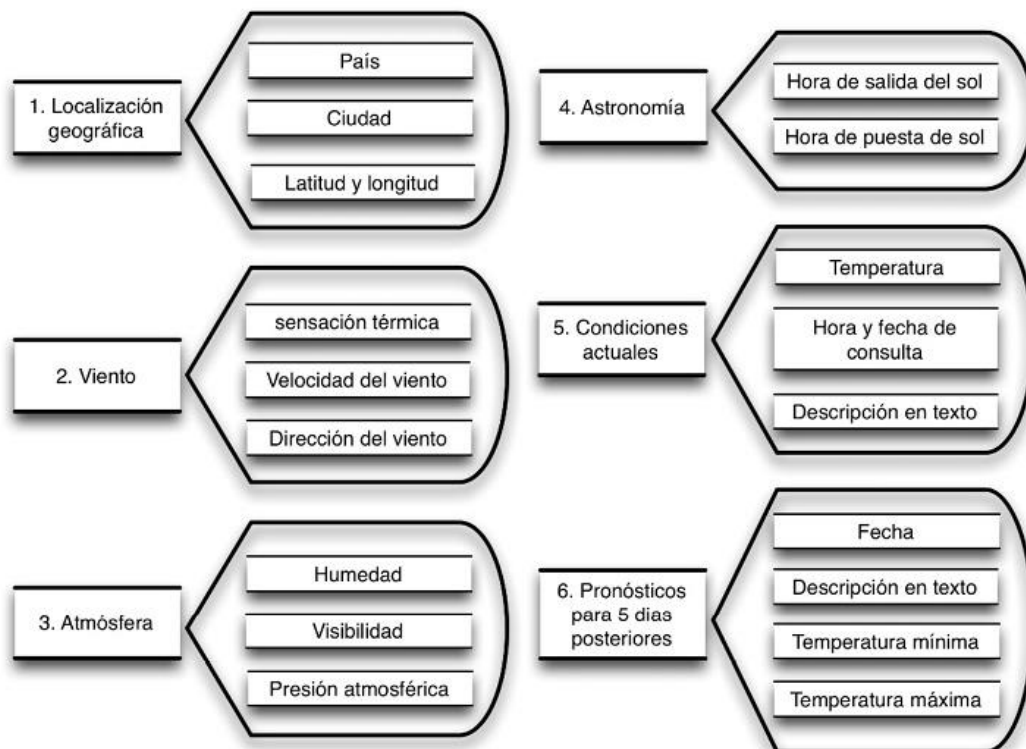
Archivo XML de clima

XML (Extensible Markup Language) es un lenguaje de etiquetas, es decir, cada paquete de información está delimitado por dos etiquetas como se hace también en el lenguaje HTML, pero XML separa el contenido de la presentación.

Un programa informático puede estar escrito en cualquier lenguaje de programación, pero en esencia, todos los programas procesan información, entendiéndose por información “dato + significado”. Por lo tanto un documento escrito en XML contiene la información que necesitan los programas para procesar y generar resultados.

A continuación, la Figura 4, simplifica el contenido del XML que se obtiene como respuesta de la consulta al servidor de clima de Yahoo.

Figura 4 Estructura del archivo XML de clima



Validación

Para poder validar la exactitud del software que se desarrolló, se realizó una comparación del método Hargreaves con la herramienta software y sin el software, es decir, con el método tradicional (aplicar las formulas del modelo con datos climáticos promedio). Para esta validación se escogió como referencia geográfica el municipio de Texcoco.

El municipio de Texcoco tiene una extensión territorial de 418.69 kilómetros cuadrados. La altitud de la cabecera municipal alcanza los 2,250 msnm (msnm: metros sobre el nivel del mar), su clima se considera templado semi seco, con una temperatura media anual de 15.9°C y una precipitación media anual de 686.0 mm.

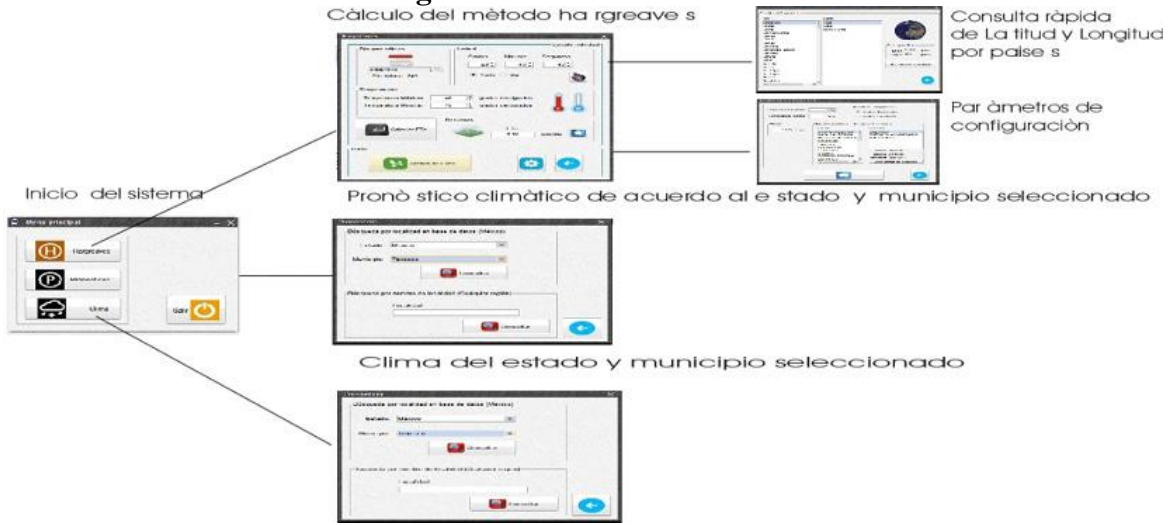
Resultados

El objetivo principal del sistema es el cálculo de la evapotranspiración de referencia en tiempo real, todo esto se logra mediante la ejecución de dos pasos, el primero es la adquisición de datos climatológicos del servidor yahoo los cuales pueden ser proporcionados por hora y día. El segundo es el cálculo del valor de la evapotranspiración de referencia mediante el método de Hargreaves.

A continuación, la Figura 5 muestra el primer componente del sistema, los datos necesarios para realizar el cálculo de la evapotranspiración, los pronósticos en tiempo real proporcionados por el servidor de Yahoo, más el valor de ET_0 de referencia, el cual se encuentra almacenado en una base de datos dentro de la herramienta de software. La suma de estos dos elementos en conjunto nos proporcionan el valor de la evapotranspiración en tiempo real, mediante la interfaz gráfica del software.



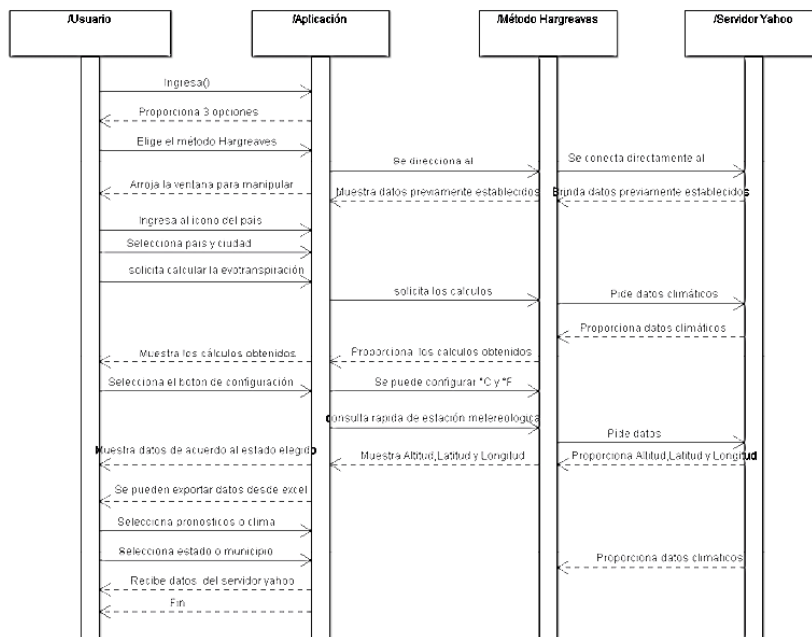
Figura 6 Pantallas del sistema



Una vez que se realiza la consulta al servidor de clima de Yahoo, éste retorna un archivo XML con los datos climatológicos de la región geográfica de interés; el archivo XML se procesa con el software y se realizan los cálculos necesarios para obtener resultados. La Figura 6 presenta la secuencia de las pantallas para su interacción con el usuario.

La Figura 7 que se muestra a continuación, describe la secuencia temporal utilizada para proporcionar los datos deseados que el usuario solicita, de igual manera, la imagen describe las tareas de cada uno de los elementos que intervienen en el software propuesto.

Figura 7 Diagrama de secuencia del software



Comparación en la precisión del cálculo

Para el desarrollo de la comparación se tomaron los datos climáticos del municipio de Texcoco (Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática, 2004) y el dato de la radiación solar extraterrestre del Estado de México, no existe el dato de la radiación solar incidente en el municipio de Texcoco.

Datos:

Temperatura promedio del municipio de Texcoco 15.9 °C
Radiación Solar Extraterrestre del Estado de México (Septiembre, 20° Latitud Norte)
Desarrollo de la fórmula del método tradicional de Hargreaves:

Valor de la radiación extraterrestre:

$R_0 = 35.8$ September/m²/ día (Allen, 1998)
Para transformar a su equivalente de mm/día:
 $R_0 = 35.8 * 0.408 = 14.60$ mm/día

Finalmente aplicando la ecuación (3)

$$ET_o = 0,0023(t_{med} + 17,78) R_o * (t_{max} - t_{min})^{0.5}$$

Como se toma el valor promedio de la temperatura de Texcoco, la Tmed, Tmax y Tmin tendrán el mismo valor.

Si se aplicara la fórmula el resultado sería cero

$$ET_o = 0,0023(15.9 + 17,78) 14.60 * (15.9 - 15.9)^{0.5} = 0mm/día$$

Dado que Tmax y Tmin tienen un valor de cero, al multiplicarse con los demás factores se obtiene como resultado cero. Por tal motivo solo se tomarán en cuenta los valores necesarios para el cálculo de la ecuación

$$ET_o = 0,0023(15.9 + 17,78) 14.60 = 1.13 mm/día$$

En la Figura 7.2 se observa que la temperatura de Texcoco varía día tras día y en cada hora es visible el cambio de temperatura.

El software que se propone, calcula la evapotranspiración en tiempo real y podrá determinar de forma precisa la cantidad de agua que pierde nuestro cultivo. Ahora no solo se tienen datos promedio, sino que se cuenta con datos reales.

Figura 8 Datos climatológicos horarios del municipio de Texcoco



A continuación, el Cuadro 1 resume la comparativa del uso de la herramienta de software frente al cálculo tradicional con el uso de datos promedio.

Cuadro 1 Comparación del software frente a datos promedio

Característica	Herramienta de software	Método tradicional con datos promedio
Tiempo de respuesta	Tiempo de respuesta inmediata	De acuerdo a la rapidez de la persona de resolver la ecuación. Es necesario contar con los datos climatológicos de la zona geográfica de interés
Precisión en el resultado	Precisión en el resultado	Poca precisión por el uso de valor promedio
Valores de temperatura	Valores de temperatura en tiempo real	Valores de temperatura promedio
Proporciona otros cálculos	SI	NO
Sus datos pueden ser utilizados para otros métodos	SI	SI

Conclusiones

Las condiciones del clima afectan a la producción agraria. Debido al fenómeno de cambio climático en la Tierra, es necesario contar con herramientas informáticas que proporcionen información climatológica con mayor precisión para poder tomar medidas preventivas a favor de una mayor cantidad y calidad de producción.

La comparación de resultados del uso de la herramienta de software frente al uso de datos climatológicos promedio muestra una diferencia notoria sobre la ventaja de tener los datos en tiempo real.

La herramienta de software permite la consulta del clima por localidades y ciudades lo que permite tener información climatológica en tiempo evitando la necesidad de contar con una estación meteorológica.

El uso de este software permitirá ahorro en costos de agua, maquinaria y mano de obra, ya que el cálculo de la evapotranspiración podrá indicar el agua perdida del cultivo y así determinar cuánta agua necesita dicho cultivo para su desarrollo adecuado.

Los datos obtenidos por esta herramienta de software, permite proponer el desarrollo de una aplicación móvil y adaptar este software para añadir los métodos de Thornthwaite, Turc y Penman.

Referencias

Almorox, J.; Hontoria, C.; Benito, M. 2008. Comparación de algunos métodos de estimación de la evapotranspiración en Uruguay. Revista Ingeniería Química. 33: 5-9.

Martínez, M. S. (2001). Métodos de estimación de evapotranspiración utilizados en Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 8.

Martínez, M. S. (2002). Modelos y Aproximaciones para la Estimación de la Evapotranspiración con Información Satelital. *Redalyc*, 15. Disponible en :<http://www.redalyc.org/pdf/300/30002909.pdf>.

Martínez, M. S., & Luis, C. B. (2011). Comparación de ecuaciones empíricas para el cálculo de la evapotranspiración de referencia en la Región del. *Redalyc*, 17. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/300/30021286010.pdf>

Pereyra, D. D. Martínez C. A. (1988). Evapotranspiración Potencial en la región Xalapa, Veracruz. *La Ciencia y el hombre. Revista de la U.V. No. 2*, pp. 49 -59.

Allen, R.G. 1993. Evaluation of a temperature difference method for computing grass reference evapotranspiration. Report submitted to the Water Resources Development and Man Service, Land and Water Development Division, FAO, Rome. 49.

Allen, R.G.; L. S. Pereira y D. Raes (1998).- Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56. Disponible en Internet en: <http://www.fao.org/docrep/X0490E/X0490E00.htm#Contents>

Allen G. R., Pereira L.S. y Smith M. (2006). Evapotranspiración de Cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Disponible en: <http://www.fao.org>

Campos, A. D. F. (1996). Procesos del ciclo hidrológico. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México, 683 pp.

Fernández, G. F. (1996). Manual de Climatología Aplicada. Clima, medio ambiente y planificación. Editorial Síntesis, Madrid, pp. 135-152.

Gocic, M.; Trajkovic, S. 2010. Software for estimating reference evapotranspiration using limited weather data, *Computers and Electronics in Agriculture*, 71(2):158-162.

Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática, 2004. Encuesta Nacional de Adicciones ENA-2002, Aguascalientes, México.

Jabloun, M. A.; Sahli, A. 2008. Evaluation of FAO-56 methodology for estimating reference evapotranspiration using limited climatic data: Application to Tunisia, *Agricultural Water Management*, 95(6): 707-715.

Jacobson I., Booch G., Rumbaugh D., *El Proceso Unificado de Desarrollo de Software*, Addison Wasley, 2000.

Samani, Z. 2004. Discussion on History of Hargreaves Evapotranspiration equation. *ASCE Journal of Irrig. & Drainage*. 130 (5): 447.

Propuesta de un medidor de ph en cultivos de Tilapia para Acuaponía

Pérez Delgado Abraham; *† & Martínez Suárez José Luis

Universidad Tecnológica de Tehuacán. Tehuacán, Puebla. México. Prolongación 1 sur No.1101 San Pablo Tepetzingo, Tehuacán, Puebla. México. C.P. 75859; Tel. 01(238)3803100.

Resumen

El medio ambiente acuático y en especial la acuaponía abarca una gran variedad de parámetros, físicos, químicos, interrelacionados entre sí, dando lugar a lo que se llama "calidad del agua", condición muy importante que interviene en la salud de los peces. Los factores físico-químicos de mayor importancia son: temperatura, pH, dureza. Oxígeno, amonio, alcalinidad, nitratos y nitritos, sin embargo, es necesario desarrollar tecnología en este campo que optimice los sistemas de producción y transformación de las especies acuícolas (Jiménez, 2007). El objeto de estudio son las tilapias las desprenden pH durante su segregación y alimentación. por ello que se debe monitorear constantemente para saber acerca de la calidad del agua. Una de las problemáticas en las granjas de acuacultura es que los instrumentos de medición tienen un costo elevado en el mercado y adquirir un potenciómetro de este estilo lo es también, con base a esto los productores optan por contratar gente externa. La tecnología que ellos necesitan es de monitoreo y dado esto ellos pueden modificar el entorno, si alguna variable falla es posible disminuir la calidad del producto. Con base a ello se muestra una propuesta del diseño de un medidor temperatura por medio de arduino para que los productores puedan tomar decisiones del proceso de cultivo de tilapia.

Arduino, Tilapia, pH, Agua.

Abstract

The aquatic environment and especially aquaponics covers a wide range of parameters, physical, chemical, interrelated, leading to what is called "water quality" very important condition which is involved in fish health. The physical and chemical factors of greatest importance are: temperature, pH, hardness. Oxygen, ammonium, alkalinity, nitrate and nitrite, however, it is necessary to develop technology in this field to optimize production systems and processing of aquaculture species (Jiménez, 2007). The object of the study are tilapia off pH during segregation and food. why you should constantly monitor to know about water quality. One of the problems in aquaculture farms is that the measuring instruments are expensive in the market and acquire a potentiometer of this style it is also based on this producers choose to hire outsiders. The technology they need is monitoring this and since they can modify the operating environment is a variable failure is possible to lower product quality. Based on this proposal meter design temperature with Arduino shown to allow producers to make decisions in the process of tilapia.

Arduino, Tilapia, pH, water

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: luis.martinez@uttehuacan.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

La acuaponía es el cultivo de peces y plantas en un sistema de recirculación cerrado. Es un sistema en el cual los desechos orgánicos producidos por algún organismo acuático (generalmente peces) sirven como fuente de alimento para las plantas. Estas a su vez al tomar estos desechos, limpian el agua para los peces actuando como filtro biológico. La acuaponía es una técnica de producción intensiva, bio-integrada y altamente productiva en la cual se obtienen peces y hortalizas en un mismo sistema de producción, por cada tonelada de pescado producida en sistemas acuapónicos se obtienen hasta 7 toneladas de vegetales. Desde 1984 la producción acuícola ha aumentado a una tasa media anual de casi 10%, en comparación con el 3% correspondiente a la carne de bovino y 1.6 % de la pesca.

La Acuicultura está surgiendo como importante suministro de alimentos e ingresos y así, como una de las principales contribuciones a la seguridad alimentaria, además la Acuicultura, hoy por hoy, produce más de una cuarta parte de la pesca total mundial (FAO, 2003). Sin embargo en México no fue hasta los años 60's cuando se empezó a cultivar y a difundir la carpa en el Altiplano, y durante el sexenio del presidente Díaz Ordaz alrededor en 1967 se introducen Tilapia, Bagre y Trucha, en el centro y sureste de México. En los 70's, se inician los primeros esfuerzos para la producción de cultivo de camarón azul en Sonora y a partir de esta siembra se apuntalan los estados del norte como los principales estados en producción acuícola en todo el país (CICESE, 2003). Entre las especies que se cultivan en México, destacan las diferentes especies de Tilapia (*Oreochromis spp*), con un aporte del 44.1% de la producción nacional, Ostión (*Crassostrea spp.*, 21%), Carpa (*Cyprinus spp.*, 15.4%), Camarón (*Penaeus spp.*, 14.9%), Bagre (*Ictalurus spp* 1.5%) y Trucha (*Oncorhinkus spp.*, 1%). En el año 2006, siendo los estados de Veracruz, Michoacán y Puebla los principales productores de Tilapia y Sonora y Sinaloa de Camarón. En la Fig. 1 se muestra un sistema de crianza.

Figura 1 Sistema de crianza



Tilapia. La Tilapia tiene sus orígenes en África ya que se tienen datos desde hace 3000 años atrás en algunos pasajes bíblicos, donde Egipto es el principal país donde se cultiva la *Oreochromis niloticus* (SRAC 1999). Se tienen datos que a partir del año de 1939 se empezó a distribuir a diversos países de tal forma hoy en día se encuentra distribuida en todo el mundo por su valor comercial y al valor social ya que está destinada para la alimentación familiar y autoconsumo (FAO, 2003) (La Tilapia fue introducida a México procedente de los Estados Unidos por el Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras (hoy Instituto Nacional de Pesca) y las especies que se trajeron fueron: *O. Aurea*, *O. Melanopleura*, *O. Mossambica*, posteriormente se trajo la *O. Nilotica* y por último se trajo la variedad roja *O. Mossambica*, *O. Stirling* (Morales, 2003). El cuerpo de estos peces es robusto comprimido, a menudo discoidal, raramente alargado, con aleta dorsal que tiene de 23 a 31 espinas y radios; la boca es proctátil, mandíbula ancha, a menudo bordeada por labios gruesos con dientes cónicos y en algunas ocasiones incisivos, en otros casos puede presentar un puente carnoso (freno) que se encuentra en el maxilar inferior, en la parte media debajo del labio. Generalmente, el macho se desarrolla más que la hembra (Nicovita, 2006). La Tilapia son organismos generalmente herbívoros, se alimentan de pastos, hojas, vegetación acuática o plantas terrestres sumergidas, lo que la diferencia de otros peces que muestran preferencias por pequeños invertebrados y ciertos peces. Habita en gran diversidad de cuerpos de agua; como son Arroyos, Ríos, Lagos y lagunas costeras, incluso en hábitats marinos (SRA, 2000).

Las Tilapias muestran una gran preferencia por aguas de poca corriente o lenticas, poca profundidad y cerca de las orillas, refugiándose en márgenes de pantanos y riberas entre las raíces de las plantas acuáticas y piedras. El cultivo de tilapia ha sido popularizado debido a las cualidades que presenta este organismo, su carne es de excelente sabor, tiene un crecimiento rápido, gran resistencia física, alta capacidad reproductora y adaptación para vivir en condiciones de cautiverio, así como en estanques con alta densidad de organismos. Además, acepta una amplia gama de tipos de alimento, por lo que resulta altamente rentable. De igual forma, otra característica importante que le ha brindado una ventaja al cultivo de tilapia o mojarra es que puede desarrollarse en aguas poco oxigenadas, así como en aguas dulces o saladas, lo que ha permitido cultivarla junto con otras especies como el camarón y el langostino, entre otros.

pH.

Es la concentración de iones de Hidrógeno en el agua. El rango óptimo está entre 6.5 a 9.0. (Como se en la fig.8) Valores por encima o por debajo, causan cambios de comportamiento en los peces como letargia, inapetencia, retardan el crecimiento y retrasan la reproducción. Valores de pH cercanos a 5 producen mortalidad en un período de 3 a 5 horas, por fallas respiratorias; además, causan pérdidas de pigmentación e incremento en la secreción de mucus de la piel. Cuando se presentan niveles de pH ácidos, el ion Fe^{++} se vuelve soluble afectando las células de los arcos branquiales y por ende, disminuyendo los procesos de respiración, causando la muerte por anoxia (asfixia por falta de Oxígeno).

El pH en el agua fluctúa en un ciclo diario, principalmente influenciada por la concentración de CO_2 por la densidad del fitoplancton, la alcalinidad total y la dureza del agua. El pH para tilapia debe de ser neutro o muy cercano a él, con una dureza normalmente alta para proporcionar una segregación adecuada del mucus en la piel.

Materiales y métodos

A continuación se describen las características de los materiales empleados:

El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio $[\text{H}_3\text{O}^+]$ presentes en determinadas sustancias. Este kit permite medir de forma sencilla el pH de un líquido gracias a su placa controladora que ofrece un valor analógico proporcional a la medición. El controlador tiene un potenciómetro multivuelta que permite la correcta calibración de la sonda. Se recomienda limpiar bien la sonda en cada cambio de medición para no alterar su precisión.

La sonda es bastante frágil y por lo tanto debe ser tratada con amor y cariño! Incluye una muestra con pH 4.0 para calibrarla y dado que la salida de la placa ofrece un valor analógico, es muy sencillo utilizarla con tu micro controlador favorito con tan solo una entrada ADC.

Se entrega en una caja de plástico con foam protector para su mejor conservación, esta se muestra en la Fig. 2.

Características:

- Alimentación: 5.00V
- Dimensiones: 43x32mm (controlador)
- Rango de medición: 0-14 pH
- Temperatura de medición: 0-60 °C
- Precisión: $\pm 0.1\text{pH}$ (25 °C)
- Tiempo de respuesta: $\leq 1\text{min}$
- Sonda de pH con conector BNC
- Controlador pH2.0 (3 pines)
- Ajuste de ganancia
- Indicador LED

Figura 2 sensor



Resultados

A continuación se muestra el código obtenido para emplearse en arduino

```
/*
Este código es para probar el pH meter V1.0.
*/
#define SensorPin 0 //pH meter aArduinoAnalog Input 0
unsigned long int avgValue; //Valores promedios de valores
float b;
int buf[10], temp;
void setup()
{
  pinMode(13, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Ready"); //Verificar el serial monitor
}
void loop()
{
  for(int i=0; i<10; i++) //Conseguir 10 valores del sensor for smooth the value s
  {
    buf[i]=analogRead(SensorPin);
    delay(10);
  }
  for(int i=0; i<9; i++) //campo de entradas analógicas large
  {
    for(int j=i+1; j<10; j++)
    {
      if(buf[i]>buf[j])
      {
        temp=buf[i];
        buf[i]=buf[j];
        buf[j]=temp;
      }
    }
  }
  avgValue=0;
  for(int i=2; i<8; i++) //Toma valores promedios de 6 ejemplos
  avgValue+=buf[i];
  float pHValue=(float)avgValue*5.0/1024/6; //convertir señal analógica en millivolt
  pHValue=3.5*pHValue; //convertir el valor de voltaje a en PH
  Serial.print(" pH:");
  Serial.print(pHValue, 2);
  Serial.println(" ");
  digitalWrite(13, HIGH);
  delay(800);
  digitalWrite(13, LOW);
}
```


Por último se pasó a la fase de montaje en la cual se muestra en Fig. 4 el diseño, aunque se plantea en el futuro armar el circuito como una placa.

Figura 3 Montaje del circuito



Conclusiones

La Acuaponía está surgiendo como una propuesta de alimentos e ingresos y así, como una de las principales contribuciones a la seguridad alimentaria, además, la Tilapia es una especie que por sus características biológicas, para consumo humano y su producción requiere de condiciones ambientales de manejo mínimo, de tal forma que el conocimiento obtenido en esta investigación contribuirá a las recomendaciones que le sean útiles a los productores para tener un mejor proceso de manejo en las granjas. Se pretende monitorear una variable como lo es el pH por medio de arduino y con ello se lograra obtener un dispositivo móvil o fijo y de bajo costo así como accesible de manipular, con base a esto los productores pueden disminuir costos al prescindir de los servicios de empresas que se dedican a monitorear.

Referencias

CICESE, 2003. Historia de la Acuicultura en México. Departamento de Acuicultura: dirección: http://acuicultura.cicese.mx/in_mex.htm

FAO, 2003. Acerca del cultivo de Tilapia Nilotica y Tilapia Roja. 1-16 pp. Dirección: <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/pesca/acuicultura/cultivo>

Jiménez, F., 2007. Autosim Sobre las Principales Enfermedades Exoticas de los Peces, Sistemas y Planes de Emergencia. Monterrey N. L., México.

Kubitza F. 2009 y et al Producción de Tilapias en estanques excavados en tierra; estrategias avanzadas en manejo. Disponible en internet desde:

http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/acuicultura/01=cultivos/01-especies/_archivos/000008-

[Tilapia/100331_Producci%C3%B3n%20de%20tilapia%20en%20estanques%20excavados%20en%20tierra.pdf](http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/acuicultura/01=cultivos/01-especies/_archivos/000008-Tilapia/100331_Producci%C3%B3n%20de%20tilapia%20en%20estanques%20excavados%20en%20tierra.pdf)

Morales, A. 2003. Biología, Cultivo y Comercialización de la Tilapia. AGT Editor, S. A. México D. F.: pp. 1-30, 126-131.

Nicovita, 2006. Manual de crianza de Tilapia, Alicorp, Dirección:
<http://www.alicorp.com.pe>

Sra, 2000. Manual del participante, cultivo de Tilapia en Estanques Circulares. 1-32 pp.
Dirección:
http://www.sra.gob.mx/programas/fondo_tierras/manuales/cultivo_tilapia_estanques_circulares.pdf

Srac, 1999. Tilapia Life History and Biology. Publicación No. 283, 1-4 pp. Dirección:
[http://www.ca.uky.edu/wkrec/Tilapia Life History and Biology.pdf](http://www.ca.uky.edu/wkrec/Tilapia_Life_History_and_Biology.pdf)

Clasificación de la cobertura vegetal mediante algoritmos de umbralización múltiple

MACEDO-CRUZ, Antonia^{*†} & VILLEGAS-ROMERO, Isidro^{''}

´Colegio de Postgraduados, Postgrado en Hidrociencias, Km. 36.5 Carretera México-Texcoco, C.P. 56230. Montecillo, Municipio de Texcoco, Edo. de México.

´´Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales, Chapingo, Texcoco, Estado de México

Resumen

En el presente artículo se presenta un algoritmo de clasificación de texturas relativas a la cobertura vegetal captada en fotografías aéreas, en primer lugar se extrae la información más relevante de cada componente espectral de las imágenes mediante una técnica de segmentación por umbralización múltiple. Los mejores umbrales son obtenidos por la combinación de dos estrategias de umbralización: a) el método de Otsu, b) el algoritmo de Isodata, la fusión de estas técnicas de umbralización automática es una de las aportaciones a la presente investigación. El diseño de la estrategia de clasificación consiste en al fusionar las tres componentes umbralizadas reduciendo por un lado el tamaño de la imagen resultante, a la vez que se mantienen las características necesarias para establecer una primera clasificación. En tercer lugar, se aplican procesos de reagrupamiento (decisión) de aquellas clases que presentan solapamiento, de forma que se llegue a un número de clases mínimo pero significativo (óptimo). El desarrollo del presente algoritmo de clasificación es una de las principales conclusiones del artículo, quien generó resultados totalmente satisfactorios. Ya que permitieron analizar el comportamiento temporal de la cobertura vegetal. Los principales resultados obtenidos de la clasificación son la variación espacio-temporal de tres coberturas superficiales y su relación con los suelos de la zona de estudio.

Clasificación no supervisada, método de Otsu, algoritmo de Isodata, ortofoto digital, combinación de umbrales.

Abstract

In this article a classification algorithm textures vegetation cover on aerial photographs captured in the first place the most relevant information of each spectral component images using a segmentation technique is extracted by multiple thresholding is presented. Best thresholds are obtained by combining two strategies thresholding: a) the method of Otsu, b) algorithm Isodata, merging these automatic thresholding techniques is one of the contributions to this investigation. The design of the classification strategy is to merge the three components on the one hand thresholded reducing the size of the resulting image, while maintaining the characteristics necessary to establish a first classification. Thirdly, grouping process (decision) of those classes which have overlapping, so as to reach a minimum but significant number of classes (optimal) apply. The development of this ranking algorithm is one of the main conclusions of the article, which generated entirely satisfactory results. As they allowed analyze the temporal behavior of the vegetation cover. The main results of the classification are the spatial and temporal variation of three surface coverage and its relation to the soils of the study area.

Unsupervised classification method Otsu, Isodata algorithm, digital orthophoto, combination of thresholds

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: macedoan@colpos.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

A través de los años se han desarrollado diversos algoritmos de clasificación de imágenes captadas por sensores aerotransportados, incluso existe software comercial de Sistemas de Información Geográfica (GIS, Geographic Information Systems) que incluyen, dentro de sus extensiones, la clasificación de imágenes como una herramienta de utilidad. La mayoría de los métodos que se incorporan en dichas aplicaciones son sobre todo modelos de clasificación supervisada, y los no supervisados requieren por lo general el conocimiento de cierta información, por ejemplo, el número de clases o el intervalo de clases, tal como ocurre con los algoritmos de clasificación llamados c-medias (c-mean), k-medias (k-mean), o los c-medias-difusos (fuzzy-c-mean). Uno de los algoritmos no supervisados que ha demostrado una gran eficiencia en clasificación de imágenes en general y aéreas en particular es el conocido como ISODATA; si bien no resulta fácil su aplicación ya que habitualmente el usuario no conoce a priori determinados parámetros necesarios para el método, tales como, el número de grupos espectrales presentes en una imagen, el valor idóneo de dispersión interna de las muestras en los grupos o las distancias entre grupos. Para resolver el problema de configurar los parámetros del algoritmo se establece un proceso interactivo, donde el usuario establece unos valores arbitrarios iniciales que se van modificando a la luz de los resultados obtenidos en las sucesivas pruebas de verificación. La funcionalidad de las aplicaciones mencionadas, aunque en continuo avance, resulta en muchos casos insuficiente para abordar las propuestas de algunos de los proyectos demandados. Además, en muchos casos los métodos tradicionales de clasificación no ofrecen los resultados esperados, e incluso aun siendo suficientes, siempre cabe la posibilidad de introducir mejoras o modificaciones precisas según las necesidades del momento.

Sobre esta base de razonamiento, la clasificación de la cobertura vegetal se presenta claramente como una de las aplicaciones susceptibles de mejora, por lo cual surge la necesidad de investigar nuevas alternativas para el procesamiento de grandes cantidades de información en el ámbito del análisis de dicha cobertura mediante imágenes a color, procedentes tanto de sensores remotos, aerotransportados o convencionales en tierra.

En el presente artículo se presenta un modelo de clasificación no supervisado, basado en la búsqueda automática de umbrales mediante la combinación de dos modelos de umbralización. Existen diferentes planteamientos sobre los cuales se aplican técnicas de segmentación por umbralización, especialmente en aplicaciones que requieren procesar cantidades elevadas de datos, distinguiéndose entre umbralización global y local. La umbralización global es aquella en la cual se establece un único umbral para segmentar la imagen, útil cuando solamente existen dos regiones de píxeles. Una de las aplicaciones más comunes es extraer un objeto del fondo de una imagen.

La umbralización local o multiumbralización es la que se determinan varios umbrales, cada uno de los cuales separa las regiones que identifican los diferentes objetos. [1] Fueron pioneros en la utilización de métodos de umbralización local; dentro de la umbralización local difusa también se encuentran diversas investigaciones al respecto, entre ellas la de [2]. Una extensión del método de umbralización local es el de umbral dinámico, en el que se define para cada píxel una zona vecina N a la que se asigna un valor de umbral adecuado. Un ejemplo se puede encontrar en [3] aplicado a las señales de plasma; así como en [4] aplicado a clasificación de cobertura vegetal. En este caso es imprescindible disponer de un método para calcular el valor umbral adecuado de manera automática. Sobre este contexto se han desarrollado diversas investigaciones presentándose varias técnicas de segmentación que, por lo general, se diseñan para resolver un problema en particular. Así pues, determinar el umbral óptimo es una de las etapas más importantes en los procesos de segmentación, previo al proceso de clasificación.

En la actualidad existen diversos métodos de clasificación que se orientan hacia la identificación de texturas en imágenes agrícolas. La mayoría de ellos pueden ser agrupados de la siguiente manera.

- 1) Índices espectrales visibles para la identificación de las plantas verdes, incluidos los cultivos y las malezas, contra el suelo y otras estructuras, tales como piedras, escombros y elementos extraños presentes en el campo [5-8]. Estos métodos, algunos de ellos automático, se basan en identificación de verdes (plantas y hierbas) y rojizos (suelo).
- 2) Criterios específicos de histograma basados en umbrales, incluso umbralización dinámica. Por lo general, sólo se consideran dos clases (las plantas y el fondo). En [8] se aplica el método de Otsu para la binarización de la imagen en escala de gris una vez que el verdor se extrae, a continuación, se obtienen los índices de diferencias normalizadas (NDI). Después de diferentes experimentos, los autores concluyen que un umbral de cero es suficiente para la aplicación propuesta por lo tanto el método de Otsu finalmente no se aplica en ese trabajo. En [9] una función de decisión se estima bajo el supuesto de que las clases siguen la distribución de Gauss. El método de Otsu [10] se ha aplicado a las imágenes en escala de gris considerando un problema bi-clase [11,12]. En [13], se aplicó un enfoque de umbral, donde las imágenes son previamente transformadas de RGB a la intensidad de la escala de grises, para poder ser aplicado a una imagen en escala de gris. Este método fue mejorado más tarde con la homogeneidad local y las operaciones morfológicas en [14]. En [15], los autores aplican una combinación de verdes y de intensidad de las bandas espectrales rojo y verde, y calcular un umbral automático para un problema bi-clase asumiendo dos funciones gaussianas de densidad de probabilidad asociada al suelo y la vegetación, respectivamente.

3) Los métodos basados en aprendizaje. En [16], se utiliza el agrupamiento Fuzzy para segmentar regiones de interés basado en el verdor y el enrojecimiento de las imágenes. El algoritmo EASA por sus siglas en inglés (environmentally adaptive segmentation algorithm), propuesto en [17] se basa en su capacidad de adaptación para la detección de las plantas verdes a través de un proceso de aprendizaje supervisado. Este método fue probado en [18], bajo el espacio de color HSI por sus siglas en inglés (hue-saturation-intensity) para hacer frente a la variabilidad de la iluminación. En sensores remotos, los enfoques no supervisados se han diseñado para imágenes hiperespectrales [19, 20], donde cada pixel es un modelo de combinación lineal de las firmas espectrales pertenecientes al espacio hiper-espectral. En [21], se diseñó una estrategia automática para la clasificación de imágenes naturales provenientes de sensores remotos, basado en el método umbralización por histograma y en [22] se combinaron tres métodos de umbralización con excelentes resultados. Logrando la clasificación no supervisada aplicando el método de [23].

Con base en las consideraciones expuestas y con el fin de abordar el problema de clasificación de una manera eficiente:

- i. Es necesaria una estrategia de clasificación automática porque de esta manera se abaratan los costos de validación.
- ii. Los métodos basados en el cálculo de índices de vegetación, tales como algunos de los mencionados anteriormente necesitan tener un umbral para la segmentación final, en contraste con el procedimiento automático propuesto en este trabajo, donde los umbrales se encuentran automáticamente.
- iii. Enfoques basados en umbralización automática de histograma, aparecen como técnicas prometedoras en problemas de clasificación bi-clase. Su extensión para resolver tareas de multi-clasificación no supervisada con resultados aceptables, como en [21-24], nos anima a proponer la presente estrategia.
- iv. Las fotografías aéreas digitales se encuentran en diferente resolución espectral, por lo tanto el modelo debe ser capaz de ajustarlas al mismo modelo sin pérdida de información.

Los enfoques de umbralización por histograma han sido ampliamente estudiados en la literatura pero no hay un criterio común sobre cuál es mejor. El problema es que diferentes algoritmos suelen producir resultados diferentes, ya que hacen diferentes hipótesis sobre el contenido de la imagen. En [25], se ha realizado una evaluación de siete algoritmos de umbralización automática en imágenes con alta variabilidad de la textura. Los métodos son: 1) el algoritmo Isodata [26], 2) algoritmo de Otsu [10] 3) Umbral por mínimo error [27], 4) algoritmo K-means [28], 5) histograma por entropía [29]; 6) el método Moment preserving [30], 7) umbral Fuzzy [31].

De acuerdo con los resultados presentados en [25], los mejores resultados se obtienen de Isodata, Otsu, Fuzzy y el método Moment preserving; concluyendo que el método de Otsu es el que mejores resultados proporciona, con un alto grado de uniformidad y logrando además una correlación mejor que el k-means para los valores de umbral óptimo. En esta investigación se menciona que no existe un único método que pueda ser considerado bueno para todas las imágenes, por lo que de acuerdo a las necesidades de cada problema puede ser uno más apto que otro. En base a este estudio, hemos seleccionado los dos primeros candidatos a nuestro enfoque, que fueron convenientemente combinados para estimar la cobertura vegetal arbórea, arbustiva y herbácea de toda la zona de estudio.

Una vez obtenidos los resultados de la clasificación no supervisada, se desarrolló un muestreo estratificado aleatorio; durante el recorrido de campo nos permitió evaluar la clasificación y tomar datos del suelo y tipo de vegetación existente.

Por medio de la consulta del mapa edafológico publicado por la Secretaría de Programación y Presupuesto, de acuerdo con el Sistema FAO/UNESCO [32], se hizo el mapa de suelos y la descripción de las unidades de clasificación.

Los principales resultados obtenidos son la variación espacio-temporal de tres coberturas superficiales y su relación con los distintos tipos de suelo.

El resto del documento se organiza de la siguiente manera. En la sesión II se describen los materiales y métodos. En la sección III se presentan los resultados y discusiones. La sesión IV contiene las conclusiones y finaliza con la literatura citada.

Materiales y métodos

La cobertura vegetal se analizó por medio de fotografías aéreas rectificadas (ortofotos) de los años 1993, 1999 y 2007, proporcionadas por el INEGI, cuyas características se describen a continuación: la fotografía aérea digital de 1993 fue tomada en el mes de diciembre, y las de 1999 y 2007 en el mes de abril. De acuerdo con las características del sensor la fotografía aérea de 1993 cuenta con dimensiones de pixel de 2.0 metros, mientras que las de los años 1999 y 2007 son de 1.5 metros. La resolución espectral de 1993 y 1999 es de una banda y la del 2007 es de tres bandas visibles (Red, Green, Blue; o Rojo, Verde, Azul [RVA]), y resolución radiométrica de 0 a 255 niveles.

Para determinar los distintos tipos de suelo clasificados en la zona de estudio se utilizó el mapa edafológico desarrollado de acuerdo con el Sistema FAO/UNESCO y reportados en el mapa edafológico de la SPP [32].

2.1. Ubicación del área de estudio. El campo experimental Las Cruces se ubicó por medio de las coordenadas geográficas de cada punto de inflexión, mismas que fueron tomadas por medio de un GPS marca Garmin, con precisión de 4 m; se construyó el polígono que se observa en la Figura 1. El cual se ubica entre los paralelos 2150628.21 m y 2152331.72 m y entre los meridianos 517963.43 m y 520889.98 m ocupando una superficie total de 320.14 ha.

2.2. Modelo de clasificación.

Pre-procesamiento. Debido a que la resolución espectral de las fotografías aéreas no es la misma para los tres periodos de tiempo a evaluar, fue necesario unificarlos, bajo el criterio de aprovechar al máximo el material de trabajo para la evaluación de la vegetación actual, se decidió convertir las fotografías aéreas de 1993 y 1999, a una resolución espectral de tres bandas, con el objetivo de igualar la resolución espectral de los tres periodo de tiempo. De esta manera todas las imágenes fueron procesadas en modelo de color RVA.

Combinación de umbrales. Para cada componente, se calcula un umbral automáticamente basado en la combinación de los dos siguientes métodos de umbralización: Isodata y Otsu. A continuación se darán breves detalles sobre cada método y se describir la estrategia combinada.

a) Umbralización por Isodata

Isodata por sus siglas en inglés (Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique) es una técnica simple iterativa desarrollada por [26]. El objetivo del algoritmo Isodata es dividir las regiones no homogéneas en dos sub-regiones (objetos y fondo). En general, se asigna primero un valor arbitrario de un umbral. El segundo paso clasifica cada píxel más cercano a la clase. En el tercer paso, se estiman los valores medios de cada clase. El segundo y tercer paso se repite hasta que la “evolución” entre las iteraciones consecutivas es muy pequeña.

b) Método de Otsu

El método de Otsu es una de las técnicas más populares de umbralización óptima, basada en el análisis discriminante [10]. Este método maximiza la varianza entre las clases del histograma y obtiene la mejor separación de dos clases en una imagen.

c) Combinación de los umbrales

Para cada componente espectral en el espacio de color RVA, obtenemos dos diferentes umbrales, t_I y t_O , como resultado de la aplicación de los tres algoritmos de umbralización. El problema es encontrar una combinación de un valor de umbral único, que de los mejores resultados para la clasificación. De hecho, se pueden aplicar varias combinaciones derivadas de la teoría de clasificación [33, 22]. El más simple es la fusión de la media, denotada como t_M . Se ha comprobado que para clasificar la cobertura vegetal mediante el análisis de imágenes digitales, el promedio de los umbrales obtiene buenos resultados. Una de las ventajas de la media es que los valores máximo y mínimo del umbral se suavizan. El promedio de umbral combinado se obtiene para cada componente espectral RVA y se denota como t_R , t_V , y t_A , respectivamente. Por lo tanto, cada componente espectral se divide en dos regiones por su umbral correspondiente. Estrategia de clasificación no supervisada. La estrategia de clasificación propuesta aplicada se presenta a detalle en [23].

En primer lugar el proceso de asignación, que consiste en la asignación de una de las clases posibles de cada píxel. En segundo lugar la codificación de cada grupo, que se identifica por una etiqueta. Por último, un proceso de reagrupamiento para que las clases muy similares se fusionen en una sola.

Resultados

El Campo Forestal Experimental Las Cruces, tiene una superficie total estimada de 320.14 ha, con base a la cual se realiza el análisis de los resultados obtenidos en cuanto a las unidades de suelo y cobertura vegetal. Unidades de suelo: En la zona de estudio se localizan tres unidades de suelos de acuerdo con el Sistema de Clasificación FAO/UNESCO [34] las cuales se reportan como asociaciones, formando 5 unidades cartográficas, en las cuales las unidades principales de clasificación son: Feozem háplico, Cambisoles eútricos y Leptosoles dístricos.

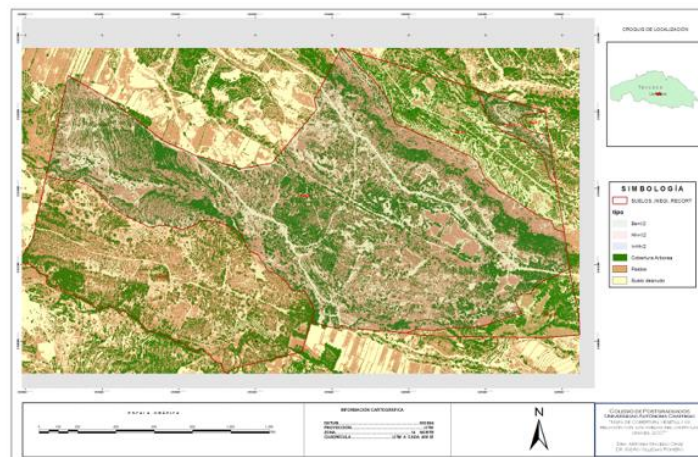
Análisis de la cobertura vegetal.

La cobertura vegetal del Campo Forestal Experimental Las Cruces se caracteriza por presentar dos estratos bien diferenciados: arbóreo y herbáceo, así como también áreas totalmente desprovistas de cualquier tipo de vegetación, las cuales representan zonas con erosión muy severa, donde prácticamente aflora la toba volcánica o tepetate (Figura 1).

Bajo la perspectiva de un análisis global de la zona de estudio, la cobertura vegetal total aumentó ligeramente durante el periodo de 1993 a 2007 (Figura 2), al pasar de 79.8 % en 1993 a 83.7 % en 2007, con un repunte importante en 1999. Por tipo de cobertura vegetal la superficie arbolada disminuye 3.5 % y la ganan los pastos al pasar de 39.4 a 46.8 % en 2007.

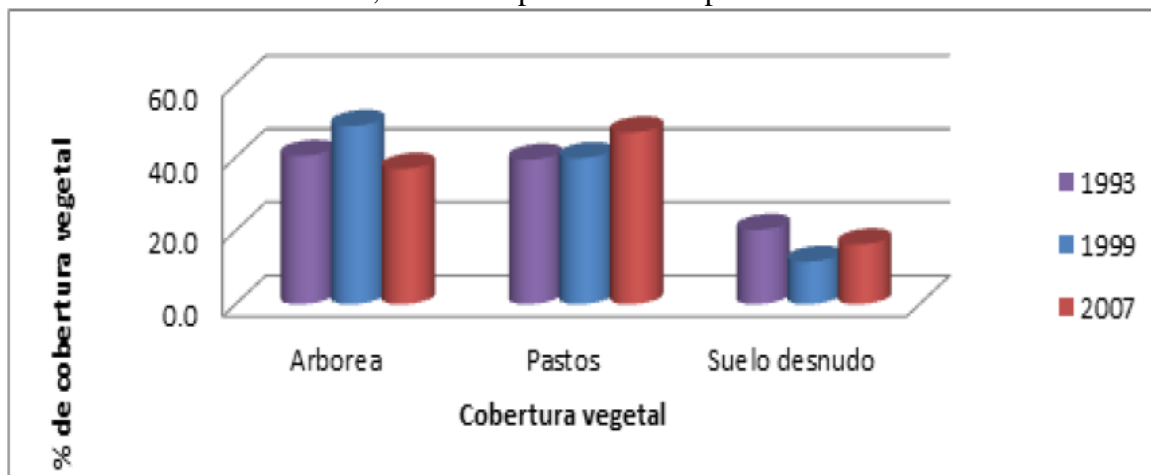
Es importante destacar que la cobertura arbórea se incrementa muy significativamente en 1999 pero retrocede a niveles históricos en 2007, lo que indica el registro de un alto impacto de la tala clandestina, pastoreo, incendios forestales y la falta de un plan de restauración hidrológico-forestal en toda el área de estudio.

Figura 1 Mapa de cobertura vegetal y su relación con los suelos forestales



El análisis histórico nos indica que en 1993 las obras de conservación de suelos y las reforestaciones realizadas en la década de los 70s y posteriores, mantenían en 20.2 % la superficie más erosionada llegando a disminuirla hasta 11.6 % en 1999, pero debido a la presión demográfica sobre el recurso suelo se incrementa significativamente en 2007, tendencia que debe ser objeto de análisis más detallado para revertirla.

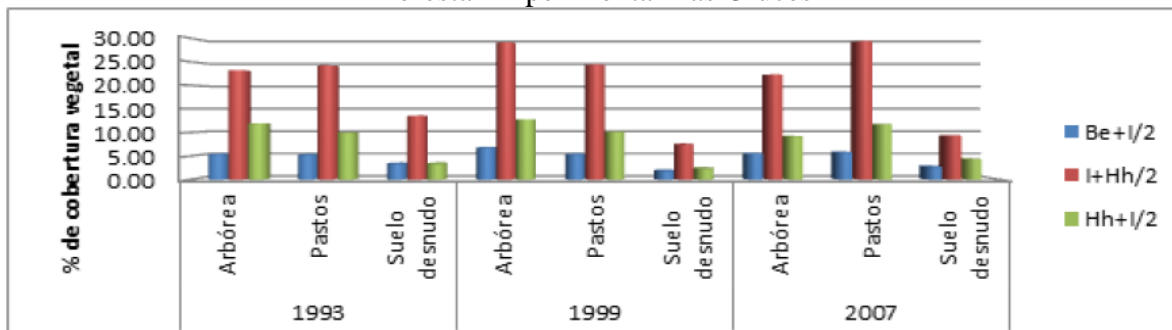
Figura 2 Valores puntuales de tres años de la cobertura vegetal y áreas desnudadas por erosión hídrica, en el Campo Forestal Experimental Las Cruces



Del análisis anterior se puede establecer que la superficie actual con erosión muy severa caracterizada por el afloramiento del tepetate, en el Campo Forestal Experimental Las Cruces es de 52.18 ha.

En cuanto a la relación del suelo con la cobertura vegetal, se observa una preferencia de la cobertura arbórea por la asociación de suelos Leptosoles con Feozems de textura media (I+Hh/2), los cuales mantienen en promedio 24.8 % de la cobertura arbórea en los tres años analizados y el 26 % de pastos, como se puede observar en la figura 3.

Figura 3 Cobertura vegetal, suelos desnudados y su relación con los suelos del Campo Forestal Experimental Las Cruces



Conclusiones

Para clasificar la cobertura vegetal en los tres periodos de tiempo, se ha desarrollado una estrategia de clasificación no supervisada. La estrategia de clasificación se basa en la fusión de dos técnicas de umbralización. Generando de manera automática tantas clases como sea necesario para la aplicación.

La cobertura vegetal arbórea tiende a disminuir con el tiempo y se convierte en zonas de pastizal o en sitios de suelo desprovistos de vegetación, con alta vulnerabilidad a la erosión hídrica.

La cobertura vegetal herbácea proporcionada por distintas especies de pastos tiende a aumentar al 2007, convirtiéndose en un ecosistema muy vulnerable ante los incendios forestales.

Actualmente existen 50 ha con erosión muy severa que reclaman atención para por medio de un programa de conservación de suelos.

Los suelos del área de estudio los integran tres asociaciones que se distribuyen en 6 unidades cartográficas.

Las unidades de suelo con las que se asocian los diferentes tipos de vegetación son Feozem, Cambisol y Leptosol. Los Leptosoles son los suelos con una mayor cobertura vegetal arbórea y herbácea.

Referencias

- [1] Kirby, R. L. and Rosenfeld, A. 1979. A note on the use of gray level, local average (gray level) space as an aid in threshold selection. *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.* SMC-9:860-864. pp.
- [2] Cheng, H. D. and Chen, Y. H. 1999. Fuzzy partition of two-dimensional histogram and its application to thresholding. *Pattern Recogn.* 32: 825-84..
- [3] Martin-H, J.A.; Santos, M.; Farias, G.; Duro, N.; Sánchez, J.; Dormido, R.; Dormido-Canto, S.; Vega, J.; Vargas, H. .2009. Dynamic clustering and modeling approaches for fusion plasma signals. *IEEE Trans. Instrum. Meas.* 58: 2969-2978.
- [4] Macedo, A.; Pajares, G.; Santos, M. 2010. Unsupervised classification with ground color cover images. *Agrociencia*, 44(6):711-722.
- [5] Guijarro, M.; Pajares, G.; Riomoros, I.; Herrera, P.J.; Burgos-Artizzu, X.; Ribeiro, A. 2011. Automatic segmentation of relevant textures in agricultural images. *Computers and Electronics in Agriculture*, 75(1), 75-83.

- [6] Tellaeché, A.; Burgos-Artizzu, X.P.; Pajares, G.; Ribeiro, A. 2008. A vision-based method for weeds identification through the Bayesian precision theory. *Pattern Recognition*, 41,521-530.
- [7] Woebbecke, D.M.; Meyer, G.E.; Bargaen, K. V.; Mortensen, D.A. 1995. Shape features for identifying young weeds using image analysis. *Transactions on American Society of Agricultural Engineering*, 38(1), 271-281.
- [8] Meyer, G.E.; Camargo-Neto, J. 2008. Verification of color vegetation indices for automated crop imaging applications. *Computers and Electronics in Agriculture*, 63, 282-293.
- [9] Reid, J.F.; Searcy, S.W. 1987. Vision-based guidance of an agricultural tractor. *IEEE Control Systems*, 7(12), 39-43.
- [10] Otsu, N. A. 1979. threshold selection method from gray level histogram. *IEEE Transactions on System Man and Cybernetics*, 9, 62–66.
- [11] Ling, P.P.; Ruzhitsky, V.N. 1996. Machine vision techniques for measuring the canopy of tomato seedling. *Journal Agricultural Engineering Research*, 65 (2), 85-95.
- [12] Shrestha, D.S.; Steward, B.L.; Birrell, S.J. 2004. Video processing for early stage maize plant detection. *Biosystems in Engineering*, 89 (2), 119-129.
- [13] Gebhardt, S.; Schellberg, J.; Lock, R.; Käuhbauch, W.A. 2006. Identification of broad-leaved dock (*Rumex obtusifolius* L.) on grass land by means of digital image processing. *Precision Agriculture*, 7(3), 165-178.
- [14] Gebhardt, S.; Käuhbauch, W.A. 2007. A new algorithm for automatic *Rumex obtusifolius* detection in digital image using colour and texture features and the influence of image resolution. *Precision Agriculture*, 8(1), 1-13.
- [15] Kirk, K.; Andersen, H.J.; Thomsen, A.G.; Jørgensen, J.R. 2009. Estimation of leaf area index in cereal crops using red–green images. *Biosystems Engineering*, 104, 308-317.
- [16] Meyer, G.E.; Camargo-Neto, J.; Jones, D.D.; Hindman, T.W. 2004. Intensified fuzzy clusters for classifying plant, soil, and residue regions of interest from color images. *Computers and Electronics in Agriculture*, 42,161-180.
- [17] Tian, S. 1998. Environmentally adaptive segmentation algorithm for out-door image segmentation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 21, 153-168.
- [18] Ruiz-Ruiz, G.; Gómez-Gil, J.; Navas-Gracia, L.M. 2009. Testing different color spaces based on hue for the environmentally adaptive segmentation algorithm (EASA). *Computers and Electronics in Agriculture*, 68, 88-96.

- [19] Du, Q. 2007. Unsupervised real-time constrained linear discriminant analysis to hyperspectral image classification. *Pattern Recognition*, 40(5):1510-1519.
- [20] Shah, C.A; Arora, M. K. and Varshney, P.K. 2004. Unsupervised classification of hyperspectral data: an ICA mixture model based approach. *Int. J. Remote Sensing*, 25:481-487.
- [21] Macedo, A.; Pajares, G.; Santos, M. 2010. Unsupervised classification with ground color cover images. *Agrociencia*, 44(6):711-722.
- [22] Macedo-Cruz, A.; Pajares, G.; Santos, M.; Villegas-Romero, I. 2011. Digital image sensor-based assessment of the status of Oat (*Avena sativa* L.) Crops after frost damage. *Sensors*, 11:6015-6036
- [23] Macedo Cruz, Antonia. 2012. *Técnicas de clasificación automática de uso de suelos agrícolas y forestales basadas en imágenes digitales*. Dirigido por Santos Peñas y Pajares Martinsanz. Tesis doctoral . Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Físicas. 229 p.
- [24] Burgos-Artizzu, X. P.; Ribeiro, A.; Tellaeché, A.; Pajares, G. and Fernández-Quintanilla, C. 2010. Analysis of natural images processing for the extraction of agricultural elements. *Image and Vision Computing*, 28, 138-149.
- [25] Gonzales-Barron, U.; Butler, F. 2006. A comparison of seven thresholding techniques with the k-means clustering algorithm for measurement of bread-crumbs features by digital image analysis. *Journal of Food Engineering*, 268-278.
- [26] Ridler, T. W.; Calvard, S. 1978. Picture thresholding using an iterative selection method. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 8(8), 630-632.
- [27] Kittler, J.; Illingworth, J. Minimum error thresholding. 1986. *Pattern Recognition*, 19(1), 41-47.
- [28] Hartigan, J. A. 1975. *Clustering algorithms*; Wiley: New York, NY, USA.
- [29] Pun, T. 1980. A new method for grey-level picture thresholding using the entropy of the histogram. *Signal Processing*, 2(3), 223-237.
- [30] Tsai, W. H. 1985. Moment-preserving thresholding: a new approach. *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, 29, 377-393.
- [31] Huang, L. K.; Wang, M. J. 1995. Image thresholding by minimising the measures of fuzziness. *Pattern Recognition*, 21(1), 41-51.
- [32] Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP). 1982. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación*. Escala 1:50000. México, D.F.

[33] Kuncheva, L.I. 2004. Combining Pattern Classifiers: Methods and Algorithms; Wiley. pp376.

[34] FAO; ISRIC; International Union Of Soil Scences. 2006. World Reference Base For Soil Resources 2006. World Soil Resources Reports 103. Rome, Italy.

Estimación de pérdida de suelo en microcuencas de la estación forestal experimental Zoquiapan

MARTÍNEZ-DAMIÁN, Miguel Ángel†, MORA-FLORES, José Saturnino y TÉLLEZ-DELGADO Ricardo

Resumen

Se realizó un análisis comparativo de pérdida de suelo por efecto de la erosión hídrica, en dos microcuencas con diferente uso, entre ellas la microcuenca correspondiente a la estación forestal Experimental Zoquiapan que se encuentra dentro del Área Natural Protegida Zoquiapan y Anexas; comparada con la microcuenca vecina Río Frio ubicada en el municipio de Ixtapaluca Estado de México; se aplicó la ecuación universal de pérdida de suelo comprobando que la microcuenca de la estación forestal no presenta tasas elevadas de pérdida de suelo en la mayor parte de su superficie, el 71% tiene una tasa de pérdida de suelo menor a 5 t/ha*año que corresponde a erosión hídrica nula, sin embargo aproximadamente 72.97 ha si presentan tasas de pérdida de suelo superior a 50 t/ha*año. En la microcuenca "Río Frio" el 12.13% de su área tiene una tasa de erosión hídrica que varía de alta a muy alta con una pérdida de suelo superior a 50 t/ha*año y el 51.69% tiene una tasa de pérdida de suelo menor a 5 t/ha*año.

Erosión USLE Estación Forestal Zoquiapan.

Abstract

a comparative analysis of soil loss by water erosion effect was performed in two watersheds with different uses, including the amount of the Experimental Forest Station Zoquiapan located within the Protected Area and Adjoining Zoquiapan watershed; compared with neighboring watershed Río Frio in the municipality of Ixtapaluca State of Mexico; the universal equation of soil loss was applied proving that the watershed forest station does not have high rates of soil loss in most of its surface, 71% have a loss rate of less ground to 5 t / ha * year corresponding to no water erosion, but about 72.97 if they have been soil loss rates higher than 50 t / ha * year. Cold River watershed in the 12.13% of the area has a water erosion rate ranging from high to very high with soil loss above 50 t / ha * year and has a 51.69% rate of soil loss less than 5 t / ha * year.

Erosion USLE Forest Station Zoquiapan.

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

La erosión hídrica de suelos es la cantidad de suelo removido por la acción dispersante y de transporte de las gotas de lluvia o del escurrimiento superficial (Gaspari *et al.* 2009); ocurre cuando la infiltración de la lluvia en el suelo, es de una magnitud tal que produce un flujo superficial del agua sobre el terreno, esta agua tiene una velocidad relativamente alta y puede acarrear materiales en función de la fuerza hidráulica de su flujo (Pizarro, 2009). La pérdida de suelo se representa en sedimentos desprendidos (Gaspari *et al.* 2009).

De acuerdo con Maya (2011) la erosión hídrica amenaza seriamente la calidad de los suelos, un componente clave de los ecosistemas terrestres, con fines de conservación la estimación de erosión hídrica es una herramienta de suma importancia para la planeación e implementación de estrategias para el manejo de recursos naturales, desde el punto de vista agrícola su uso en la planeación podría reducir las tasas de producción de sedimentos; mientras que en el aspecto ecológico ayudaría a mantener la funcionalidad y calidad de los suelos. Sin embargo de acuerdo con Castilla (2013) es un reto reducir la erosión considerando que una cuarta parte de las tierras del planeta están relacionadas con procesos erosivos, aunados al cambio de uso de suelo, cuya finalidad es incrementar la producción agrícola para satisfacer una creciente necesidad alimentaria, que en la siguiente década demandara 10 millones de tierras adicionales. En México un millón 76 mil 778 kilómetros cuadrados (el 55.39 % del territorio nacional) están erosionados y el 56.86% de dicha superficie tienen erosión hídrica (González, 2014)

La pérdida promedio de suelo por efecto de la erosión hídrica, se puede estimar a través de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE), esta ecuación se desarrolló en EEUU por el Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de EEUU, permite calcular las tasas de erosión de tierras con diferentes usos de suelo y manejos (Gaspari *et al.* 2009). Cabe mencionar que tomando en cuenta el análisis espacial de las múltiples variables, USLE es un modelo de parámetros distribuido y este tipo de modelos incrementan la precisión de la simulación, utilizando información de todos los procesos espacialmente variables, por lo tanto tienen la habilidad de simular las condiciones en todos los puntos del interior del área (Vega-Carreño y Febles-González, 2005). El objetivo de este trabajo es estimar la erosión hídrica de dos microcuencas aledañas a la Estación Forestal Experimental Zoquiapan de la Universidad Autónoma Chapingo aplicando la ecuación universal de pérdida de suelo.

Dicha estación se encuentra dentro de Parque Nacional Zoquiapan y Anexas, el cual fue decretado como ANP en el Diario Oficial de la Federación el 31 de marzo de 1837; se localiza al oriente de la Ciudad de México cuenta con una superficie de 19,400 ha; y forma parte de la Región Terrestre Prioritaria “Sierra Nevada” (Queijeiro-Bolaños, Cano-Santana y Castellanos-Vargas, 2011); que protege una porción del bosque templado, un ecosistema amenazado con remanentes que se distribuyen en el Eje Neo volcánico Transversal (Ugalde-Lezama et al., 2012). El parque Nacional Zoquiapan y Anexas tiene graves problemas de desequilibrio ecológico, degradación ambiental, así como una baja sustentabilidad del medio; de acuerdo con la Propuesta de ordenamiento ecológico territorial para el parque nacional Zoquiapan y anexas elaborada por Lomas-Barrié et al., 2005.

Materiales y métodos

Se aplicó la ecuación universal de pérdida de suelo considerando las notas de Estimación de la erosión del suelo contenidas en el Curso Taller de capacidades orientadas al aprovechamiento suelo, agua y vegetación (SAGARPA, 2005) el cual describe los factores de la USLE y su estimación. Para el caso del factor LS se retoma la "Metodología de cálculo del factor topográfico, LS, integrado en los modelos Rusle y Usped " dicha metodología se caracteriza por tener un proceso detallado en ArcGis (Giménez y García, 2008).

A continuación se presenta la Ecuación Universal de Perdida de Suelo, así como la descripción de sus factores de acuerdo con SAGARPA (2005):

$$E = R k L S C P \quad (1)$$

Dónde: E representa la pérdida de suelo por unidad de superficie, medida comúnmente en toneladas por hectárea por año.

R es el factor Erosividad de la lluvia. Sus unidades son (MJ/ha. Año) (mm/h)/10, pero suelen simplificarse a energía cinética por unidad de superficie (J/ha).

K es el factor erosionabilidad del suelo, es la cantidad promedio de suelo perdido por unidad de suelo (Mg/J).

LS es un factor adimensional relaciona que relaciona la longitud y el gradiente de pendiente con la pérdida de suelo

C es adimensional, un valor asignado al uso de suelo y cobertura vegetal.

P es el factor que asigna un valor a las practicas mecánicas de manejo de suelos que reducen la velocidad del escurrimiento y por lo tanto la erosión hídrica.

Los factores R k LS son considerados inmodificables debido a que dependen de la precipitación, el tipo de suelo y la pendiente, los factores C y P son de protección por lo que se pueden modificar incrementando la cubierta vegetal o implementando prácticas de conservación de suelos

Erosividad (R) según Figueroa *et al.* (1991): La forma más adecuada para expresar la Erosividad de la lluvia ha sido un índice basado en energía cinética, en este sentido la intensidad de la lluvia se encuentra en función de su intensidad, duración, masa y diámetro de las gotas de lluvia. La ecuación para obtener los valores de energía cinética de una lluvia es:

$$EC = 11.87 + 8.73 \log_{10} I \quad (2)$$

Dónde: I es la intensidad de la lluvia (mm h⁻¹) y EC es la energía cinética (J m²-1 mm⁻¹).

Este es un procedimiento complicado debido a que regularmente no se cuenta con datos de intensidad de la lluvia por lo que Figueroa *et al* (1991) correlacionaron los datos de precipitación anual con el valor de R, con este procedimiento se elaboraron modelos de regresión donde a partir la de precipitación anual (P) se puede estimar el valor de R para la Ecuación universal de pérdida de suelo.

Cuadro 1 Ecuaciones para estimar la Erosividad de la lluvia R en la República Mexicana

Región	Ecuación	R ²
I	$R = 1.2078P + 0.002276P^2$	0.92
II	$R = 3.4555P + 0.006470 P^2$	0.93
III	$R = 3.6752P - 0.001720 P^2$	0.94
IV	$R = 2.8559P + 0.002983 P^2$	0.92
V	$R = 3.4880P - 0.00088 P^2$	0.94
VI	$R = 6.6847P + 0.001680 P^2$	0.9
VII	$R = -0.0334P + 0.006661 P^2$	0.98
VIII	$R = 1.9967P + 0.003270 P^2$	0.98
IX	$R = 7.0458P - 0.002096 P^2$	0.97
X	$R = 6.8938P + 0.000442 P^2$	0.95
XI	$R = 3.7745P + 0.004540 P^2$	0.98
XII	$R = 2.4619P + 0.006067 P^2$	0.96
XIII	$R = 10.7427P - 0.00108 P^2$	0.97
XIV	$R = 1.5005P + 0.002640 P^2$	0.95

Fuente: Figueroa *et al* (1991)

Estas ecuaciones se utilizan de acuerdo a la ubicación del área de interés en el siguiente mapa

Figura 1 Mapa de regiones con igual Erosividad en la república Mexicana extraída de Figueroa *et al* (1991)



Erosionabilidad (K).- El termino erosionabilidad se usa para indicar la susceptibilidad del suelo de ser erosionado, esta característica del suelo depende del potencial relativo de dos fuerzas contrarias: agentes erosivos (lluvia, escorrentía que actúan en el suelo) y la habilidad del suelo a resistir dichos agentes, puede decirse que si se mantienen las fuerzas del agente erosivo constantes la cantidad del suelo erosionado varía dependiendo de las características del suelo y del manejo al que esté sometidas.

En general los Suelos de textura fina con alto contenido de arcilla tienen muy bajos valores de K siendo resistentes al desprendimiento. Suelos de textura gruesa tales como suelos arenosos, tiene valores bajos de K debido al bajo escurrimiento, aunque estos suelos son fácilmente desprendibles. Mientras que los suelos de textura mediana (franco limoso) tienen valores de K moderados, porque son moderadamente susceptibles al desprendimiento y producen moderados escurrimientos.

Se puede calcular el factor K mediante la metodología propuesta por FAO (1980). La FAO propone calcular el factor K a partir de la textura superficial (utilizando tres grupos texturales) y la unidad de suelo a que pertenece, según la clasificación de suelos de FAO/UNESCO.

Factor LS Longitud y gradiente de pendiente expresa la relación entre la pérdida de suelo en una ladera de pendiente y longitud dada, y la que se produce en condiciones tipo de 50 de pendiente y 22 m de longitud. El valor de este factor puede obtenerse de nomogramas (Wischmeier y Smith 1978) o aplicando la siguiente ecuación:

$$LS = \left(\frac{x}{22.13} \right)^n (0.065 + 0.045s + 0065 s^2) \quad (3)$$

Donde x es la longitud de la ladera, en m, y s es la pendiente (%). Y el valor de n varía con la pendiente.

La metodología de Giménez (2008) establece el desarrollo de la ecuación tres utilizando sistemas de información geográfica, partiendo de las curvas de nivel, interpola un modelo corregido hidrológicamente basado en el programa ANUDEM; posteriormente se genera archivos en formato Raster de inclinación de la pendiente por el método Algebraico de Zeberge y Thorne (1987) y el modelo raster de dirección del flujo que utiliza el algoritmo Dinf. de Tarboton (1997) ambos procesos en el software SEXTANTE debido a que este no tiene la limitación de estimar el flujo en una sola dirección; finalmente se calcula el área específica y el seno de la pendiente para estimar el factor LS con la ecuación:

$$Ls = (m + 1) * \left(\frac{Ae}{22.13} \right)^m \left(\frac{Sen}{0.0896} \right)^n \quad (4)$$

Donde

Ae: es el área específica de captación, es decir, el área de contribución aguas arriba por unidad de longitud de curva de nivel

θ : es la pendiente en grados.

m y n: Valores bajos de m y n deberían usarse para áreas donde prevalece flujo disperso, como aquellas cubiertas con vegetación, siendo lo habitual para esta situación m=0,4 y n=1. Los valores altos, en contrario, se utilizan sobre áreas con flujo más turbulento, generador de surcos y barrancos. Los valores recomendados serían m=0,6 y n=1,3. Donde no exista la posibilidad de corroboraciones en campo de los exponentes m y n, lo aconsejable es asignar valores intermedios de los mismos, es decir, m= 0,5 y n= 1,15. Factor C según Figueroa *et al.* 1991 puede variar desde 0.001 a 1.0 por tanto con una repercusión puede modificar el valor final de erosión en mil veces, es considerado un factor decisivo en el cálculo de erosión, considerando que los tipos de vegetación (arbórea, herbácea, o matorral) tienen un valor distinto de protección del suelo ante la erosión.

Cuadro 2 Valores de factor C cobertura vegetal propuestos por la FAO para diferentes estratos de tipos de vegetación

Cubierta vegetal		Vegetación en contacto con la superficie del suelo						
Tipo y altura	Porcentaje de recubrimiento de la parte que afecta	Porcentaje de la vegetación de tierra cubierta.						
		Tipo	0	20	40	60	80	95
Hierbas altas o matorral con una caída de gota de unos 45 cm.	25	G	0.36	0.17	0.09	0.038	0.013	0.003
		W	0.36	0.2	0.13	0.083	0.041	0.011
	50	G	0.26	0.13	0.07	0.035	0.012	0.003
		W	0.26	0.16	0.11	0.076	0.039	0.011
	75	G	0.17	0.1	0.06	0.032	0.011	0.003
		W	0.17	0.12	0.09	0.068	0.038	0.011
Matorral con una altura o caída de gota de unos 165 cm	25	G	0.4	0.18	0.09	0.04	0.013	0.003
		W	0.4	0.22	0.14	0.087	0.042	0.011
	50	G	0.34	0.16	0.08	0.038	0.012	0.003
		W	0.34	0.19	0.13	0.082	0.041	0.011
	75	G	0.28	0.14	0.08	0.036	0.012	0.003
		W	0.28	0.17	0.12	0.078	0.04	0.011
Arboles sin vegetación baja apreciable. Altura de caída 3.3 m	25	G	0.42	0.19	0.1	0.041	0.013	0.003
		W	0.42	0.23	0.14	0.089	0.042	0.011
	50	G	0.39	0.18	0.09	0.04	0.013	0.003
		W	0.39	0.21	0.14	0.087	0.042	0.011
	75	G	0.36	0.17	0.09	0.039	0.012	0.003
		W	0.36	0.2	0.13	0.084	0.041	0.011

G: es la cubierta superficial de gramíneas o plantas similares con residuos vegetales de al menos 5 cm de profundidad. W: Cubierta superficial principalmente formada por las plantas herbáceas de hoja ancha.

Fuente: Figueroa *et al.* 1991

Cuadro 3 Evaluación del factor C propuesto por la FAO para vegetaciones naturales (praderas, prados, pastizales y bosques y montes)

Tipo de vegetación	Porcentaje de descubrimiento del suelo					
	0-1	1-20	20-40	40-60	60-80	80-100
Praderas, prados y pastizales	0.45	0.32	0.20	0.06	0.06	0.010
Bosque sin sotobosque apreciable	0.45	0.32	0.20	0.07	0.07	0.020
bosque con sotobosque apreciable	0.45	0.32	0.16	0.01	0.01	0.006

Fuente: Figueroa *et al.* 1991

Factor (P) de prácticas mecánicas de acuerdo con SAGARPA 2005.- El factor P se estima comparando las pérdidas de suelo de un lote con prácticas de conservación y un lote desnudo y el valor que se obtiene varía de 0 a 1. Si el valor de P es cercano a 0, entonces hay una gran eficiencia en la obra o práctica seleccionada y si el valor es cercano a 1, entonces la eficiencia de la obra es muy baja para reducir la erosión, este factor también interpola en cuadros.

Una vez establecía la metodología, se procede a estimar los factores para el área de estudio, en este caso se definieron 2 microcuencas, una sobre la cual se encuentra la EFEZ, y la microcuenca al norte que sobrepone la localidad de Río Frio. El siguiente apartado muestra la estimación de los factores de la ecuación universal de pérdida de suelo para las microcuencas de interés:

Erosividad (R): Estimación del factor R, con información de precipitación anual de las estaciones cercanas al área de la base de datos ERIC II, se trazaron isoyetas; que fueron sustituidas en la ecuación correspondiente de acuerdo al "Mapa de regiones con igual Erosividad en la república Mexicana" (Figura 1), las microcuencas se situaron en la región VIII, por lo que se utilizó la ecuación $R = 1.9967P + 0.003270 P^2$. El siguiente cuadro presenta el listado de estaciones utilizadas.

Cuadro 4 Estaciones Meteorológicas cercanas a las Microcuencas EFEZ y Río Frío

Edo.	Clave	Nombre	Longitud	Latitud	Altitud
Mex	15082	Río Frio, Ixtapalucan	-98.667	19.35	3000
	15210	San Juan Totolapan,	-98.7	19.533	2882
Pue.	21096	Santa Rita Tlahuapan,Dge	-98.583	19.333	2740
	21213	San Martinito, Tlahuapan	-98.567	19.333	2490
Tlax.	29001	Achichapa, Calpulalpan	-98.65	19.55	2800
	29008	Estoyito, Calpulalpan	-98.633	19.567	2700
	29013	La Venta, Calpulalpan	-98.683	19.567	2790
	29014	Limites, Calpulalpan	-98.55	19.533	2680
	29015	Mazapa, Calpulalpan	-98.567	19.55	2714
	29017	Nanacamilpa (Smn)	-98.55	19.467	2734
	29028	Sombrerito, Calpulalpan	-98.650	19.533	2860

Fuente: ERIC II

El Factor K se obtuvo de acuerdo a las unidades de suelo de la clasificación de la FAO 1998.

El Factor LS: Se calculó con la metodología de Giménez (2008) a partir de las curvas de nivel en formato vectorial de las cartas Topográficas San Martín Texmelucan (E14A32) y Chalco (E14A31) escala 1:50000, se generó un modelo de elevación digital (MED) con la extensión topogrid de Arc Gis el cual fue corregido, eliminando depresiones en el programa sextante donde también se obtuvieron los modelos de pendiente y dirección del flujo. En Arc Gis con la extensión aspect de Arc Gis se generó el raster de dirección de la pendiente. Los archivos raster antes mencionados fueron sustituidos en las siguientes fórmulas dentro de la aplicación Raster calculator de Arc Gis

$$Ls=1.5*\text{pow}((\text{Área específica}/22.13),0.5)*\text{pow}(\text{seno de la pendiente}/0.0896),1.15) \quad (5)$$

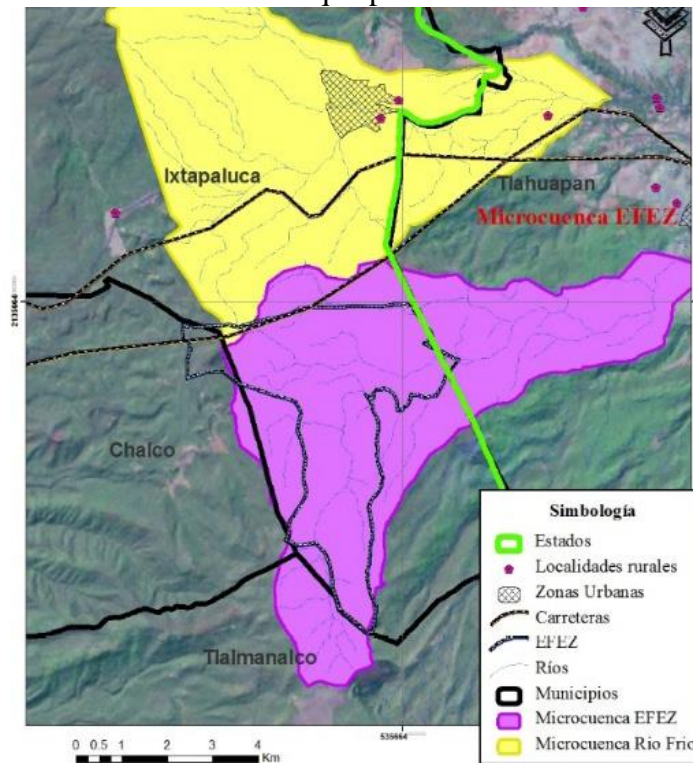
Área específica es producto de dividir el raster de flujo acumulado pre procesado en paralelo del software sextante entre la longitud efectiva entre curvas. Longitud efectiva entre curvas se obtiene multiplicando el tamaño de celda por la suma de ((sen (modelo aspect)>0) + ((cos(modelo Aspect)>0). Modelo aspect es el modelo de dirección de la pendiente calculado en arc gis. Finalmente Seno de la pendiente es el (sen (pendiente calculado en sextante/57.2957))

Factor C: Para analizar la cobertura vegetal se utilizó la imagen quick bird de google earth septiembre 2014, la cual fue georreferenciada y sometida a una clasificación no supervisada, considerando que esta imagen es de alta resolución y que el área de interés es pequeña, fue interpretada de acuerdo con la base de datos de la cobertura de uso de suelo y vegetación de INEGI, se asignó un valor de C del cuadro 2. El factor P se asignó el valor 1, debido a que no se cuentan con datos de campo.

Resultados

Las microcuencas se encuentran los límites estatales del estado de México y Puebla, La microcuenca Estación Forestal Experimental Zoquiapan (EFEZ) se ubica en los municipios de Ixtapaluca, Chalco y Tlalmanalco en el estado de México, y en el municipio de Tlahuapan en Puebla. La microcuenca Río Frio en Ixtapaluca y Tlahuapan. Su ubicación hidrográfica corresponde a la Región hidrográfica Balsas (Rh18), en la cuenca del Río Atoyac, en el afluente del Río Atoyac – San Martín Texmelucan, la figura 2 muestra la ubicación de las microcuencas a nivel municipal.

Figura 2 Localización de microcuencas aledañas a la Estación Forestal Experimental Zoquiapan



Los valores de Erosividad para las microcuencas fueron $R=4750$, $R= 5750$ y $R= 6750$ $Mj/ha \cdot a \cdot mm$ este último valor abarca más del 90% de cada microcuenca, como se puede apreciar en el mapa del factor R (Figura 3 (a) y cuadro 5).

Cuadro 5 Superficie de acuerdo al Factor R en las microcuencas Río Frío y Estación Forestal Experimental Zoquiapan

Factor R $Mj/ha \cdot a \cdot mm$	Precipitación Mm	Microcuenca EFEZ		Microcuenca Río Frío	
		Ha	%*	Ha	%*
4750	938	192.29	7.95	34.33	1.23
5750	1055	35.17	1.45	175.37	6.26
6750	1163	2191.80	90.60	2589.84	92.51
Total		2419.27	100.00	2799.54	100.00

%* Porcentaje de acuerdo a la superficie de la microcuenca

Fuente: Propia

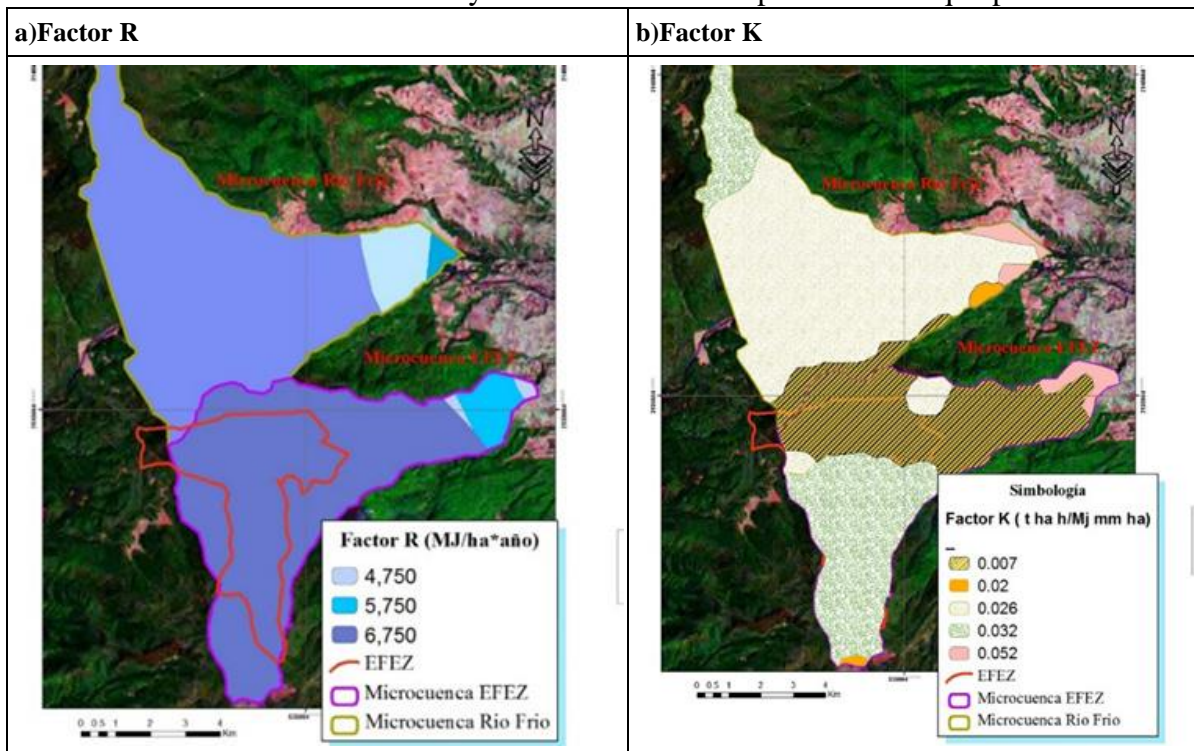
Los valores utilizados para el factor K erosionabilidad se encuentran entre 0.007 a 0.032 como se aprecia en el cuadro 6, figura 3 (b). Las unidades de suelo dominantes son Regosol dístico (Rd) y Andosol húmico (Th) en la microcuenca EFEZ, para la microcuenca Río Frío son los suelos del tipo Cambisol (B).

Cuadro 6 Superficie de acuerdo al Factor K en las microcuencas Rio Frio y Estación Forestal Experimental Zoquiapan

Factor K	Ha	Unidad de suelo clave	Microcuenca EFEZ		Microcuenca Rio Frio	
			%*	Ha	%*	Ha
0.032	Be+I+Bh/2/LP	Cambisol Eútrico + Litosol + Cambisol húmico con textura media y pedregosidad	0.00	0.00	293.55	0.00
0.052	Be+Vc/2	Cambisol Eútrico + Vertisol cálcico con textura media	87.80	3.63	78.24	2.79
0.026	Bh+Be/2	Cambisol húmico+ Cambisol Eútrico con textura media	114.16	4.72	2222.99	79.41
0.032	Rd+I+Th/2	Regosol más Litosol + Andosol humico con textura media	1025.61	42.39	0.00	0.00
0.020	Th/2	Andosol con textura media	12.07	0.50	0.00	0.00
0.020	Th+Bh+I/2	Andosol Cambisol húmico + Litosol con textura media	0.00	0.00	29.77	1.06
0.007	Th+I/2/P	Andosol + Litosol con textura media y pedregosidad	1179.63	48.76	174.99	6.25
Total			2419.27	100.00	2799.54	89.51

%* Porcentaje de acuerdo a la superficie de la microcuenca
Fuente: Propia

Figura 3 Mapas de los factores Erosividad R (a) y Factor Erosionabilidad K (b) en las microcuencas Rio Frio y Estación Forestal Experimental Zoquiapan



La descripción de las principales unidades de suelos en las microcuencas según la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (2007) se presentan a continuación:

Los suelos del tipo Andosol (T) incluyen los que se desarrollan en eyecciones o vidrios volcánicos bajo casi cualquier clima, también pueden desarrollarse en otros materiales ricos en silicatos bajo meteorización ácida en climas húmeda y perhúmedo. Son suelos negros de paisaje volcánico, son fáciles de cultivar y tienen buenas propiedades de enraizamiento y almacenamiento de agua. Con alta hidratación son difíciles de labrar, cuando se encuentran en pendientes pronunciadas se mantienen mejor bajo bosque.

Los Cambisoles (B) combinan suelos con por lo menos un principio de diferenciación de horizontes en el subsuelo evidentes por cambios en la estructura, color, contenido de arcilla o contenido de carbonato, se caracterizan por meteorización ligera a moderada del material parental y por ausencia de cantidades apreciables de arcilla iluvial, materia orgánica, compuestos de Al y/o Fe. Los Cambisoles en pendientes escarpadas es mejor conservarlos bajo bosque.

Los Regosoles (Rg) se encuentran sobre materiales originales sueltos o con roca dura a más de 25cm son suelos minerales muy débilmente desarrollados en materiales no consolidados que no tienen un horizonte mólico o úmbrico, no son muy someros ni muy ricos en gravas (Leptosoles), arenosos (Arenosoles) o con materiales flúvicos (Fluvisoles). Los Regosoles están extendidos en tierras erosionadas, particularmente en áreas áridas y semiáridas y en terrenos montañosos.

Los Feozem (T) son muy parecidos a Chernozems y Kastanozems pero están más intensamente lixiviados. Consecuentemente, tienen horizonte superficial oscuro, rico en humus, pueden o no tener carbonatos secundarios pero tienen alta saturación con bases en el metro superior del suelo. Son oscuros y ricos en materia orgánica

Los Vertisoles (V) son suelos muy arcillosos, que se mezclan, con alta proporción de arcillas expandibles. Estos suelos forman grietas anchas y profundas desde la superficie hacia abajo cuando se secan, son pesados, encuentran típicamente en bajas posiciones del paisaje tales como fondos de lagos secos, cuencas de ríos, terrazas inferiores de ríos y otras tierras bajas que periódicamente están mojadas en su estado natural.

Los valores asignados al factor C considerando la cobertura de la vegetación en las microcuencas, se encuentran en el cuadro 7. Se identificaron 5 tipos de vegetación Bosque de Coníferas templado subpolar, Bosque Mixto, Matorral templado subpolar, Matorral y agricultura y/o pastizal. La importancia de la cubierta vegetal radica en la protección al suelo contra la erosión, reduciendo el impacto de las gotas de lluvia, mientras que su sistema radicular incrementa la resistencia ante la remoción y transporte de partículas.

Cuadro 7 Superficie de acuerdo al Factor C en las microcuencas Rio Frio y Estación Forestal Experimental Zoquiapan

Factor C	Tipo de vegetación	Microcuenca EFEZ		Microcuenca Rio Frio	
		Ha	%*	Ha	%*
0.005	Bosque de coníferas templado subpolar	558.82	23.10	501.23	17.90
0.007	Bosque Mixto	841.39	34.78	897.97	32.08
0.009	Matorral templado subpolar	785.96	32.49	664.03	23.72
0.010	Matorral	167.93	6.94	335.99	12.00
0.065	Agrícola y/o pastizal	65.17	2.69	400.32	14.30
Total		2419.27	100.00	2799.54	100.00

%* Porcentaje con respecto a la microcuenca Fuente: Propia

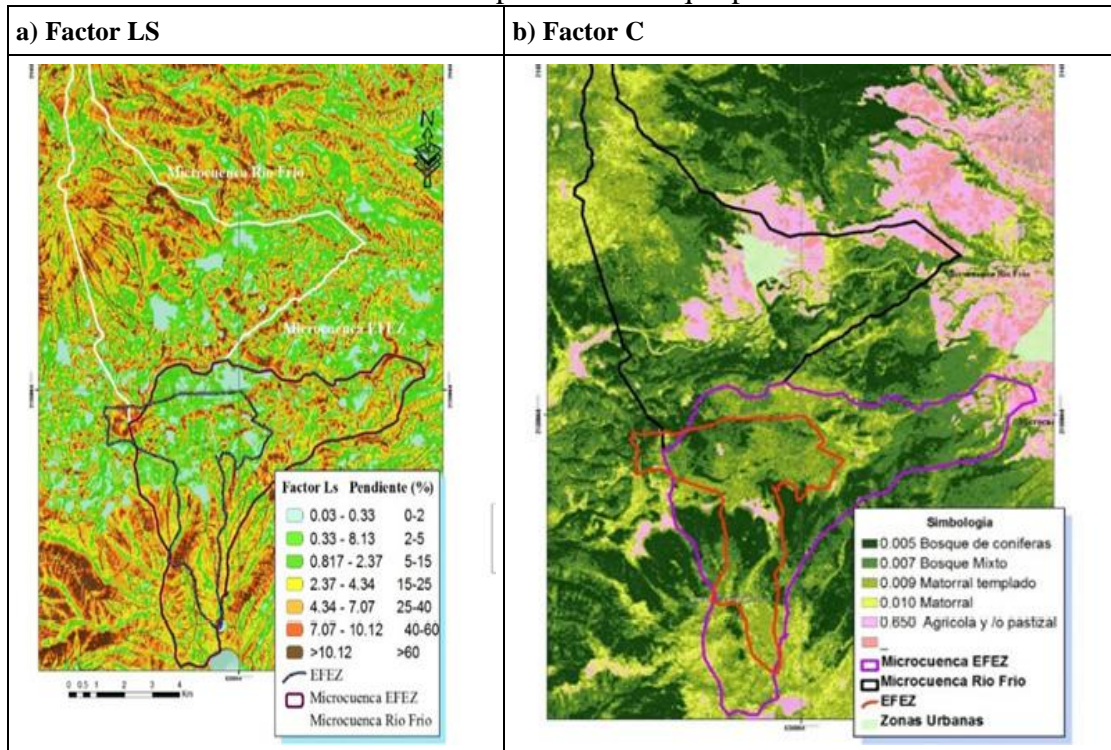
Para el factor de Longitud y gradiente de la pendiente (LS). Se obtuvo que las microcuencas EFEZ y Rio Frio tiene un comportamiento semejante en cuanto a la distribución del porcentaje de pendiente, ambas concentran el 47% de sus superficie en porcentajes que varían de 5 a 25; y el 26% del área de la microcuenca de la EFEZ tiene un porcentaje de pendiente que oscila entre 35 y 60, mientras que para la microcuenca Rio Frio este mismo rango de pendiente cubre el 28% de su superficie. Cuando el porcentaje de pendiente supera el 15% se tienen suelos altamente erosionables, en el caso de las microcuencas ambas concentran más del 50% de su superficie por encima de los 15% de pendiente como se aprecia en el cuadro 8 y en la figura 4 (a). Debido a que el factor LS es difícilmente modificable es de suma importancia mantener la cobertura vegetal para retener el suelo.

Cuadro 8 Superficies por Factor LS Longitud y grado de pendiente de las microcuencas Rio Frio y Estación Forestal Experimental Zoquiapan

LS	Pendiente (%)	Microcuenca EFEZ		Microcuenca Rio Frio	
		Ha	%*	Ha	%*
0.03-0.33	0-2	260.13	10.75	197.05	7.04
0.33-8.13	2-5	257.19	10.63	247.63	8.85
0.81-2.37	5-15	566.46	23.41	719.82	25.71
2.37-4.34	15-25	572.10	23.65	614.79	21.96
4.34-7.07	25-40	446.77	18.47	530.13	18.94
7.07-10.12	40-60	186.93	7.73	262.66	9.38
>10.12	>60	129.69	5.36	227.45	8.12
Total		2419.27	100	2799.54	100.00

%* Porcentaje de acuerdo a la superficie de la microcuenca. Fuente: Propia

Figura 4 Factores LS (a) y C (b) de la EUPS para las microcuencas Rio Frio y Estación Forestal Experimental Zoquiapan



Erosión hídrica

En la Microcuenca EFEZ el 71% de su superficie tiene una tasa de pérdida de suelo por erosión hídrica nula menor a 5 t/ha*año, esta misma tasa en la microcuenca de Rio Frio solo cubre el 51.69% de su superficie. Cabe resaltar que los rangos de erosión hídrica alta y muy alta para la microcuenca Rio Frio superan el 12.13% de su área, mientras que en la microcuenca EFEZ abarcan el 3% como se aprecia en el cuadro 9. La microcuenca Rio Frio es afectada por carecer de cobertura vegetal en áreas agrícolas y de pastizales por lo que las acciones en esta microcuenca serían direccionadas hacia el manejo de cultivos y pastizales, considerando que de acuerdo a Huerta Olague, (2012) la pérdida de suelo en zonas agrícolas se reduce por el efecto combinado del sistema raíces-cobertura vegetal.

Cuadro 9 Superficie de suelo por rango de pérdida de suelo por efecto de la erosión hídrica en las microcuencas Río Frio y Estación Forestal Experimental Zoquiapan

Pérdida de suelo (t/ha* año) Ha		Microcuenca EFEZ		Microcuenca Río Frio	
		%*	Ha	%*	Ha
0-5	Nula	1,718.08	71.02	1,446.97	51.69
5-10	Ligera	393.97	16.28	603.71	21.56
10-50	Moderada	234.25	9.68	404.19	14.44
50-200	Alta	26.38	1.09	147.54	5.27
>200	Muy alta	46.59	1.93	197.13	7.04
Total		2,41.932	100.00	2,799.54	100.00

*porcentaje con respecto a la superficie de la microcuenca

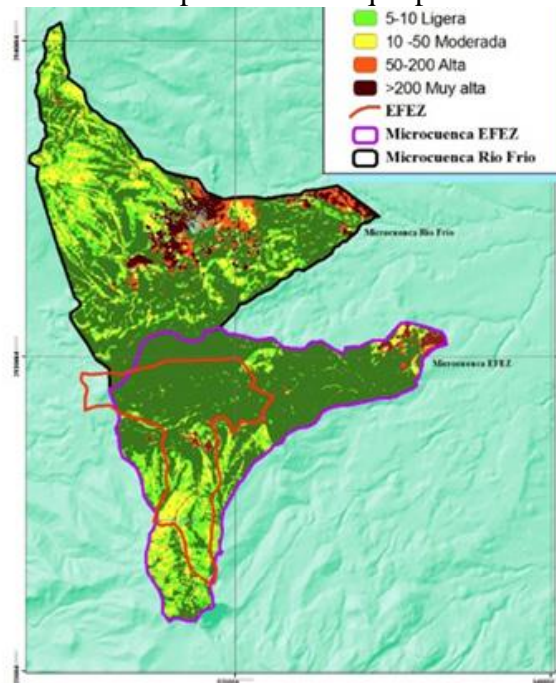
Fuente: propia

La presencia de erosión hídrica en la microcuenca EFEZ contrasta con su categoría de uso al ser un área natural protegida y además pertenecer a la Universidad Autónoma Chapingo. Se estima que aproximadamente 72.97 ha tienen una tasa de pérdida de suelo superior a las 50 t/ha*año, y 24.67 ha tiene una tasa de pérdida de suelo que oscila entre 10 y 50 t/ha/año.

De acuerdo con Figueroa et al. (1991) es normal establecer medidas de conservación para limitar la tasa de erosión a valores < 45.5 ton/ha/año, debido a que esta tasa equivale a una pérdida de suelo que oscila de 0.2 y 1.0 mm/año, estas tasas de erosión son iguales a la tasa de formación química del suelo. Además el aumento la erosión se asocia a un incremento del escurrimiento superficial, como consecuencia la infiltración se ve disminuida ligeramente al igual que la cantidad de materiales químicos removidos en solución, por lo tanto se reduce la tasa de mineralización de la roca madre.

De acuerdo a lo anterior las tasas de pérdida de suelo, superan la tasa de formación de suelo en 72.97ha (3.01%) de la microcuenca EFEZ estas tasas de pérdida de suelo corresponden a erosión alta y muy alta que se localiza en el límite Este (áreas agrícolas) y en el centro de la microcuenca por tener una muy baja cobertura vegetal. Como se aprecia en el siguiente mapa (Figura 5). La microcuenca Río Frio donde el 14.29% de su área es de uso agrícola y/o pastizal la tasa de formación de suelo se supera en 344.67 ha aproximadamente, áreas que se distribuyen en la región centro norte de la microcuenca; como se observa en la Figura 5.

Figura 5 Distribución de erosión hídrica en las microcuencas Río Frio y Estación Forestal Experimental Zoquiapan



Del cuadro anterior al obtener un promedio de pérdida de suelo por erosión hídrica y multiplicarlo por la superficie se obtuvo un estimado de pérdida de suelo en toneladas por año por microcuenca, donde se puede observar que la microcuenca Río Frio pierde 5,105 t/año de suelo y la microcuenca EFEZ 2,091 t/año como se aprecia en cuadro 11.

Cuadro 10 Superficie de suelo por rango de pérdida de suelo por efecto de la erosión hídrica en las microcuencas Río Frío y Estación Forestal Experimental Zoquiapan

Promedio de Pérdida de suelo (t/ha* año)		Microcuenca EFEZ		Microcuenca Río Frio	
		Ha	T/año	Ha	T/año
2.5	Nula	171.809	429.522	144.698	361.745
7.50	Ligera	39.398	295.485	60.372	452.790
30.00	Moderada	23.426	702.780	40.420	1,212.600
75.00	Severa	2.639	197.925	14.755	1,106.625
100.00	Alta	4.660	466.000	19.714	1,971.400
Total		241.932	2,091.7125	279.959	5,105.160

Fuente: Propia

Conclusiones

Considerando que la pendiente es un factor determinante que acelera el proceso erosivo en cuanto se reduce la cobertura vegetal y de acuerdo con la Propuesta de ordenamiento ecológico territorial para el parque nacional Zoquiapan y anexas (Lomas-Barrié *et al.* 2005), es crucial establecer acciones que incentiven la conservación de los recursos naturales de la estación forestal experimental Zoquiapan y el área natural protegida.

Se propone hacer un estudio detallado de los sitios óptimos para implementar obras de conservación como barreras vivas, terrazas de muro vivo en contorno y labranza de conservación con la finalidad de reducir las tasas de erosión y el escurrimiento superficial.

Según Hernández-García y Granados-Sánchez (2006) el cambio de uso de suelo es una problemática visible en el área metropolitana de la ciudad de México, aunado a la degradación ambiental, la cual constituye un reflejo de la crisis que involucra múltiples factores como el deterioro creciente de las relaciones económicas, políticas, culturales; y la adopción de mecanismos de apropiación de los recursos naturales, y “defensa” del patrimonio de la nación; basados en la disociación, al igual que en la explotación del hombre y su entorno. Por lo que se propone estudiar el cambio de uso de suelo y su interacción social en el área natural protegida.

Referencias

Camas Gómez, Robertony; Turrent Fernández, Antonio; Cortes Flores, José Isabel; Livera Muñoz, Manuel; González Estrada, Adrián; Villar Sánchez, Bernardo; López Martínez, Jaime; Espinoza Paz, Néstor; Cadena Iñiguez, Pedro. (2012). Erosión del suelo, escurrimiento y pérdida de nitrógeno y fósforo en laderas bajo diferentes sistemas de manejo en Chiapas, México. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, Sin mes, 231-243.

Castilla, Florencia. (2013). La elegida para conservar el suelo. Una decisión agronómica que combina rotación de cultivos, fertilizantes y agricultura de precisión para aumentar la producción y preservar los recursos naturales. Adoptada en forma masiva en la Argentina, es una de las claves para evitar pérdidas del suelo por erosión.. **RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias**, Agosto-Sin mes, 118-123

FAO. 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Roma, Italia.

Figueroa B., Amante, A., Cortés, H.G., Pimentel, J., Osuna, E.S., Rodríguez, J.M., Morales, F.J. 1991. *Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión*. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México. 150 pp.

Figueroa S. B., Amante O. A., Cortes T. H. G., Pimentel L. J., Osuna C. E. S. , Rodriguez O. J.M. 1991. Manual de predicción de pérdida de suelo por erosión. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Subsecretaria de Agricultura, Dirección general de política Agrícola. Colegio de Postgraduados centro regional de zonas áridas y semiáridas. pp162.

García-Consuegra Bleda, J., (1997), Problemática en la clasificación de imágenes de satélite Landsat. Ensayos revista de la escuela universitaria del ministerio de Albacete. No12. pp. 319-330 [disponible en línea] <http://www.uclm.es/ab/educacion/ensayos/revista12.asp> (consultado 26-marzo - 2012)

Gaspari, F. J.; Delgado, M. I.; Denegri, G. A.. (2009). Estimación espacial, temporal y económica de la pérdida de suelo por erosión hídrica superficial. **Terra Latinoamericana**, Enero-Marzo, 43-51

Giménez S. M. C., García R. J. L. 2008 Metodología de cálculo del factor topográfico, LS, integrado en los modelos Rusle y Usped. Aplicación al arroyo del lugar, Guadalajara (España). Tesis de doctorado de la Universidad E.T.S.I. Montes (UPM) Departamento de Proyectos y Planificación Rural.

Gonzalez G., S.. (2014). Casi 40% de la superficie territorial de México está erosionada: Inegi. La Jornada, 31

Hernández-García, M. A.; Granados-Sánchez, D.. (2006). El Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl-Zoquiapan y El Impacto Ecológico-Social De Su Deterioro. **Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente**, julio-diciembre, 101-109.

Huerta Olague, José de Jesús; Ríos Berber, José Donald; Oropeza Mota, José Luís; Martínez Menes, Mario Roberto; Guevara Gutiérrez, Rubén Darío; Ramírez Ayala, Carlos; Velázquez Mendoza, Juan. (2012). Efecto del sistema radical de cuatro cultivos en la erosión del suelo. **Terra Latinoamericana**, Sin mes, 271-278

Lomas-Barrié, C. T.; Terrazas-Domínguez, S.; Tchikoué Maga, H.. (2005). Propuesta de ordenamiento ecológico territorial para el parque nacional Zoquiapan y anexas. **Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente**,. 57-71.

Maya, Yolanda. (2011). Diagnóstico ambiental de suelos erosionados. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**,. 169-179.

Pérez Suárez, Marlín; Cetina Alcalá, Víctor M.; Aldrete, Arnulfo; Fenn, Mark E.; Landois Palencia, Luis L.. (2006). Química de la precipitación pluvial en dos bosques de la cuenca de la Ciudad de México. **Agrociencia**, marzo-abril, 239-248.

Pérez-Nieto, S.; Arellano-Monterrosas, J. L.; Ibáñez-Castillo, L. A.; Hernández-Saucedo, F. R.. (2012). Estimación de la erosión hídrica provocada por el huracán Stan en las cuencas costeras de Chiapas, México. **Terra Latinoamericana**, Abril-Junio, 103-110.

Pizarro R, Morales C., Vega L., Olivares C., Valdés R., Balocchi F., 2009. Propuesta de un modelo de estimación de erosión hídrica para la región de Coquimbo, Chile. Organización de las Naciones Unidas para la Educación la ciencia y la cultura, Programa Hidrológico Internacional para América Latina y el Caribe (PHI-LAC), Facultad de ciencias forestales de la Universidad de Talca. pp94.

Queijeiro-Bolaños, Mónica E.; Cano-Santana, Zenón; Castellanos-Vargas, Iván. (2011). Distribución diferencial de dos especies de muérdago enano sobre *Pinus hartwegii* en el área natural protegida “Zoquiapan y Anexas”, Estado de México. **Acta Botánica Mexicana**, Sin mes, 49-57.

SAGARPA. (2005). Curso Taller de capacidades orientadas al aprovechamiento suelo, agua y vegetación. (08-09-2014), de Estimación de la erosión del suelo Sitio web: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Publicaciones/Paginas/CursoTallerDesarrolloCapacidadesSueloAguaVegetacion.asp>

Ugalde-Lezama, Saúl; Alcántara-Carbajal, José Luis; Tarango-Arámbula, Luis Antonio; Ramírez-Valverde, Gustavo; Mendoza-Martínez, Germán David. (2012). Fisonomía vegetal y abundancia de aves en un bosque templado con dos niveles de perturbación en el Eje Neovolcánico Transversal. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Sin mes, 133-143.

Vega-Carreño, Marina Beatriz; Febles-González, José Manuel. (2005). La investigación de suelos erosionados: métodos e índices de diagnóstico. **Minería y Geología**, Abril-Junio, 1-18

Wischmeier, W. H. and D. D. Smith. 1978. *Predicting rainfall erosion losses, a guide to conservation planning. Agriculture Handbook 537*. United States Department of Agriculture. Science, and Education Administration. Washington, DC, USA.

IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma.

Análisis de crecimiento y rendimiento de maíces criollos en temporada de secano

ROJAS-VICTORIA, Néstor Jorge*†, ESCALANTE-ESTRADA, José Alberto Salvador y RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, María Teresa

Programa de Botánica, Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Km 36.5 Carretera México-Texcoco, 56230. Teléfono 01(595) 952 02 00 ext. 1330. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

Resumen

El conocimiento de la dinámica y tasa de acumulación de materia seca durante la fenología del agrosistema de cultivares de maíz, estos pueden ser una herramienta útil para conocer el comportamiento del cultivo en diferentes condiciones de desarrollo. El objetivo del estudio fue evaluar la Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC) y Tasa de Asimilación neta (TAN) de los maíces criollos. El estudio se realizó en el Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México, bajo condiciones de lluvia estacional con tres cultivares de maíz criollo raza chalqueño de color azul, amarillo y negro y un Híbrido (HS-2). La densidad fue 5 plantas m⁻², la fecha de siembra fue el 23 de mayo y la cosecha el 26 de noviembre de 2013. Se evaluó durante el ciclo del cultivo la biomasa (MS total; gm⁻², BT), rendimiento de grano (RG, 10% de humedad, g m⁻²); tasa de crecimiento del cultivo (TCC, gm²día⁻¹), tasa de asimilación neta (TAN, gm²día⁻¹), a los datos de las variables se les realizó un análisis de variancia. La precipitación estacional fue de 512 mm, se observa que el híbrido HS-2 presentó mayor BT (2564 gm²), en el RG (681 gm²) con respecto a los maíces criollos; el mayor IC lo registró el maíz azul (49 %); por otro lado, los datos con más altos de al TAN fueron del híbrido (254.10 g dm²día⁻¹). La TCC más alta a los 140 dds la registró el maíz híbrido (6.531 gm⁻² día⁻¹) seguido por el cultivo y Maíz Azul (3.518 gm⁻² día⁻¹). Dichos resultados en la TAN, TCC y BT se atribuye a la producción y acumulación de materia seca producto de la radiación interceptada por el tamaño del dosel vegetal que está relacionado con el área foliar del mismo.

Zea mays L., Biomasa, Materia seca.

Abstract

Knowledge of the dynamics and rate of dry matter accumulation during agrosistema phenology of maize cultivars, they can be a useful tool for understanding the behavior of the crop in different conditions of development tool. The aim of the study was to evaluate the crop growth rate (TCC) and net assimilation rate (NAR) of landraces. The study was conducted at the Graduate College, Montecillo, Edo. of Mexico, under conditions of seasonal rainfall with three cultivars of native maize Chalqueño race blue black, yellow and and a hybrid (HS-2). The density was 5 floors m⁻², the planting date was May 23 and the harvest on 26 November 2013 was evaluated during the crop cycle biomass (total MS; gm⁻², BT), performance grain (GR, 10% moisture, g m⁻²); crop growth rate (TCC, gm²día⁻¹), net assimilation rate (TAN, gm²día⁻¹), the data of the variables was performed an analysis of variance. The seasonal rainfall was 512 mm, it is observed that the hybrid HS-2 showed higher BT (2564 gm²) in the RG (681 gm²) regarding landraces; the largest IC recording what blue corn (49%); on the other hand, the data with the highest TAN were the hybrid (254.10 g dm²día⁻¹). The highest TCC to the registered dds 140 hybrid maize (6.531 gm⁻² day⁻¹) followed by cultivation and Blue Corn (3.518 gm⁻² day⁻¹). These results in the TAN, CBT and BT is attributed to the production and accumulation of dry matter product radiation intercepted by the size of the plant canopy is related to the leaf area thereof.

Zea mays L., biomass, dry matter

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: nerovic@colpos.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

El maíz representan parte de la dieta básica de la población rural en México, con una amplia gama de cultivares criollos se logra diversidad de producción y una mayor eficiencia en el uso de los insumos, dichos cultivos coexisten principalmente bajo éste agroistema e asociación aunque en menor escala y principalmente por agricultores que tienen extensiones menor a las dos hectáreas (Barrales, 1997).

Dichos agrosistemas se ven influidos por las restricciones que impone el ambiente ya que afectan el crecimiento, el desarrollo y el rendimiento de las plantas (Azcón *et al.* 2004). Buenas condiciones climáticas y edáficas, tanto estructurales como nutricionales, aseguran un buen crecimiento foliar, permiten al cultivo alcanzar y mantener una buena captación de radiación solar y una alta eficiencia de conversión de la radiación interceptada en biomasa. Estas condiciones posibilitan lograr un óptimo estado fisiológico de los cultivos durante el período crítico de determinación de los rendimientos (Luna *et al.*, 2001, Vargas, 2004). Si no se cumple esta condición óptima durante este período, se reduce el número de granos fijados por el cultivo, y por ende el rendimiento (Espinoza *et al.* 2004).

Los estudios detallados del crecimiento de las plantas permiten cuantificar diferentes aspectos del mismo, la duración del ciclo, definición de etapas de desarrollo y distribución de fotoasimilados por órgano. (Montemayor *et al.* 2004) señalan que dentro de las bases fotosintéticas para incrementar el rendimiento a la cosecha, se debe contemplar una mayor distribución de materia seca hacia la estructura del rendimiento agronómico (semilla).

El análisis de crecimiento es básico para comprender mejor los procesos fisiológicos que determinan la producción vegetal (Escalante-Estrada 1995). El peso de la materia seca es el criterio más apropiado para medir el crecimiento y magnitud del sistema de absorción de la planta, referido frecuentemente al área foliar total (Vargas 2004). El área foliar es la medida usual del tejido fotosintético de un cultivo. El tamaño y la duración del aparato fotosintético está relacionado con el rendimiento (Escalante-Estrada, 1995). Asimismo, el mayor crecimiento del dosel vegetal proporciona una mayor intercepción de luz, lo cual incrementa la fotosíntesis y producción de biomasa. La acumulación de materia seca por planta depende del índice de área foliar (IAF), duración del área foliar (DAF) y tasa de asimilación neta (TAN) (Escalante-Estrada, 1995, Vargas 2004).

Así mismo, la cantidad de agua en la planta es importante para los procesos fisiológicos que controlan la producción de los cultivos, estos procesos son función del estado de agua de la planta y se ven afectados por el agua en el suelo y la demanda atmosférica (Luna *et al.* 2001). La eficiencia del uso del agua (EUA) es el rendimiento por unidad de superficie en relación con la cantidad de agua utilizada para producir dicho rendimiento. La eficiencia en el uso del agua (EUA) o de la radiación (EUR) se puede representar por la cantidad de materia seca por unidad del recurso captado. La mayor productividad de un cultivo puede lograrse por aumento en la captura de recursos, y/o en la eficiencia de su uso (Escalante-Estrada, 1995). El objetivo del presente estudio fue determinar la producción de biomasa y rendimiento en maíces criollos en condiciones de temporal.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México (19° 28' 4" N, 98° 53' 42" O, a 2250 m de altitud), bajo condiciones de lluvia estacional durante el año de 2013.

El clima de la región, es el menos seco de los climas áridos con lluvias de junio a septiembre, temperatura media anual mayor a los 18°C y menor 27°C, periodo libre de heladas promedio de 170 días (con clima BS1, García, 2005), con periodo libre de heladas de 170 días, el suelo es de textura arcillo-limosa, con pH de 7.8, conductividad eléctrica de 1.7 dSm-1, contenido de materia orgánica es de 3.4% y N total de 4 %.

La siembra se realizó el 24 de mayo de 2013, con tres cultivares de maíz criollo raza chalqueño (de color azul (MAZ), amarillo (MA) y negro (MN)) y maíz Híbrido HS-2; se realizaron dos tipos de siembra con densidad de 5 plantas m⁻² plantas, con un arreglo topológico (0.25 x 0.25 x 0.80 m) dando como resultado una densidad de población de 5 plantas por m⁻². La unidad experimental consistió de tres surcos de 5 m de longitud con orientación este a oeste, los dos surcos centrales se utilizaron como parcela útil. El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones; durante el desarrollo del cultivo se registró la temperatura (°C) máxima (T_{máx}) y mínima (T_{mín}), promedio decenal, la suma de la precipitación (PP); además los días a ocurrencia de las fases fenológicas como: emergencia (E), floración (R1) y madurez fisiológica (R6) según en Hanway (1963). A la cosecha de maíz se evaluó el rendimiento de grano (RG, 10% de humedad, g m⁻²); número de hileras (NH); número de granos por hilera (NGH); longitud de mazorca (LM); diámetro de mazorca (DM), peso de 100 granos (PCG), número de granos m⁻² (NG); biomasa (MS total; g m⁻², BT), índice de cosecha (IC) con la relación IC=RG/BT.

El diseño experimental fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones, con arreglo factorial. A lo datos de las variables en estudio se les aplico un análisis de variancia y la prueba de comparación de medias de tratamientos Tukey $\alpha=0.05$.

Resultados

Fenología y elementos del clima

Los días de la ocurrencia de las fases fenológicas fue similar entre los cultivares, la emergencia (E) fue a los 10 dds, R1 a los 69 dds y la R6 a los 148 dds; durante la etapa vegetativa (EVG) y reproductiva (ER) del cultivo. La precipitación (PP) estacional fue de 512 mm, de la cual el 41% ocurrió en la EVG y el 59 % de la ER (Figura 1).

Los resultados obtenidos son similares a los reportados por Vargas (2004) quien trabajo en análisis de crecimiento y rendimiento de 8 distintos cultivares de maíz para la región de Texcoco, México. Por otro lado, se observó que la durante las etapas vegetativa y reproductiva para los cultivares la temperatura máxima y mínima promedio fue de 35°C y 5°C y 25°C y 7°C respectivamente.

Por lo anterior se puede señalar que la temperatura más alta en promedio fue de 36 °C la cual se registró durante las etapas de crecimiento de los cultivos, Quiroz y Douglas (2003) mencionan que las temperaturas altas favorece un mayor tamaño del dosel vegetal, asimismo, la precipitación, el porcentaje de humedad residual influyen en las etapas de crecimiento de los cultivos específicamente en las primeras etapas de crecimiento.

Biomasa y Rendimiento de Grano

Con respecto a los componentes de rendimiento el Híbrido HS-2 registro la mayor BT (2564 gm²) y RG (681 gm²) con respecto al maíz Azul que fue de BT (2321 gm²) y RG (674 gm²); el mayor IC lo registro el maíz azul (49 %) en comparación a los demás cultivares (Cuadro 1).

Cuadro 1 Biomasa total, índice de cosecha, componentes del rendimiento y rendimiento en maíz

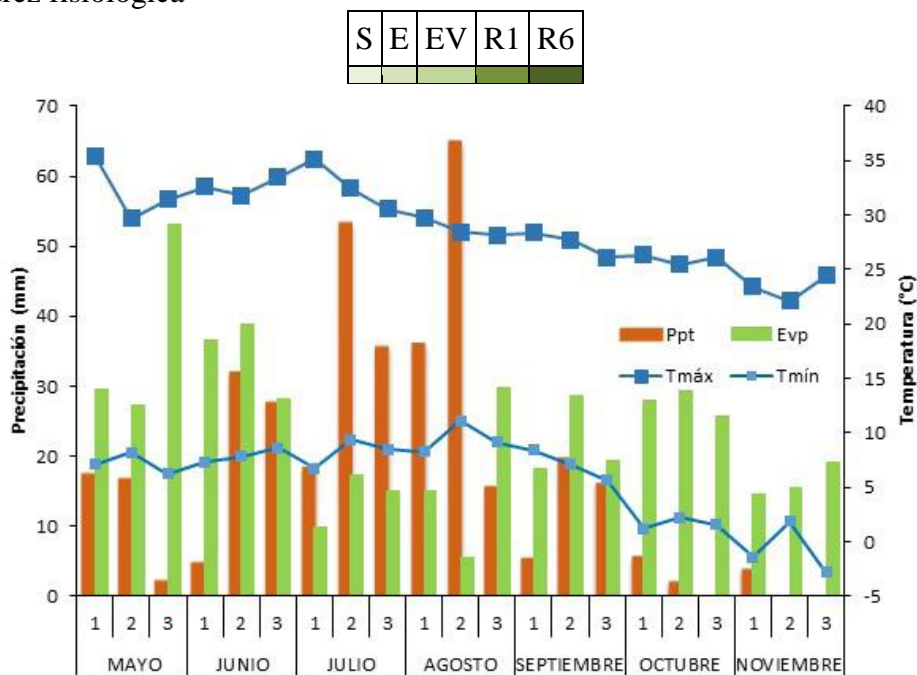
Cultivar	BT gm ²	IC %	LM cm	DM cm	NH	NGH	PCG g	NG m ⁻²	RG gm ⁻²
MA	2293d	43c	16.8c	4.2b	13c	27c	31.2c	2102c	663c
MN	1897c	48b	17.2b	4.4a	14b	29b	32.6b	2234b	671b
MAZ	2321b	49a	18.3a	4.5a	15a	28b	33.4a	2456a	674b
*HS-2	2564a	42c	17.1b	4.6a	15a	31a	33.7a	2481a	681a
CV%	12.3	5.4	4.1	4.8	8.4	16.3	9.6	18.4	16.5

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales, prueba de Tukey (P ≤ 0.05). BT: Biomasa total; IC: Índice de cosecha; LM: longitud de mazorca; DM: Diámetro de mazorca; NH: Número de hileras; NGH: Número de granos por hilera; PCG: Peso de cien granos; NG: Número de granos m⁻²; RG: Rendimiento de grano. MA: maíz Amarillo; MN: Maíz Negro; MAZ: Maíz Azul; * Promedio de todos los Cv de maíz

Escalante *et al.* (1995) señalan que la distribución durante la etapa vegetativa del cultivo de maíz es de suma importancia para el crecimiento y producción de biomasa, lo que puede generar un mayor tamaño del dosel, es decir, una maquinaria fotosintética de mayor magnitud.

Por otro lado, los resultados obtenidos por la asociación ayocote-maíz azul se puede deber por la competencia inter-específica, la cual produce una reducción en el rendimiento en una o ambas especies. En la asociación ayocote-maíz el ayocote puede salir afectado con una reducción en su rendimiento en relación al monocultivo (Díaz *et al.* (2010).

Figura 1 Temperatura máxima, mínima (media decenal) y precipitación (suma decenal) durante el ciclo de los cultivos de maíz. Montecillo, Méx. ciclo 2013; Fases fenológicas de los cultivos de maíz S=siembra; E=Emergencia, Ev=Etapa vegetativa R1=floración y R6=madurez fisiológica



El Híbrido HS-2 mostró la mayor TAN seguido del Maíz Azul (254.10 y 243.61 $\text{g dm}^2\text{día}^{-1}$ respectivamente). La TCC más alta a los 140 dds la registró el maíz híbrido HS-2 ($6.531 \text{ gm}^{-2} \text{ día}^{-1}$) seguido por el cultivo y Maíz Azul ($3.518 \text{ gm}^{-2} \text{ día}^{-1}$). Dicho comportamiento en la TAN, TCC y BT se atribuye en parte, a una mayor radiación interceptada y mayor tamaño del dosel vegetal (Figura 2 y 3).

Figura 2a Tasa de Asimilación Neta del cultivo de Ayocote

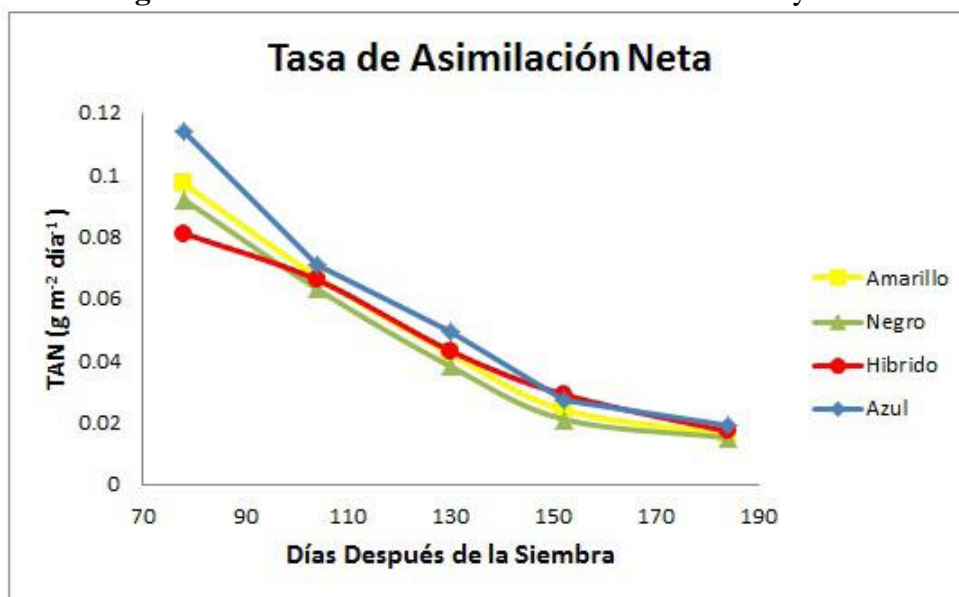
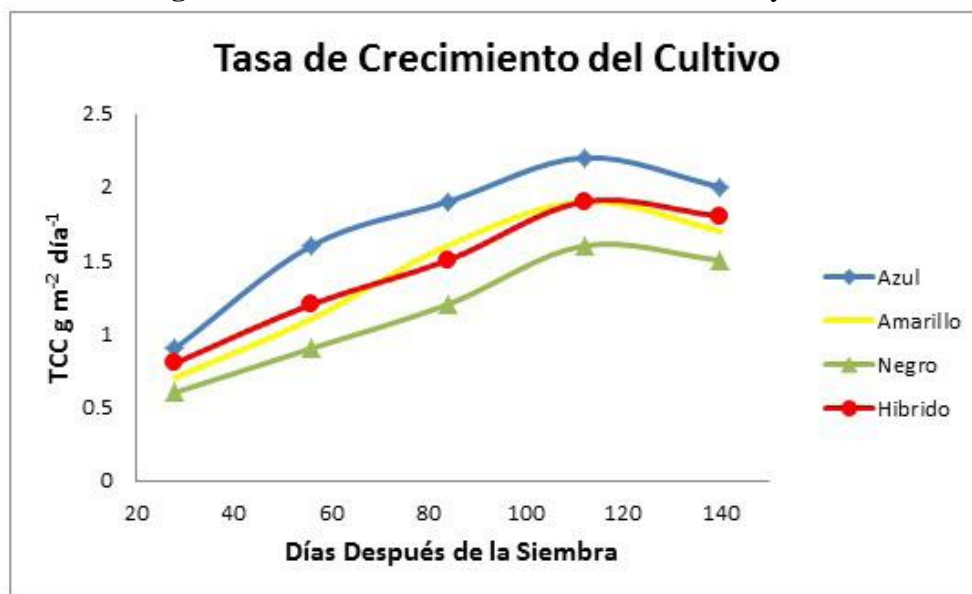


Figura 2b Tasa de Crecimiento del Cultivo de Ayocote



La tendencia en que la TCC se incrementa después de que la planta ha concluido una etapa vegetativa, es decir a los 78 a los 92 dds muestra un incremento hay una disminución por la aparición de órganos reproductivos, en contraste, cuando la planta está iniciando una etapa o cambio de actividad fisiológica se observa una disminución de la tasa de crecimiento, la planta deja de crecer durante la etapa reproductiva por el llenado de grano (Vargas, 2004).

La intercepción y la utilización de la radiación solar son dos procesos fundamentales que rigen el crecimiento y rendimiento de los cultivos (Delgado *et al.* 2014). En maíz (*Zea mays* L.), el rendimiento de grano (RG) puede estimarse mediante el producto de la materia seca (MS) acumulada hasta la madurez fisiológica por el índice de cosecha. La MS a su vez es el resultado de la intercepción y utilización de la radiación solar incidente sobre el dosel del cultivo durante su ciclo ontogénico (Salinas *et al.*, 1999; Escalante 2001, Vargas 2004). La radiación solar fotosintéticamente activa (RFA) interceptada por los cultivos es transformada en biomasa, de forma que la pendiente de la relación lineal entre ambas variables.

Las prácticas de manejo agronómico tienen un papel importante en la determinación del rendimiento final en el cultivo de maíz, como lo es la fecha de siembra, porque puede modificar sensiblemente la duración del ciclo ontogénico y la capacidad de captura de radiación solar; esto impacta la producción de MS y el RG (Espinoza *et al.* 2003). La densidad de población también impacta en el desarrollo vegetativo y reproductivo del maíz, que a su vez influyen directamente en el uso de los recursos, que incluye los niveles de captura y utilización de la radiación solar, agua y nutrimentos (Escalante-Estrada, 2001; Delgado *et al.* 2014). Otro factor importante para determinar RG es la disponibilidad de nitrógeno, cuyo aporte en condiciones de deficiencia mejora el crecimiento foliar y aumenta la cantidad de radiación interceptada por el cultivo, lo que aumenta la tasa de crecimiento en el periodo cercano a la floración (Subedi y Ma, 2005).

Es conveniente entonces estudiar la respuesta de los atributos ecofisiológicos que determinan el rendimiento de grano ante las variaciones ambientales, para identificar las mejores prácticas de manejo y optimizar el uso de los recursos en una localidad o región (Escalante 2001, Delgado *et al.* 2014).

Conclusiones

El maíz Híbrido presenta mayor rendimiento de grano y biomasa total en relación a la siembra con maíz criollo azul. Los cambios en el rendimiento de los cultivos de maíz criollo (negro, amarillo, azul) se relacionan con los componentes de rendimiento (índice de cosecha, número de granos, vainas y tamaño del grano).

Referencias

Azcón B. J., A. Pardo, N. Gómez-Casanovas, J.J. Irigoyen y M. Sánchez-Días.(2004) Respuestas de la fotosíntesis y la respiración en un medio ambiente variable. Pp. 873-899. In: Reigosa, M., N. Pedrol y A. Sánchez (eds). La ecofisiología vegetal: una ciencia de síntesis. Paraninfo. Madrid, España.

Barrales, J. S. (1997). La asociación maíz-frijol, como alternativa para agricultura con problemas de heladas. *Agricultura mesoamericana* 8 (2): 121-126.

Delgado M.R., Escalante E. J.A.S., Díaz R. R., Sants A. T.; Morales R. E., Sosa M. E. (2014). Defoliación en maíz y su efecto sobre el rendimiento de frijol-maíz en asociación. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol. 5 núm. 6:1015-1027.

Díaz L. E., Escalante E. J.A.S., Rodríguez G. M.T., Gaytán A.A. (2010) producción de frijol ejotero en función del tipo de espaldera. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 16(3): 215-221, 2010

Escalante E. J. A. S. (1995). Aprovechamiento del recurso agua en cultivo de secano. *Agroproductividad* 1:28-32.

Escalante-Estrada J.A.S. (2001) Biomasa, rendimiento, eficiencia en el uso del agua y nitrógeno en girasol de humedad residual, *TERRA VOLUMEN 19 NUMERO 1*:19-27

Espinoza T. T., Mendoza C. M.C., Ortiz C. J. (2004). Rendimiento de grano y sus componentes en poblaciones prolíficas de maíz en dos densidades de siembra. *Rev. Fitotec. Méx*, 27 (1):39-41.

García E. L. (2005). Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 4^a ed. UNAM, D.F. México 217 p.

Hanway, J.J. (1963). Growth stages of corn (*Zea mays* L.) *Agronomy Journal* 55:487-492.
Mejía C. J.A. y Molina G. J.D. 2003. Cambios de estabilidad en el rendimiento de variedades tropicales de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* 26(2):89-94.

Luna F.M., R. Gaytan B. (2001). Rendimiento de maíz de temporal con tecnología tradicional y recomendada. *Agricultura Técnica en México* 27(2):163-169

Montemayor T., J.; J. Zermeño; J. Ramírez; R. Aldaco; M. Fortis; E. Salazar; J. Cruz; y C. Vázquez. (2006).

Efecto de la densidad y estructura del dosel de maíz en la penetración de la radiación solar. *Int. Jour. Exp. Bótany.* 75:47-53

Quiroz A.I., M. Douglas (2003) Rendimiento en grano y eficiencia en una asociación maíz (*Zea Mays*) y quinchoncho (*Cajanus cajan*) con y sin fertilizante. *Bioagro.* 15(2)121-128.

Salinas M.Y., Soto H.M., Martínez B.F., González H.V. y Ortega P.R. (1999). Análisis de antocianinas en maíces de grano azul y rojo provenientes de cuatro razas. *Revista Fitotecnia Mexicana* 22:161-174.

Subedi, K. D., Ma B. L. (2005). Nitrogen uptake and partitioning in stay Green and leafy maize hybrids. *Crop Science* 45:740-747.

Vargas Martínez B. (2004). Análisis de crecimiento rendimiento y flavonoides del maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Maestría, Programa de Botánica, Colegio de Postgraduados, campus Montecillos.

Búsqueda de parasitoides de huevo de Chinche Verde Apestosa (*Nezara viridula* L.) y Conchuela Café (*Euschistus servus* Say) en el norte de Sinaloa

CORTEZ-MONDACA, Edgardo*†, PEINADO-FUENTES, Luis', COBALES-NOH, María A.', LLAVEN-VALENCIA, Genny' y SAUCEDA-ACOSTA, Raul H.'

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias – Centro de Investigación Regional del Noroeste, Campo Experimental Valle Del Fuerte, Carretera Internacional México-Nogales Km. 1609, Col. Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa, México, CP 081101.

Instituto Tecnológico De Conkal Yucatán, Avenida Tecnológico, Conkal, Yucatán C.P. 97345.

Resumen

En el cultivo de soya se presenta un complejo de plagas como el grupo de defoliadores los cuales se presentan en forma simultánea causando fuertes daños al follaje. Los hemípteros fitófagos, comúnmente conocidos como chinches, constituyen la mayor amenaza para el cultivo de soya en toda la región productora de esta oleaginosa, ya que en la fase reproductiva del cultivo se presenta la chinche verde *Nezara viridula* L. y chinche café *Euschistus servus* Say, las cuales ocasionan severos daños al cultivo. el objetivo del presente trabajo fue obtener y determinar parasitoides de huevo de chinches *Nezara viridula* y de *Euschistus servus* en cultivo de soya en el norte de Sinaloa, se llevó a cabo en las instalaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) – Campo Experimental Valle del Fuerte (CEVAF), a partir de la primera semana del mes de julio y hasta última semana de agosto se realizaron muestreos de huevo de chinche verde apestosa y conchuela café a intervalos semanales. De acuerdo con los datos obtenidos en la revisión diaria de las masas de huevo se determinó que la duración promedio del período de incubación del huevo de *Euschistus servus* sin parasitismo fue de 5.5 días, el 57.6 % fue parasitada de un 85 a 100% y el 42.4 % de masas de huevo restante no se encontró parasitada, la ubicación de la ovipostura de las masas de huevecillos en las hojas, se presentó para ambos casos de chinches en su mayoría en el haz con un 75.7 % presentado mayor abundancia en el punto dos del muestreo, y en el envés con un 24.2 %.

Monitoreo, plagas, eclosión, incubación, ovipostura.

Abstract

In the soybean crop pest complex it comes as the group of defoliants which are presented simultaneously causing heavy damage to the foliage. The commonly known as bugs, phytophagous Hemiptera pose the greatest threat to the cultivation of soybeans in all of this oilseed producing region, since in the reproductive stage of the crop green bug *Nezara viridula* L. and coffee is presented *Euschistus servus* Say, which cause severe damage to the crop. The aim of this study was to obtain and determine parasitoid egg *Nezara* bugs *viridula* and *Euschistus servus* in soybean crop in northern Sinaloa, it was carried out in the facilities of the National Institute of Agricultural and Livestock Forestry Research (INIFAP) - Fort Valley Experimental (CEVAF), from the first week of July and last week of August till sampling stinking green stink bug egg and coffee conchuela were performed at weekly intervals. According to data from the daily review of egg masses it was determined that the average duration of egg incubation *Euschistus servus* without parasitism was 5.5 days, was parasitized 57.6% 85 to 100% and 42.4% of remaining egg masses parasitized not found, the location of the oviposition of egg masses on leaves, is presented for both cases of bedbugs mostly in the beam with an 75.7% presented higher abundance in point two sampling, and on the underside with 24.2%.

Monitoring, pest, hatching, incubation, oviposition.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: cortez.edgardo@inifap.gob.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

La soya es la oleaginosa de mayor importancia en el mundo y en México. Su alto valor económico radica en la calidad de su aceite y pasta proteica que son industrializados en otros productos de valor agregado. La pasta proteica de soya es considerada como la más nutritiva dentro de las proteínas de origen vegetal. Esta especie se encuentra entre los diez cultivos de mayor importancia económica a nivel mundial por ser la fuente más importante de concentrados proteicos y aceite vegetal (Iglesias, 1986; Ponce *et al.*, 2002). En México, la producción nacional de soya representa en promedio el 3% del consumo total y la diferencia se importa de otros países; ante este gran déficit, el reto es impulsar y fomentar su producción con tecnología de punta, que permita hacerle frente con éxito a los factores que se consideran limitantes, entre los que se encuentran los insectos plaga (Valdéz *et al.*, 2006; Maldonado *et al.*, 2010).

En el cultivo de soya se presenta un complejo de plagas como el grupo de defoliadores los cuales se presentan en forma simultánea causando fuertes daños al follaje. Los hemípteros fitófagos, comúnmente conocidos como chinches, constituyen la mayor amenaza para el cultivo de soya en toda la región productora de esta oleaginosa, ya que en la fase reproductiva del cultivo se presenta la chinche verde *Nezara viridula* L. y chinche café *Euschistus servus* Say, las cuales ocasionan severos daños al cultivo. El complejo de chinches reviste especialmente importancia dentro de las plagas que atacan a la soya porque invaden los cultivos a partir de la floración y se alimentan principalmente de vainas tiernas e impiden la formación de grano causando un daño directo e irreversible sobre las semillas en desarrollo (Panizzi *et al.*, 1985; Cortéz *et al.*, 2013).

Más allá de su mayor o menor nivel poblacional según los años, las chinches siempre se constituirán en un grupo de plagas claves de la soya, con alto impacto en la producción del cultivo. Es más, su incidencia en la producción se caracteriza por causar pérdidas económicas a muy bajas densidades. En consecuencia, por la fuerte influencia de chinches en la producción de soya merita priorizar todos los aspectos y herramientas que contribuyan a un mejor y más ajustado manejo para su control. No obstante lo anterior, la soya es también un reservorio natural de organismos benéficos como depredadores, parasitoides y entomopatógenos, que mantienen reguladas las poblaciones de los insectos plaga y que deben ser considerados en su manejo cuando éstas comienzan a causar pérdidas al cultivo, sin importar la estrategia de control que se decida utilizar (Lara, 1985). Con base a todo lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue obtener y determinar parasitoides de huevo de chinches *Nezara viridula* y de *Euschistus servus* en cultivo de soya, en el norte de Sinaloa.

Materiales y métodos

Establecimiento del cultivo de soya: el presente trabajo se desarrolló en las instalaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) – Campo Experimental Valle del Fuerte (CEVAF), en Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa, 25° 45' 49" N y 108° 48' 48" O a 32 msnm. En un cultivo de soya, en el que se evalúan diferentes genotipos, de aproximadamente 6 ha de superficie, en el ciclo primavera-verano (P-V), en cultivo establecido el 22 de mayo de 2013.

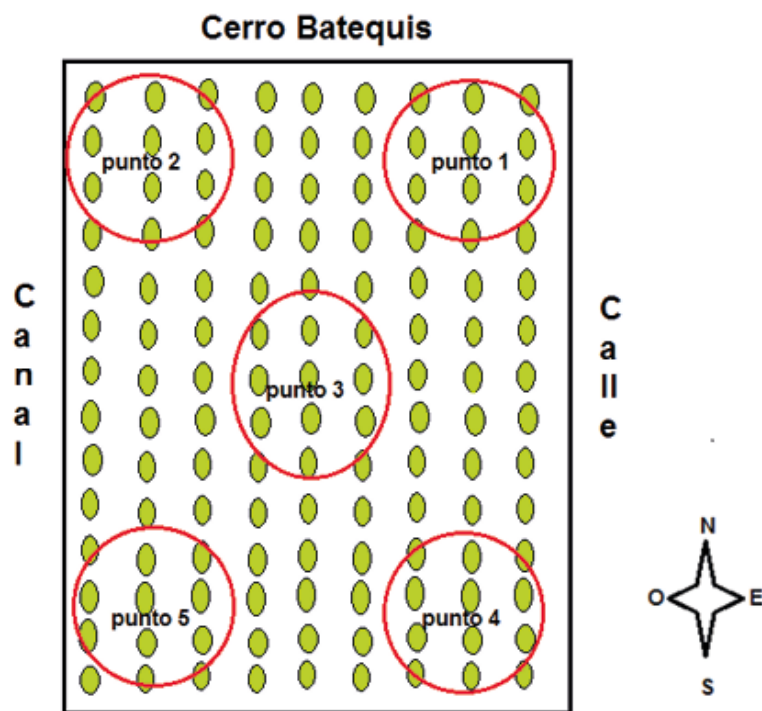
El manejo agronómico del cultivo se realizó de acuerdo con la guía técnica del INIFAP (2011) y folleto técnico sobre tecnología de producción y manejo de la mosca blanca de la hoja plateada (Cortez *et al.*, 2005); todas las labores se registraron oportunamente.

Muestreo de plantas: a partir de la primera semana del mes de julio y hasta última semana de agosto se realizaron muestreos de huevo de chinche verde apestosa y conchuela café a intervalos semanales. En cinco sitios del cultivo de soya, ubicados en las esquinas y en el centro de la parcela (figura 1), se inspeccionaron 25 plantas al azar para detectar en hojas del estrato superior masas de huevo de las chinches señaladas. Las masas de huevos con coloración grisácea se recolectaron y se introdujeron en bolsas de papel estraza, etiquetadas con la fecha y sitio de recolección, y se trasladaron al laboratorio de Entomología (CEVAF), en donde cada masa de huevos fue colocada en una caja de Petri etiquetada con los datos de la colecta (fecha y sitio de recolección), en el interior de la misma se colocaron un pedazo de algodón humedecido para proporcionarle humedad a los huevos y prevenir la deshidratación. Se revisó diariamente, para registrar la eclosión de las ninfas o emergencia de parasitoides adultos; cuando concluyó la eclosión, las cajas de Petri con especímenes parasitoides (avispidas) se introdujeron al congelador por aproximadamente 20 m para inactivarlas, recogerlas e introducir las en tubitos Eppendorf de 1.5 ml de capacidad, con alcohol al 70%, etiquetados con los datos de muestreo. Los datos de número de ninfas de chinches y avispidas, obtenidas, se anotaron en el libro de campo, indicando el número de ninfas obtenidas, el número de avispidas parasitoides obtenidas, la especie de chinche, ya sea verde apestosa o conchuela café y se anotó el porcentaje de mortalidad aparente. También, los especímenes parasitoides obtenidos de huevos de las chinches verde apestosa y conchuela café en estudio, se mantuvieron en viales de 20ml con alcohol (70%) que se enviarán a un taxónomo especialista para su determinación. Luego, las masas de huevo blancas o que todavía no se observaban de color grisáceo en los muestreos, se dejaron localizadas con una banderilla de color rojo o amarillo para su posterior recolección, antes de la eclosión, procediendo como se indicó anteriormente para determinar el número de masas de huevo blancas y el sitio en que se ubicaron se anotaron en libro de campo.

Muestro en red entomológica: en cada muestreo semanal para la recolecta de masas de huevos de chinches, se realizaron 25 golpes de red entomológica en cada sitio de muestreo. La muestra de cada sitio se introdujo en una bolsa de plástico con alcohol al 50%, rotulada con el sitio de muestreo y fecha, y se trasladó al laboratorio, en donde se inspeccionaron al microscopio de disección para separar, contar y confinar avispidas parasitoides que se asemejan a las que se encontraron parasitando huevos, específicamente las que pertenezcan a las familias Chalcididae, Scelionidae y Encyrtidae, las cuales contienen especies parasitoides de huevos de chinches pentatómides. En cada punto de muestreo se eligió una planta al azar y se cubrió las ramas con una malla de agribón, en él se aisló una pareja de chinches *Euschistus servus* que fue monitoreada diariamente para observar las puestas de masas y su periodo de emergencia. Se tomaron notas en campo del número de masas de huevo encontrados en cada malla, el sitio en que se ubicaron, el periodo de emergencia así como el cambio de coloración previa a la eclosión.

Al momento de los muestreos de campo se realizaron toma de imágenes con cámara fotográfica de huevos, ninfas y adultos de chinches, igualmente en laboratorio se tomaron imágenes para ilustrar el proceso de confinamiento de huevo y obtención de ninfas de chinche y parasitoides. Además se realizó una descripción de las masas de huevos de chinche verde apestosa y conchuela café, para caracterizarlos y dejar en claro las características que los identifican.

Figura 1 Ubicación de los puntos de muestreo donde se realizaron los golpes de Red, la colecta de masas y el aislamiento de chinches



Resultados

Huevo

Durante los meses de Julio y Agosto se colectó en campo un total de 31 masas de huevo de *Euschistus servus* y 2 masas de *Nezara viridula*, una vez obtenidos los huevos se individualizaron en cajas de Petri, protegidos con papel filtro y algodón humedecido para mantener la turgencia del huevo (figura 2). Estas masas de huevos fueron colectados en su mayoría del punto de muestreo numero 2 seguidos del 3 y 1.

Figura 2 Arreglo de posturas de *Euschistus servus* en cajas Petri para determinar el tiempo de eclosión de los huevos



Los huevos de *Euschistus servus* tienen forma de barril y presentan una corona de espinas en la parte superior, estos son depositados en grupos de aproximadamente 23 huevos, en dos o 4 líneas paralelas sobre haz o el envés de las hojas o las vainas. Los huevos recién puestos fueron de color verde claro cambiando a coloración amarillo pálido con tonalidades naranja a medida que avanzaba el desarrollo. Normalmente *Nezara viridula* deposita sus huevos sobre el haz o el envés de las hojas en grupos que contienen más de 40 huevos y son de coloración blanco claro cuando son depositados.

De acuerdo con los datos obtenidos en la revisión diaria de las masas de huevo se determinó que la duración promedio del período de incubación del huevo de *Euschistus servus* sin parasitismo fue de 5.5 días, sin embargo, la duración promedio del período de incubación de los huevos parasitados de ambos casos de chinches fue de 12 días. De las 33 masas de huevo evaluadas, el 57.6 % fue parasitada de un 85 a 100% y el 42.4 % de masas de huevo restante no se encontró parasitada. Las masas de huevos parasitadas se encontraron en su mayoría en el punto 3 de muestreo seguidos del punto 1 y 2, mientras que las masas de huevos que no fueron parasitados se encontraron en su mayoría en el punto 2 de muestreo. Por otra parte la ubicación de la ovipostura de las masas de huevecillos en las hojas, se presentó para ambos casos de chinches en su mayoría en el haz (75.7 %) con mayor abundancia en el punto dos del muestreo, y en el envés (24.2 %) con mayor abundancia en el punto 3. Con relación a las posturas, se logró obtener de 331 parasitoides que serán enviados a un taxónomo para su identificación (cuadro 1).

Cuadro 1. Datos de las masas de huevo de *Euschistus servus* y *Nezara viridula* en campo

Muestra	Punto	Fecha colecta	Fecha eclosión	Incubación	# avispidas en masa de huevos	# Huevecillos	Hoja	Observaciones
1	4	10/07/13	16/07/13	7	0	28	haz	<i>Euschistus servus</i> - P
2	2	15/07/13	16/07/13	7	0	19	haz	<i>Euschistus servus</i> - N
3	3	17/07/13	22/07/13	6	0	36	envés	<i>Euschistus servus</i> - P
4	3	22/07/13	28/07/13	12	0	26	haz	<i>Euschistus servus</i> - P
5	3	22/07/13	28/07/13	12	1	15	envés	<i>Euschistus servus</i> - P
6	3	22/07/13	01/08/13	13	0	28	haz	<i>Euschistus servus</i> - N
7	2	25/07/13	30/07/13	7	0	14	envés	<i>Euschistus servus</i> - N
8	1	26/07/13	02/08/13	10	0	28	haz	<i>Euschistus servus</i> - P
9	3	26/07/13	05/08/13	13	0	22	haz	<i>Euschistus servus</i> - P
10	2	28/07/13	29/07/13	4	0	28	haz	<i>Euschistus servus</i> - N
11	2	28/07/13	29/07/13	4	0	20	haz	<i>Euschistus servus</i> - N
12	1	28/07/13	06/08/13	12	0	12	envés	<i>Euschistus servus</i> - N
13	1	28/07/13	no eclosionó		0	5	haz	<i>Euschistus servus</i> - N
14	1y2	28/07/13	05/08/13	11	0	16	haz	<i>Euschistus servus</i> - P
15	2	28/07/13	05/08/13	11	0	19	haz	<i>Euschistus servus</i> - P
16	3	28/07/13	05/08/13	8	0	42	envés	<i>Nezara viridula</i> - P
17	1y2	28/07/13	31/07/13	6	0	28	haz	<i>Euschistus servus</i> - N
18	2	28/07/13	05/08/13	11	0	28	haz	<i>Euschistus servus</i> - P
19	1	31/07/13	01/08/13	2	0	21	haz	<i>Euschistus servus</i> - P
20	2	01/08/13	02/08/13	3	0	12	haz	<i>Euschistus servus</i> - P
21	2	01/08/13	04/08/13	5	0	9	haz	<i>Euschistus servus</i> - N

22	1y2	30/07/13	05/08/13	7	0	29	envés	<i>Euschistus servus</i> - N
23	2	02/08/13	05/08/13	4	0	14	envés	<i>Euschistus servus</i> - P
24	2	05/08/13	05/08/13	4	0	28	haz	<i>Euschistus servus</i> - N
25	2	05/08/13	13/08/13	12	0	19	haz	<i>Euschistus servus</i> - P
26	1	01/08/13	10/08/13	11	0	26	haz	<i>Euschistus servus</i> - P
27	2	01/08/13	07/08/13	8	0	43	haz	<i>Nezara viridula</i> - P
28	2	07/08/13	11/08/13	5	0	25	haz	<i>Euschistus servus</i> - N
29	5	07/08/13	07/08/13		0	25	envés	<i>Euschistus servus</i> - N
30	3	12/08/13	19/08/13	13	0	34	haz	<i>Euschistus servus</i> - P
31	2	26/07/13	31/07/13	6	0	28	haz	<i>Euschistus servus</i> - P
32	2	25/07/13	29/08/13	5	0	28	haz	<i>Euschistus servus</i> - P
33	1	15/08/13	15/08/13	4	0	27	envés	<i>Euschistus servus</i> - N

*P, Parasitada; N, No parasitada

Redeo

Se obtuvieron avispidas parasitoides encontrados en masas de huevos y por separado en golpes de red entomológica, los diferentes morfo-tipos o bien las especies obtenidas, el porcentaje de parasitismo por masa de huevo recolectada de acuerdo a la especie de chinche por fecha de muestreo, así como imágenes que ilustran el estudio desarrollado de huevos, ninfas, avispidas parasitoides, así como la caracterización de las masas de huevo por especie de chinche.

En todas las especies del género *Euschistus*, los adultos tienen el sentido amplio, cuerpos en forma de escudo, miden aproximadamente de unos 10-15 mm de longitud, en su mayoría son de color marrón, aunque algunos tienen una parte inferior de color verde amarillento. Ambos sexos presentan una coloración café amarillenta con puntuación muy densa sobre su cuerpo y tienen cinco segmentos antenales. El dimorfismo sexual es marcado, pues es notoria la diferencia de los tergitos la hembra con respecto al macho ya que presenta terminaciones en punta en comparación con los tergitos abdominales del macho los cuales son menos desarrollados y posee el extremo del abdomen achatado (figura 3).

Figura 3 Dimorfismo sexual en los últimos tergitos abdominales de *E.servus*. Hembra (izquierda), Macho (derecha)



En el primer redeo que se realizó el 10 de julio del presente año se observó baja población de chinches (cuadro 2), principalmente de la chinche verde (*N. viridula*), sin embargo, del 17 al 31 de julio se incrementó la presencia de chinches adultos de *Euschistus servus* en relación a la floración de la planta de soya, lo que favoreció la colecta de masas de huevo, así como la presencia de sus parasitoides. A partir del mes de agosto fue más difícil colectar masas de huevos ya que los depredadores en especial las arañas se comían los huevecillos que habían sido marcados y dejados en campo para su parasitismo, al mismo tiempo que se dejaron de colectar las masas de huevos la población de chinches adultos sufrió una disminución ya que en el cultivo había mucha presencia de grillos que también tenían la función de depredar a las chinches adultas. Con el redeo fue posible colectar 33 parasitoides.

Cuadro 2 Se muestran los datos de redeo realizados en el CEVAF – INIFAP en los diferentes puntos de muestreo

# Muestreo	Fecha de muestreo	Punto de redeo	# Muestra	# avispidas	# chinches Nezara	# chinches Euschistus
1	10/07/13	1	100	3	0	0
1	10/07/13	2	101	1	0	0
1	10/07/13	3	102	1	0	2
1	10/07/13	4	103	1	0	0
1	10/07/13	5	104	1	0	0
2	17/07/13	1	105	1	0	0
2	17/07/13	4	106	0	0	2
3	24/07/13	1	107	3	0	2
3	24/07/13	2	108	4	0	11
3	24/07/13	4		0	1	0
4	31/07/13	1	113	2	0	3
4	31/07/13	2	114	3	0	2
4	31/07/13	3	115	2	0	0
4	31/07/13	4	116	1	0	0
4	31/07/13	5	117	4	0	0
4	07/08/13	2	109	0	0	1
5	21/08/13	2	118	0	0	1
5	21/08/13	5	120	2	0	1
5	15/08/13	2	110	2	0	0
5	15/08/13	4	112	0	0	1
5	15/08/13	3	11	2	0	0
TOTAL				33		26

Oviposición

Para el estudio de la oviposición se tomaron 12 adultos de chinches *Euschistus servus* y se separaron por parejas para monitorear el número de puestas de masas y el periodo de eclosión. En cada punto de muestreo se colocó una malla con su respectiva pareja de chinches a excepción del punto tres que se colocaron dos mallas. Dicho muestreo no fue muy favorable debido a que las chinches empezaron a morir por lo que constantemente debían ser reemplazados. Es probable que una de las causas de mortalidad de las chinches se debiera a que los grillos rompían las mallas y se las comían. Sin embargo en los puntos de muestreo uno, dos y tres se determinaron que el periodo promedio de incubación de 5 masas de huevos fue de 6 días, muy similar al periodo de incubación de las posturas observadas en laboratorio (cuadro 3).

Cuadro 3 Muestra los datos de oviposición de las mallas de entomología de *Euschistus servus* período de incubación y fechas de eclosión

Numero de malla	fecha de postura	numero de huevos emergidos	fecha de eclosión	# de chinches colectadas	periodo de incubación (días)
1	08/08/2013	18	13/08/2013	15	6
2	12/08/2013	14	17/08/2013	2	6
2	15/08/2013	6	21/08/2013	5	7
3.-1	15/08/2013	24	19/08/2013	23	5
3.-1	15/08/2013	16	20/08/2013	15	6

Conclusiones

La introducción de plagas en cultivos de importancia económica afecta negativamente a la agricultura a nivel mundial por lo que los productores en la búsqueda de una alternativa para hacer frente a este problema han incrementado el uso indiscriminado de agroquímicos que además de su alto costo repercuten en el medio ambiente. Por esta causa muchos productores ya no cuentan con los recursos necesarios para el control de estas plagas y es por esto que se recomienda como una alternativa el uso de agentes como control biológico porque además de disminuir el impacto que ocasionan los plaguicidas a nuestros recursos naturales, su bajo costo, disminuye sustancialmente la inversión que hacen los productores en sus siembras. Asimismo, siendo productos naturales, no representa riesgos para la salud de los productores ni de los consumidores. El Control Biológico es una alternativa sostenible con la cual más productores en el mundo están combatiendo las plagas.

La abundancia y distribución de parasitoides de *Euschistus servus* y *Nezara viridula* en el cultivo de soya es relevante, por lo que con base en la información analizada en este trabajo se concluye que es necesario realizar proyectos de investigación relacionados al comportamiento y hábitos de los parasitoides y realizar la identificación previa para entonces poderlo incluir dentro del manejo integrado de plagas. La colecta de parasitoides de chinches pentatomídeos es muy fácil y efectiva y aunque se presentó una determinada mortalidad en condiciones de laboratorio, esto no debe ser un aspecto limitante para la colecta y cría de parasitoides enfocado para el manejo integrado de dichas plagas.

Referencias bibliográficas

Cortez Mondaca Edgardo. 2005. Tecnología de producción y manejo de la mosca blanca de la hoja plateada en el cultivo de soya en el norte de Sinaloa. Folleto técnico No. 25. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noroeste. Campo Experimental Valle del Fuerte. México. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Pp. 48.

Cortez, M. E., Pérez M. J., Rodríguez C. F., Martínez C. J., & Cervantes C. L. (2013). Rendimiento y respuesta de variedades de soya a mosca blanca *Bemisia tabaci* (Genn.) en tres fechas de siembra. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(7), 1067-1080.

Iglesias, L. (1986). Estudio de la variabilidad morfoagronómica y bioquímica en soya (*Glycine max* L. Merrill). Lourdes Iglesias-Tesis de Grado (Dr. en Ciencias Agrícolas), 1986-236.

Lara, V. M. 1985. Estudio preliminar de los agentes de control biológico en el cultivo de la soya (*Glycine max* L. Merrill) en el sur de Tamaulipas. Tesis de licenciatura. Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad del Noreste. 70p.

Lope, M. C., Militza, O. E. X., Alberto, A. M. N., & Antonio, C. A. J. (2011). Guía para Producir Soya en el Sur de Sonora. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noroeste. Campo Experimental Valle del Fuerte. Libro Técnico Núm. 1. ISBN 978-607-425-568-3.

Maldonado, M. N., Ascencio, L. G., & Langarica, H. R. (2010). Huasteca 400, nueva variedad de soya para el sur de Tamaulipas, oriente de San Luis Potosí y norte de Veracruz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1(5), 687-692.

Panizzi, A. R., & Slansky Jr, F. (1985). Review of phytophagous pentatomids (Hemiptera: Pentatomidae) associated with soybean in the Americas. *Florida Entomologist*, 184-214.. *Flo. Entomol.* 68: 184-203.

Ponce, M., Ortiz, R., De La Fé, C., & Moya, C. (2002). Estudio comparativo de nuevas variedades de soya (*Glycine max* L. Merr) para las condiciones de primavera en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 23(2), 55-58.

Valdéz, J. A., del Bosque, L. A. R., & Moreno, N. M. (2006). Manejo integrado de plagas de soya en el tropico de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. INIFAP/CIRNE/A-382. Libro Técnico Núm. 1. ISBN 968-800-699-8.

Calidad de arroz mediante análisis de imágenes digitales

SAUCEDA-ACOSTA, Carlos Patricio^{*†}, LUGO-GARCÍA, Gabriel Antonio[´],
SAUCEDA-ACOSTA, Raúl H.^{´´}, SÁNCHEZ-SOTO, Bardo H.[´],
BORBÓN-GRACIA, Alberto^{´´}, QUINTANA-QUIROZ, José Guadalupe[´]

´Colegio de Ciencias Agropecuarias, Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte, Universidad Autónoma de Sinaloa, Calle 16 Av. Japaraqui S/N C.P. 81110. Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa.

´´Campo Experimental Valle de México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Km 13.5 Carr. Los Reyes-Texcoco, Coatlínchán, Texcoco; Estado de México. 56250.

Resumen

La clasificación de la calidad física real del grano de arroz es necesaria bajo criterios cuantitativos que se obtengan de manera rápida y eficaz, por lo que el objetivo del presente trabajo fue desarrollar una metodología para evaluar la calidad de arroz mediante análisis imágenes digitales obtenidas con escáner de seis marcas de arroz pulido blanco. La imágenes a color de los granos se obtuvo con escáner y se procesaron y analizaron con el programa libre ImageJ 1.49b. El proceso se automatizó mediante una rutina. Se midió número de granos enteros grandes, medianos y quebrados, tamaño, largo, ancho y circularidad. Se calculó el porcentaje de granos quebrados. Hubo diferencias altamente significativas entre marcas para todas las variables ($P \leq 0.01$). Los valores medios del tamaño de grano para granos grandes y medianos de 11.07 a 12.79 mm². La circularidad fue mayor en los granos quebrados y menor en los granos enteros, hubo diferencias altamente significativas entre únicamente entre estas dos clasificaciones. El tamaño de los granos fue de 9.98 a 12.4 mm² y largo de 5.48 a 6.53 mm. Estas dos variables presentaron una estrecha asociación lineal positiva ($R^2=0.98$, $P=0.01$). El largo del grano promedio de granos grandes enteros fue de 6.84 mm y para granos medianos de 6.18 mm, el largo medio del total de granos fue de 5.57 mm. Es factible evaluar la calidad física del grano de arroz mediante el procesamiento y análisis de imagen, por lo que esta metodología se puede recomendar para la clasificación de calidad física del grano de arroz por sus características morfológicas y sustituir así la clasificación del grano en forma manual o visual.

Oriza sativa, calidad, imagenes.

Abstract

The classification of the actual physical quality of the rice grain is needed on quantitative criteria that are obtained quickly and efficiently, so that the objective of this work was to develop a methodology for evaluating the quality of rice by digital image analysis obtained with scanner six brands of polished white rice. The color images of the grains was obtained with scanner and processed and analyzed with ImageJ 1.49b free program. The process is automated through a routine. number of grains large, medium and broken whole, size, length, width and circularity was measured. The percentage of broken grains was calculated. There were highly significant differences between brands for all variables ($p \leq 0.01$). The mean grain size for large and medium grain 11.07 to 12.79 mm². The circularity was higher in lower grain fractions and whole grains, there were highly significant differences between these two classifications only. The grain size was 9.98 mm² and 12.4 over 5.48 to 6.53 mm. These two variables showed a strong positive linear association ($R^2 = 0.98$, $P = 0.01$). The average grain long large whole grains was 6.84 mm and 6.18 mm medium grains, the average length of all grains was 5.57 mm. It is feasible to evaluate the physical quality of the rice grain through processing and image analysis, so this method can be recommended for classification of physical grain quality rice for their morphological characteristics and thus replace the classification grain manually or visual.

Oryza sativa, quality images.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: csauceda@colpos.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

La forma y tamaño de grano son los factores importantes que influyen en el rendimiento y calidad del arroz (*Oryza sativa* L.), las características morfológicas del grano tienen efectos sobre la calidad del grano y el rendimiento y ha sido estudiada por muchos investigadores (Golam *et al.*, 1998). Además dichos rasgos son necesarios para la clasificación de los granos ya que influyen en la comercialización, manejo, transporte, procesamiento, tratamiento y almacenamiento de los mismos. Los granos cosechados son físicamente heterogéneos contienen semillas de malezas, residuos vegetales, piedras, tierra, insectos y otros grano (Mebatsion *et al.*, 2012). El proceso de analizar las muestras de granos a mano o visualmente es subjetivo, se ve influenciado por factores humanos y a las condiciones de trabajo (Zhang *et al.*, 2005).

Con la creciente demanda en la calidad y seguridad de los alimentos, la preocupación de inspeccionar y evaluar la calidad de los granos ha aumentado y debido a que es una tarea cada vez más exigente, ocasiona el incremento de los costos de producción. Aunado a dicha situación también se presenta escasez de personal experimentado en realizar dicha labor y de esa manera los productores y procesadores de alimentos se ven ante la necesidad de mejorar los procesos de la producción (Van Henten *et al.* 2003).

El análisis de imágenes por computadora se ha utilizado en la inspección de calidad de granos y en ese sentido Paliwal *et al.* (2004) menciona, que la tecnología de visión por computadora ha incursionado en la industria de los granos, pero que urge la necesidad de que estén disponibles para facilitar a inspectores de granos evaluar la calidad de los mismos y señala que el Comisión de Granos Canadienses (CGC, por sus siglas en inglés) desde hace una década inicio una discusión nacional para introducir nuevos sistemas de evaluación y clasificación de los granos, con el fin de hacer objetiva dicha labor y con menos demanda de mano de obra.

En medio de dicho escenario la visión mediante computadora ha ido en aumento, éste debido a que proporciona información consistente, es eficaz y objetiva; su implementación se ha visto favorecida por los avances en el desarrollo de los algoritmos utilizados, como así también por la evolución de los procesadores y de los sistemas de adquisición de imágenes acompañados de una reducción en el costo de los mismos (Cleva *et al.*, 2013), los sistemas de visión por computadora pueden emplearse para la inspección de productos agrícolas en línea (Choudhary *et al.*, 2008). Mebatsion *et al.* (2012). Señalan que el sistema de visión por computadora (MVS) para el control de calidad puede reemplazar a los operadores humanos que están sujeto a las influencias externas como la fatiga, el ambiente de trabajo, errores, etc. y puede clasificar y evaluar errores. Otras ventajas de MVS incluyen resultados que son objetivos, repetibles, precisos y rápidos.

Aun cuando se han realizado una gran cantidad de trabajos para clasificar los granos mediante sus características físicas (Majumdar and Jayas, 2000a, 2000b, 2000c, 2000d; Paliwal *et al.*, 1999), uno de los inconvenientes en la metodología es que requiere que los granos no se encuentre en contacto entre sí, esto era necesario porque los granos agrupados hacía imposible que se pudieran identificar las características individuales de éstos; entonces, para obtener la imagen de los granos separados, éstos se colocaban a mano (Zhang *et al.*, 2005). En la actualidad aún se realizan trabajos donde se colocan separadamente los granos (Choudhary *et al.*, 2008; Mebatsion *et al.*, 2012), pero diversos estudios han demostrado la factibilidad de eliminar esa limitante (van den Berg *et al.*, 2002; Wang y Paliwal, 2006; Yan *et al.*, 2012; Quin *et al.*, 2013).

En cuanto a la identificación de la calidad del grano el análisis de imágenes digitales se ha utilizado para identificar granos dañados por enfermedades, plagas o manejo (Paliwal *et al.*, 2003), también en la clasificación e identificación de los granos por sus características físicas (Paliwal *et al.*, 2004; Carter *et al.*, 2006; Choudhary *et al.*, 2008), en identificar variedades de arroz (Hobson *et al.*, 2007), en evaluar los granos quebrados y con grietas (Courtois *et al.*, 2010), para discriminar entre variedades de trigo por características del grano (Zapotoczny, 2014); en trigo se ha utilizado para estimar el daño causado los granos por fusarium (Maloney *et al.*, 2014). Muchos de estos trabajos se han realizado con imágenes obtenidas con scanner de cama plana Van Dalen (2005) indica que con escáner y análisis de imágenes se puede realizar la caracterización de arroz, ya que permite la medición y análisis del color, forma, longitud, ancho, densidad y número de granos quebrados de arroz.

En arroz la cantidad de los granos quebrados es principalmente determinada por la selección visual de estos granos de una cantidad grande de arroz. Esta selección visual es muy laboriosa, requiere el personal especializado y produce una cantidad significativa de errores debido a la clasificación incorrecta de los granos de arroz. La longitud y ancho de los granos de arroz se mide generalmente usando un vernier (Van Dalen, 2004). Dentro de las Normas Mexicanas para Arroz Pulido y la de Productos Alimenticios No Industrializados Para Uso Humano. Cereales. Arroz Pulido (*Oryza Sativa*). Especificaciones y Métodos de Prueba, de la Dirección General De Normas (NMX-F-120-1996 y NMX-FF-059-SCFI-2000) se contempla hacer la clasificación del grano en forma manual o mecánica, y dado que la clasificación visual de arroz es laboriosa y subjetiva y a que cada vez es más exigente y factible la clasificación de la calidad física real del grano de arroz bajo criterios cuantitativos que se obtengan de manera rápida y eficaz, por lo que el objetivo del presente trabajo fue desarrollar una metodología evaluar la calidad de arroz mediante imágenes digitales obtenidas con escáner.

Materiales y métodos

Se utilizó arroz pulido blanco (*Oryza sativa*), envasado para comercialización al consumidor final de seis marcas o envasadores, cuatro categorizados como super extra (5% de granos quebrados) y dos como extra (10% de granos quebrados, marcas 2 y 3) las cuales se adquirieron en diferentes mercados comerciales. De cada una se extrajo seis muestras de diferente número de grano y se obtuvo el peso.

La adquisición de imágenes de las muestras de granos se hizo mediante un escáner de cama plana, marca Samsung modelo SCX3405, donde se colocaron los granos sin esmerarse en separarlos. El formato utilizado para guardar las imágenes fue jpeg a color RGB (Red, Green, Blue) con 24 bits por pixel, con una resolución de 300 ppp (pixel por pulgada), un tamaño de 2544 (ancho) x 3508 (alto) pixeles. Bajo el sistema operativo Windows 8 Enterprise de 64 bits, en un equipo Intel Pentium G630, Processor a 2.7 GHz y 3 GB de memoria RAM. El tiempo la digitalización fue de 14.2 s y el total desde colocar la muestra de grano hasta finalizar de 34 s.

El procesamiento de las imágenes fue directamente en el programa de uso libre Imagej Ver. 1.49b (Rasband, 2014), el cual soporta diferentes formatos de imagen (tiff, gif, jpeg, png, dicom, bmp, pgm y fits) y muchos otros con la adición de complementos; admite establecer y calibrar la escala en cualquier unidad espacial (con una medida de referencia), por lo que la precisión es confiable, presenta la opción de analizar partículas por el tamaño y su forma por la forma, la cual es medida de cero a uno, donde 0=polígono alargado, 1=esférica, de esta manera restringe del análisis objetos fuera de interés, que se digitalizan al escanear; también permite seleccionar las diferentes estadísticas en los resultados. Otra ventaja que incluye es la de crear rutinas o complementos que automatizan tareas repetitivas. Está escrito en java y corre sin modificaciones en Windows, MacOS y Linux (Ferreira y Rasband, 2012), disponible gratuitamente en la página electrónica (<http://rsbweb.nih.gov/ij/download.html>) del National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA.

El procesamiento de las imágenes consistió en establecer la escala de las imágenes (*Analyze/Set Scale...*), la escala de las imágenes fue de 11.6 pixeles por mm. Después se procedió a convertir la imagen a binaria; es decir, a blanco y negro (*Process/Binary/Convert to Mask*), éste para diferenciar entre la sombra proyectada de los granos y el fondo; posteriormente se realizó la separación de los granos en contacto dentro de la imagen (*Process/Binary/Watershed*), para el registro de las características individuales y finalmente con la función análisis de partículas (*Analyze/Analyze particles*) se midió el número total de granos (enteros y quebrados), número de granos medianos y número de granos quebrados. También se obtuvo el área proyectada de los granos (mm²), tamaño (mm²), largo y ancho del grano (mm) y la forma de los mismos.

Para clasificar los granos se utilizó la circularidad como restricción, debido a que el grano entero presenta la menor circularidad por ser alargado, para ello se encontró que los granos enteros presentaban una circularidad de 0.46 a 0.61, los medianos de 0.62 a 0.69 y los quebrados de 0.7 a 0.95. De acuerdo a la fórmula de la circularidad, una figura presentará mayor esfericidad entre menor sea su perímetro (Ferreira y Rasband, 2012).

$$\text{Circularidad} = 4\pi * \left(\frac{\text{Área}}{\text{Perímetro}^2} \right) \quad (1)$$

El tiempo para procesar las imágenes fue de 2.35 a 8.53 s dependiendo del número total de granos. La rutina analiza de forma automática todas las imágenes contenidas dentro de una carpeta, los resultados se pueden guardar en un solo archivo de Excel o bien por separado, etiquetados con el nombre del archivo (jpeg) para facilitar su identificación. El código detallado de la rutina está disponible bajo petición.

Los datos se analizaron mediante correlaciones simples de Pearson; se comprobó la normalidad de los datos; se realizó el análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis; el estadístico de prueba (H) fue una aproximación a la X^2 de Pearson al 1.0% ($K-W \approx X^2$), para demostrar diferencias significativas entre marcas de arroz se realizó una comparaciones de pares entre las medias de los rangos de tratamientos para todos los pares posibles con el uso del software InfoStat 2014 (Di Rienzo, 2014).

Resultados

Los valores de porcentaje de calidad observados no cumplieron el supuesto de normalidad, lo mismo ocurrió con el número y tamaño, largo y ancho de los granos. Hubo diferencias altamente significativas entre las marcas en los tres tamaños de grano (grande, mediano y quebrado) ($P \leq 0.01$). Las marcas 1 y 5 presentaron el porcentaje más alto de grano entero con 89.29 y 83.369% respectivamente, lo que las ubica de acuerdo a las normas de clasificación como arroz Extra y no en Super Extra como indica el envase. La marca 3 presentó el mayor porcentaje de grano quebrado y fue significativamente diferente a las marcas 1, 2 y 5 (Cuadro1).

Cuadro 1 Valores medios de los porcentajes de granos enteros y quebrados en seis marcas comerciales de arroz pulido blanco

Clasif.	Marca	Porcentaje de Grano					
		Grande		Mediano		Quebrado	
		Medias	Rangos	Medias	Rangos	Medias	Rangos
1	1	74.94	33.5 d	14.35	3.5 a	10.38	3.5 a
2	2	25.71	3.5 a	57.98	33.5 c	16.04	14.67 abc
2	3	41.81	11.67 ab	26.68	11.33 ab	31.09	32.5 d
1	4	43.62	15.0 abc	33.73	25.5 bc	22.26	23.17 bcd
1	5	53.13	27.5 cd	32.59	23.17 bc	13.89	10.67 ab
1	6	46.02	19.83 bcd	28.32	14 ab	25.36	26.5 cd
K-W $\approx X^2$ ($P \leq 0.01$)		31.98		32.02		31.5	

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes, (Kruskal Wallis).

El tamaño de los granos fue de 9.98 a 12.4 mm² y largo de 5.48 a 6.53 mm. Estas dos variables presentaron una estrecha asociación lineal positiva ($R^2=0.98$, $P=0.01$) (Figura 1). La relación entre el número de granos y el tiempo de procesamiento y análisis de la imagen mostró una asociación lineal débil ($r=0.56$ $P=0.01$).

El largo del grano promedio de granos grandes enteros fue de 6.84 mm y para granos medianos de 6.18 mm, el largo medio del total de granos fue de 5.57 mm valor que es similar a los reportados por Courtois *et al.* (2010) de 5.34 y 5.98 mm en muestras de granos enteros y quebrados, La longitud de los granos obtenidos en este trabajo son más altos a los encontrados por Shimizu *et al.* (2008) en tres variedades de arroz de raza japónica fue de 4.84 y 5.22 mm, lo anterior debido a que las muestras aquí analizadas son de la raza indica. Así mismos son inferiores a 7.49 a 9.81 mm obtenidos por Golam *et al.* (1998) en un estudio de ocho variedades de arroz en Bangladesh. En las marcas 3 y 4 se obtuvieron los valores más bajos de longitud de grano grande con 5.7 y 5.86 mm respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 2 Valores medios de la longitud en granos enteros y quebrados en seis marcas comerciales de arroz pulido blanco

Clasif.	Marca	Largo de Grano					
		Grande		Mediano		Quebrado	
		Medias	Rangos	Medias	Rangos	Medias	Rangos
1	1	6.97	32.8 d	5.96	3.8 a	3.58	13.3 a
2	2	6.77	11.3 ab	6.45	33.5 c	4.27	33.5 b
2	3	6.93	28.2 cd	6.23	23.7 bc	3.63	17.5 a
1	4	6.79	12.83 abc	6.2	21.2 bc	3.57	14.83 a
1	5	6.71	4.8 a	6.08	9.5 ab	3.48	16.0 a
1	6	6.87	21.0 bcd	6.19	19.3 abc	3.6	15.83 a
K-W \approx X ² (P \leq 0.01)		31.1		30.3		15.1	

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes, (Kruskal Wallis).

En cuanto el ancho hubo diferencias altamente significativas (P \leq 0.01) entre marcas para las tres clasificaciones de grano. La clasificación de calidad extra (2 y 3) presento los valores de ancho de grano más altos en los tres tamaños de grano (Cuadro 3). Los valores medios del ancho de grano son menores a los reportados por Shimizu *et al.* (2008) de 2.71 a 2.89 mm, pero dentro del rango de los obtenidos por Van Dalen (2005) 1.4 a 3.3 mm para muestras de granos completos y coincide con la disminución del ancho en granos quebrados. También son inferiores a los indicados por Armstrong *et al.*, (2005) de 2.76 a 3.19 mm en seis variedades de arroz en Australia.

Cuadro 3 Valores medios del ancho en granos enteros y quebrados en seis marcas comerciales de arroz pulido blanco

Clasif.	Marca	Ancho de Grano					
		Grande		Mediano		Quebrado	
		Medias	Rangos	Medias	Rangos	Medias	Rangos
1	1	2.3	8.6 a	2.4	8.8 a	2.2	9.9 a
2	2	2.4	33.5 c	2.5	33.5 b	2.4	33.5 c
2	3	2.3	24.4 bc	2.4	24.6 b	2.2	19.8 abc
1	4	2.3	13.8 ab	2.4	19.0 ab	2.2	11.5 ab
1	5	2.3	8.8 ab	2.4	6.3 a	2.1	10.1 a
1	6	2.3	21.8 abc	2.4	18.9 ab	2.3	26.2 bc
K-W \approx X ² (P \leq 0.01)		26.2		27.4		25.9	

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes, (Kruskal Wallis).

El tamaño presentó diferencias altamente significativas entre las marcas de arroz ($P \leq 0.01$) y destacan por mayor tamaño las marcas 2 y 3 en las tres clasificaciones de grano (Cuadro 4) y coincide con el ancho de grano que también fue mayor en las mismas marcas. Lo anterior se explica a través de la relación tamaño del grano con el ancho para cada una de las tres clasificaciones (Figura 2). Los valores medios del tamaño de grano para granos grandes y medianos de 11.07 a 12.79 mm² son superiores a los indicados por Courtois *et al.* (2010) de 9.31 a 10.3 mm² y están dentro de los niveles señalados para granos enteros por Van Dalen (2005) de 7.8 a 17.6 mm².

La circularidad fue mayor en los granos quebrados y menor en los granos enteros, hubo diferencias altamente significativas entre únicamente entre estas dos clasificaciones, la mayor circularidad de los granos quebrados es debido al menor perímetro que éstas presentan y esta situación fue la que favoreció la discriminación entre granos enteros, medianos y quebrados.

Cuadro 4 Valores medios del tamaño de granos enteros y quebrados en seis marcas comerciales de arroz pulido blanco

Clasif.	Marca	Tamaño de Grano					
		Grande		Mediano		Quebrado	
		Medias	Rangos	Medias	Rangos	Medias	Rangos
1	1	12.52	18.67 abc	11.07	4.83 a	6.18	10.67 a
2	2	12.79	28.83 c	12.63	33.5 c	8.21	33.5 b
2	3	12.7	28.67 c	11.81	24.5 c	6.46	18.5 ab
1	4	12.31	9.5 ab	11.64	21 bc	6.22	13.67 a
1	5	12.04	4.5 a	11.26	8.33 ab	5.99	13.17 a
1	6	12.55	20.83 bc	11.59	18.83 abc	6.5	21.5 ab
K-W \approx X ² (P \leq 0.01)		26.63		30.14		18.77	

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes, (Kruskal Wallis).

Figura 1 Relación entre el largo y el tamaño del grano de arroz pulido blanco

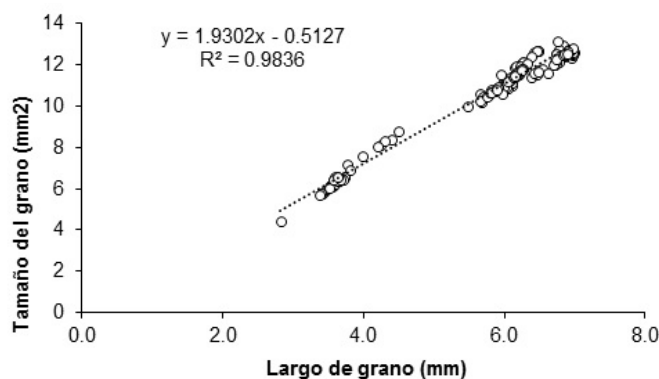
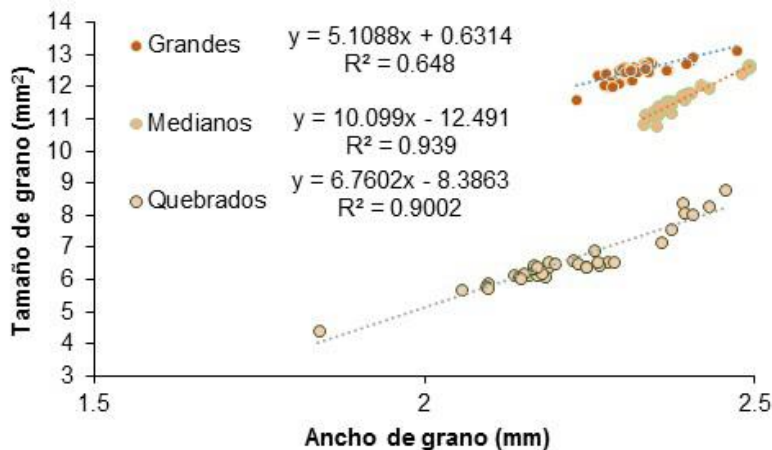


Figura 2 Relación entre el ancho y el tamaño del grano de arroz pulido blanco, separados por tamaños



Conclusiones

Es factible evaluar la calidad física del grano de arroz mediante el procesamiento y análisis de imagen, por lo que esta metodología se puede recomendar para la clasificación de calidad física del grano de arroz por sus características morfológicas y sustituir así la clasificación del grano en forma manual o visual.

Referencias

Armstrong, B.G., Aldred G. P., Armstrong T. A., Blakeney A. B. and Lewin L.G. (2005). Measuring Rice Grain Dimensions with an Image Analyser. In *Cereals 2005: Proceedings of the 55th Australian Cereal Chemistry Conference*, Sydney, Australia July 3 – 7, Editors C. L. Blanchard, H. Truong, H.M. Allen, A. B. Blakeney and L. O'Brien, pp. 326-329.

Carter R. M., Yan Y. and Tomlins K. (2006). Digital imaging based classification and authentication of granular food products. *Measurement Science and Technology*, 17(2): 235–240.

Choudhary R., Paliwal J. and Jayas D. S. (2008). Classification of cereal grains using wavelet, morphological, colour, and textural features of non-touching kernel images. *Biosys. Eng.*, 99:330–337.

Cleva M. S., Sampallo, G. M., Gonzalez Thomas A. O., y Acosta, C. A. (2013). Método para la determinación del volumen de una muestra de granos de arroz mediante el procesamiento digital de imágenes. *Revista de investigaciones agropecuarias (RIA)*, 39(2):185-190.

Courtois F., Faessel M., Bonazzi C. (2010). Assessing breakage and cracks of parboiled rice kernels by image analysis techniques. *Food Control*, 21(4):567-572.

Di Rienzo J. A., Casanoves F., Balzarini M. G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C. W. *InfoStat* versión 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>

Ferreira, T, Rasband W. (2012). *ImageJ User Guide: IJ 1.46 r*. Bethesda, MD: National Institutes of Health. 185 p.

Golam S. A. K M., Ali M. and Karim M., (1998). Correlation of grain characters in rice (*Oriza sativa* L.), *J. Natn. Sci. Coun. Sri Lanka* 26(3): 209-215.

Hobson, D.M., Carter, R.M., Yan, Y. (2007). Characterisation and Identification of Rice Grains Through Digital Image Analysis. *IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conf. Proc.*, p.1-5.

YAN L., PARK C. W., LEE S.R., LEE C. Y. (2011). New separation algorithm for touching grain kernels based on contour segments and ellipse fitting. *Journal of Zhejiang University-SCIENCE C (Computers & Electronics)*, 12(1):54-61.

Majumdar S; Jayas D. S. (2000a). Classification of cereal grains using machine vision. I. Morphology models. Transactions of the ASAE, 43(6):1669–1675.

Majumdar S; Jayas D. S. (2000b). Classification of cereal grains using machine vision. II. Colourmodels. Transactions of the ASAE, 43(6):1677–1680.

Majumdar S; Jayas D. S. (2000c). Classification of cereal grains using machine vision. III. Texture models. Transactions of the ASAE, 43(6):1681–1687.

Majumdar S; Jayas D. S. (2000d). Classification of cereal grains using machine vision. IV. Combined morphology, colour, and texture models. Transactions of the ASAE, 43(6):1689–1694.

Mebatsion H. K., Paliwal J., Jayas D. S. (2012). Automatic classification of non-touching cereal grains in digital images using limited morphological and color features. Computers and Electronics in Agriculture 90:99–105.

Paliwal J., Shashidhar N. S. and Jayas D. S. (1999). Grain kernel identification using kernel signature. Transactions of the ASAE, 42(6):1921–1924.

Paliwal J., Visen N. S., Jayas D. S. and White N. D. G. (2003). Comparison of a neural network and a non-parametric classifier for grain kernel identification. Biosystems Engineering, 85(4):405–413.

Paliwal J., Borhan M. S. and Jayas, D. S. (2004). Classification of cereal grains using a flatbed scanner. Can. Biosyst. Eng., 46:3.1-3.5.

Maloney P. V., Petersen S., Navarro R. A., Marshall D., McKendry A. L., Costa J. M., and Murphy J. P. (2014). Digital Image Analysis Method for Estimation of Fusarium-Damaged Kernels in Wheat. Crop Sci., 54:2077–2083.

Rasband W. S., (2014). ImageJ, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, <http://imagej.nih.gov/ij/>.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) (2000). NMX-FF-059-SCFI-2000. Productos Alimenticios No Industrializados Para Consumo Humano-Cereales arroz Palay (*Oryza Sativa* L.) - Especificaciones y Métodos De Prueba (Cancela a la NMXFF-059-1994-SCFI). Diario Oficial de la Federación, México, D.F., a 29 de noviembre de 2000, 1-17.

Van Dalen G. (2004). Determination of the size distribution and percentage of broken kernels of rice using flatbed scanning and image analysis. Food Research International, 37(1):51-58.

Van Dalen G. (2006). Characterisation of rice using flatbed scanning and image analysis. Nova Science Publishers. Inc. In: Food Policy, Control and Research. Editor: Arthur P. Riley. Chapter 6, 149-186.

Van Den Berg E., Meesters A, Kenter J, and Shlager W. (2002). Automated separation of touching grains in digital images of thin sections. *Comput Geosci*, 28:179–90.

Van Henten, E. J., Van Tuijl B. A. J., Hemming J., Kornet J. G., Bontsema J. and Van Os. E. A. (2003). Field test of an autonomous cucumber picking robot. *Biosystems Engineering*, 86(3): 305-313.

Wang W. and Paliwal J. (2006). Separation and identification of touching kernels and dockage components in digital images. *Can Biosyst Eng*, 48:7 (7 pp).

Zapotoczny P. (2011). Discrimination of wheat grain varieties using image analysis and neural networks. Part I. Single kernel texture. *Journal of Cereal Science*, 54:60-68.

Zhang, G., Jayas, D. S., White, N. D. G. (2005). Separation of touching grain kernels in an image by ellipse fitting algorithm. *Biosyst. Eng.*, 92(2):135-142.

Determinación de la huella hídrica azul en durazno criollo (*Prunus persica* L. Batsch) del DDR 183 Fresnillo, Zacatecas

RÍOS-FLORES, José Luís*†, RUIZ-TORRES, José ´ y TORRES-MORENO, Marco Antonio ´´

Universidad Autónoma Chapingo - Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas., Bermejillo, 35230. Durango, C.P.

´´Universidad Autónoma Chapingo – Colegio de Posgraduados - Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Campus Montecillo, Texcoco 56230, Estado de México.

Resumen

Mediante el uso de indicadores de productividad y eficiencia se desarrollaron modelos matemáticos que permitieron estimar la Huella hídrica azul del cultivo de durazno del DDR-183, Fresnillo, Zacatecas. Los resultados muestran que en Zacatecas, se cosecharon 817 ha de durazno, mismas que produjeron 3,954.1 t con un valor de \$32.79 millones de pesos, utilizando un total de 8.17 Mm³ en todo el estado, mientras que el DDR183-Fresnillo (compuesto por los municipios Fresnillo y Valparaíso) se emplearon 3.39 Mm³. La determinación de la Huella hídrica azul mostró que por cada kg de durazno se emplearon 2,066 L en Zacatecas, 2,000 L en Fresnillo, y 1,851 L Valparaíso. En Zacatecas se obtuvo un ingreso de \$4.01 m⁻³, \$4.38 m⁻³ en Fresnillo y \$4.83 m⁻³ en Valparaíso. La productividad horaria en Zacatecas fue 97.53 h t⁻¹, en Fresnillo 94.40 h t⁻¹, y en Valparaíso 87.35 h t⁻¹. El trabajador adscrito a la producción de durazno en Zacatecas genero \$69.89 h⁻¹, en Fresnillo genero \$94.40 h⁻¹, y \$109.84 h⁻¹ en Valparaíso. En conclusión, la producción de durazno en Fresnillo resulto altamente eficiente y productiva lo que se tradujo en una menor Huella hídrica, lo que promueve la sustentabilidad del recurso agua en esa región.

Productividad, eficiencia, uso consuntivo, sustentabilidad.

Abstract

Using indicators of productivity and efficiency mathematical models that allow estimating the blue water footprint peach crop of DDR-183, Fresnillo, Zacatecas developed. The results show that in Zacatecas, 817 has peach, same that produced 3954.1 t with a value of \$ 32.79 million pesos, using a total of 8.17 Mm³ statewide harvested while the DDR183-Fresnillo (comprised of municipalities Fresnillo and Valparaiso) were used 3.39 Mm³. Determining the blue water footprint showed that for every 2,066 kg of peaches L were employed in Zacatecas, Fresnillo 2,000 L and 1,851 L Valparaiso. In Zacatecas revenue of \$ 4.01 m⁻³ was obtained, \$ 4.38 m⁻³ in Fresnillo and \$ 4.83 m⁻³ in Valparaiso. Hourly productivity in Zacatecas was 97.53 h t⁻¹, Fresnillo 94.40 h t⁻¹, and Valparaiso 87.35 h t⁻¹. The assigned to the production of peaches in Zacatecas genus \$ 69.89 h⁻¹, Fresnillo genus \$ 94.40 h⁻¹, and \$ 109.84 h⁻¹ in Valparaiso worker. In conclusion, the production of peaches in Fresnillo was highly efficient and productive which resulted in a lower water footprint, promoting the sustainability of water resources in the region.

Productivity, efficiency, consumptive use, sustainability

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: j.rf2005@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

La escasez de agua es uno de los factores limitantes para agricultura (Araus, 2004). A medida que la competencia por el agua se intensifica, el agua en la producción de alimentos debe ser utilizada más eficientemente (Pasquale, Hsiao y Federes, 2007). El concepto de productividad del agua fue establecido por Kijne, *et al.*, (2003) como medida para determinar la capacidad de los sistemas de convertir el agua en alimento. En la agricultura, la eficiencia se logra obteniendo mayores rendimientos económicos empleando menos agua, especialmente en aquellas áreas donde el agua es escasa (Boutraa, 2010).

De acuerdo con (Bravo y Zegbe, 2009), debido a esta problemática, cada vez se hacen más numerosas las demandas de información específica para hacer frente a los siguientes objetivos: 1) Determinar los requerimientos de riego para los cultivos bajo diversas condiciones climáticas 2) Promover bases para lograr el máximo rendimiento ha⁻¹ y rendimiento m⁻³. En este sentido este trabajo busca evaluar los indicadores de eficiencia y productividad del agua como indicadores de la Huella Hídrica azul en durazno criollo del DDR 183-Fresnillo Zacatecas.

Materiales y métodos

Localización del área de estudio. Se seleccionó el distrito de desarrollo rural DDR183, donde predomina el clima templado regular semiseco en un 91.72% en su territorio y templado sub-húmedo con lluvias en verano, y de menor humedad en el 8.28% del terreno. El DDR-183 se ubica a una altura de 2,190 msnm (Domínguez, 2010), mostrando ser una zona con potencial medio-alto para la producción de este cultivo (Medina *et al.*, 2003). La precipitación media anual varía de 300 a 400 mm y una temperatura media de 9.5 °C del mes más frío y 24.5 °C del mes cálido. DDR 183-Fresnillo ocupa el 14% de la superficie establecida de durazno a nivel estatal.

Indicadores de eficiencia y productividad. Los índices empleados para el análisis de la eficiencia física y económica del uso del agua, fueron la eficiencia del uso del agua expresada en kg m⁻³ (Y₁ y Y₂), y la productividad bruta m⁻³, o la eficiencia económica (Y₃-Y₇).

$$Y_1 = \frac{V}{RF} = \frac{10000 \text{ LR}}{RF} = \text{L kg}^{-1}$$
$$Y_2 = \frac{1}{Y_1} = \frac{RF}{V} = 0.0001 \frac{RF}{\text{LR}} = \text{kg m}^{-3}$$
$$Y_3 = \frac{V}{RM} = \frac{10000 \text{ LR}}{RM} = \frac{10000 \text{ LR}}{RF (\text{Pr})} = \text{L } \$^{-1}$$
$$Y_4 = \frac{1}{Y_3} = \frac{RM}{V} = \frac{0.0001 \text{ RM}}{\text{LR}} = \frac{0.0001 \text{ RF} (\text{Pr})}{\text{LR}} = \$ \text{m}^{-3}$$
$$Y_5 = \frac{U}{V} = \frac{I - C}{10000 \text{ LR}} = \frac{0.0001 (\text{RF} (\text{Pr}) - C)}{\text{LR}} = \text{Utilidad m}^{-3}$$
$$Y_6 = \frac{1}{Y_5} = \frac{V}{U} = \frac{10000 \text{ LR}}{U} = \frac{\text{Litros}}{\$1 \text{ Utilidad}}$$
$$Y_7 = \frac{Cr}{LR} = \frac{\$}{\text{m}^3}$$

Utilizamos los costos de producción del durazno para calcular varios índices económicos y, de estos hacer un análisis económico. La utilidad (U) se obtuvo como la diferencia entre ingresos y costos que representan las utilidades para el productor. Como indicadores microeconómicos utilizamos el precio del metro cúbico de agua (Y_8).

$$Y_8 = \frac{U/m^3}{\text{Precio del agua}/m^3}$$

También como un indicador de la importancia social del agua, el número de empleos agrícolas (Y_9). Esta eficiencia social del agua, es propuesta por algunos autores como la relación que existe entre el empleo y el agua consumida, utilizados en la evaluación de la eficiencia del agua en árboles frutales (Hussain *et al.*, 2007).

$$Y_9 = \frac{E * 10^{-1}}{n \sum_{j=1}^n V_j} = \frac{\text{Empleos}}{\text{hectómetro}}$$

Además variables de eficiencia social se evaluaron las siguientes:

$$Y_{10} = \frac{J * 8}{RF} = \frac{h}{kg}$$

$$Y_{11} = \frac{S * U}{\text{Empleos anuales}} = \frac{\text{Ganancia}}{\text{Trabajador}}$$

$$Y_{12} = \frac{U}{j * 8} = \frac{\text{Ganancia}}{h}$$

$$Y_{13} = \frac{\text{Costos } ha^{-1}}{\text{Precios } t^{-1}} = t ha^{-1}$$

$$Y_{14} = \frac{RF}{Y_{12}}$$

Donde:

LR = Lámina de riego (m) del cultivo

V = Volumen de agua ($m^3 ha^{-1}$) del cultivo = LR*10000

$\sum_{j=1}^n V_j$ = Volumen de agua usado (m^3) por toda la superficie irrigada del cultivo

RF= Rendimiento físico por hectárea ($t ha^{-1}$)

I= RM= Ingreso o rendimiento monetario por hectárea ($\$ ha^{-1}$)

C= Costo / hectárea ($\$ ha^{-1}$)

Cr= Costo del riego ($\$ m^{-3}$)

U = I – C=Utilidad o ganancia bruta ($\$ ha^{-1}$)

Pr = Precio real ($\$ t^{-1}$)

E = Número de empleos generados al año por el cultivo = S*J/288.

S= Superficie cosechada del cultivo (ha)

J= Numero de jornales por hectárea.

288 = Número de jornadas de trabajo al año por trabajador = 6 jornadas de trabajo por semana por 48 semanas al año.

Se utilizó la base de datos de la SIAP-SAGARPA (SIAP, 2012). Los datos son del ciclo agrícola 2012, de producción, rendimiento, superficie sembrada y cosechada del cultivo de durazno en riego. Para este estudio se define como agricultura de riego todas aquellas tierras que tienen acceso a fuentes de agua (normalmente subterránea) adicionales a la precipitación, a la cual Chapagain y Hoekstra, (2004), denominan agua azul. Para construir los costos de producción del cultivo, se emplearon los datos de FIRA (2012). Con base en estos valores, se calculó la rentabilidad del cultivo para el área de influencia del DDR183- Fresnillo, Zacatecas, compuesto por los municipios de Fresnillo y Valparaíso. Las láminas de riego empleadas fueron las indicadas por el Campo Experimental Zacatecas del INIFAP, Campo Experimental Zacatecas con una lámina bruta de 100cm, y una eficiencia en la conducción del 65%.

Resultados

El Cuadro 1 muestra los conceptos que generan el Costo total ha^{-1} , tanto en términos relativos como en términos absolutos, indicando la importancia relativa de cada concepto. Los resultados muestran que los conceptos asociados a las labores culturales del cultivo son mayores en términos cuantitativos en cultivos como el durazno en muchas áreas del mundo y Fresnillo no es la excepción al representar el 59.11%, principalmente aquellos que se refieren a la siembra, fertilización, cosecha y empaque. Estos datos concuerdan con los reportados por (Marini y Sowers, 2000; García y García, 2008). (Cuadro 1).

El agua empleada para el riego de este cultivo es extremadamente importante por ser el principal factor limitante en tanto determina la producción del cultivo. Sin embargo el costo del agua represento solamente el 15.33% del costo total, denotando que el costo es muy bajo ($\$0.40 \text{ m}^{-3}$), comparado con otras áreas productoras de durazno en Murcia, España, donde el costo es de ($\text{€ } 0.21 \text{ m}^{-3}$) (Salvador, *et al.*, 2011). El costo del agua es un índice particularmente importante sobre todo en regiones áridas y semiáridas donde la superficie de cultivos tiende a expandirse. Este índice por lo tanto indica las estrategias de riego a seguir y los cultivos que serían competitivos bajo determinadas circunstancias. Asimismo en el Ebro la cantidad media de agua empleada en el riego de plantaciones de durazno es de $5,865 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, mientras que en este estudio empleando las láminas de riego recomendadas se calcula que en el DDR-183, Fresnillo, Zacatecas se utilizaron $10,000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ es decir; $4,135 \text{ m}^3$ por arriba de la empleada en España.

Cuadro 1 Costos ha⁻¹ del cultivo de durazno en el DDR-183 Fresnillo, Zacatecas

Concepto	Costo Absoluto (\$)	Costo Relativo (%)
Preparación del suelo	\$2,550.0	9.88%
Siembra y fertilización	\$6,358.0	24.63%
Labores de cultivo	\$1,950.0	7.55%
Riego	\$3,956.0	15.33%
Fitosanidad	\$4,110.0	15.92%
Cosecha y Empaque	\$4,400.0	17.05%
Gastos diversos	\$1,500.0	5.81%
Costo financiero	\$989.0	3.83%
Costo total por hectárea	\$25,813.0	100.00%
Precio del m ³ de agua	\$0.40	
Número de jornales	59	

Fuente: Elaboración propia, con base en cifras de FIRA (2012).

El análisis de la eficiencia del agua se observa en el Cuadro 2, mismo que muestra los indicadores productivos, económicos y sociales. El uso eficiente del agua es uno de los índices más ampliamente empleados en una gran variedad de cultivos en España (García *et al.*, 2004; Romero *et al.*, 2006), sin embargo en México existe muy poca información y en algunos cultivos nula información al respecto. En nuestro estudio el municipio de Valparaíso fue el más eficiente con un índice de 0.540 kg m⁻³ (Cuadro 2), este resultado es eficiente en comparación al determinado en el municipio de Fresnillo y Zacatecas, sin embargo no es tan favorable como el determinado por (Goldhamer *et al.*, 2002), en California con un índice de 4.14 kg m⁻³, con (Dichio *et al.*, 2007) en Italia, donde se reporta un índice de 4.69 kg m⁻³, o con (Salvador *et al.*, 2011), quienes determinaron un índice de 4.1 kg m⁻³ en el Ebro en España. Estos indicadores muestran una ventaja comparativa del uso del agua en otras regiones productoras de durazno en el mundo en comparación con la producción de durazno en el DDR-183.

El índice de la Y₅, refleja el beneficio generado por metro cubico de agua. Este índice mostro ser más elevado en el municipio de Valparaíso al generar \$2.25 m⁻³, con respecto a los obtenidos en los municipios de Fresnillo (\$1.80 m⁻³) y Zacatecas (\$1.43 m⁻³). En este sentido algunos trabajos mencionan que la utilidad bruta, en algunas zonas productoras de España fueron de € 0.74 m⁻³ (Salvador *et al.*, 2011), lo que muestra que aun cuando Valparaíso fue eficiente en el uso del m³ en términos económicos, en relación a uno de los principales productores a nivel mundial de durazno es poco eficiente. El cultivar del durazno genera una gran cantidad de empleo, y en todos los municipios analizados fue de 59 jornales ha⁻¹ (Cuadro, 1). En cuanto a la eficiencia social del agua, que es la cantidad de empleos generados por hectómetro de agua, el indicador fue 0.20 en los 3 municipios. Este indicador es alto en relación a otros cultivos como maíz forrajero (0.065) o (0.090) en alfalfa de la Comarca Lagunera (Ríos *et al.*, 2013), y es que la producción de hortalizas y frutales requieren de una gran cantidad de mano de obra para actividades que no se realizan en otros cultivos como en los forrajes.

Cuadro 2 Indicadores de eficiencia y productividad del agua en durazno del DDR-183 Fresnillo, Zacatecas

Tipo de índice:	Variable	Fresnillo	Valparaíso	Zacatecas
Eficiencia física	Y1 = Litros de agua/kg	2,000	1,851	2,066
Productividad física	Y2 = Kg/m ³	0.500	0.540	0.484
Eficiencia económica	Y3 = Litros/ \$1 de ingreso bruto	228	207	249
Productividad económica	Y4 = Ingreso bruto/ m ³	\$4.38	\$4.83	\$4.01
Productividad económica	Y5 = Utilidad bruta / m ³	\$1.80	\$2.25	\$1.43
Eficiencia económica	Y6 = Litros de agua / \$1 de utilidad	555.2	444.4	698.5
Indicador económico	Y7 = Precio del m ³	\$0.40	\$0.40	\$0.40
Indicador económico	Y8 = Ingreso bruto m ³ / Y ₇	11.08	12.21	10.14
Indicador económico-social	Y9 = Empleos hectómetro	0.20	0.20	0.20
Indicador económico-social	Y10 = Horas invertidas/ t	94.40	87.35	97.53
Indicador económico-social	Y11 = Ganancia (\$) / trabajador	\$87.92	\$109.84	\$69.89
Indicador económico-social	Y12 = Ganancia (\$) / hora de trabajo	38.16	47.67	30.33
Indicador económico-social	Y13 = Punto de equilibrio	2.945	2.887	3.113
Indicador económico-social	Y14 = Vulnerabilidad crediticia	1.70	1.87	1.55

Fuente: Elaboración propia, con base en cifras del SIAP (2012) y FIRA (2012).

Finalmente bajo las mismas condiciones de cultivo, así como de mercado la cantidad mínima que se requiere producir para tener una operación viable (punto de equilibrio) fue de 2.945 t ha⁻¹ en Fresnillo, 2.887 t ha⁻¹ en Valparaíso y 3.113 t ha⁻¹ en Zacatecas. Tomando en consideración la producción en cada uno de los tres municipios, se observa que los tres se ubicaron por encima del punto de equilibrio, por lo que resultaron se ampliamente productivos.

Conclusiones

El agua es un recurso primordial en las zonas áridas y semiáridas de México, en tanto que su aporte limita la producción de la agricultura. Sin embargo en este estudio se observó que el precio real del agua represento un porcentaje muy bajo del costo de producción. La determinación de índices de productividad física y monetaria pueden ser empleados como indicadores de eco-eficiencia, rendimiento y presión sobre el medio ambiente. La eficiencia y productividad del agua en el DDR-183 Fresnillo, Zacatecas fue alta tanto en términos productivos como socioeconómicos. En tanto en el DDR-183 se observaron altos ingresos, y mostraron requerimientos de empleos sustanciales en relación a otros cultivos.

Referencias

Araus, J., L. (2004). The problems of sustainable water use in the Mediterranean & research requirements for agriculture. *Annals of Applied Biology*, 144:259–272.

Boutraa, T. (2010). Growth performance & biomass partitioning of the desert shrub *Calotropis Procera* under water stress conditions. *Res. J. Agric. Biol. Sci.*, 6: 20-26.

Bravo, L. AG., y Zegbe D.J. (2009). Tecnología para el Ahorro y el Uso Eficiente del Agua en Durazno. Comité Estatal Sistema Producto Durazno. Estado de Zacatecas. URL: <http://sistemaproductodurazno.info/s/Publicaciones>

Dichio, B., Xiloyannis, C., Sofo, A. & Montanaro G. (2007). Effects of Post-Harvest Regulated Deficit Irrigation on Carbohydrate & Nitrogen Partitioning, Yield Quality & Vegetative Growth of Peach Trees. *Plant & Soil*. 290 (1): 127-137. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-006-9144-x>

Domínguez, A., A. (2010). Fresnillo: Monografía. Tesis. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, División de Ciencias Sociales y Humanidades, Departamento de Sociología, Área de concentración: Sociología Rural. México DF.

Chapagain, A., K. & Hoekstra, A., Y. (2010). The green, blue & grey water footprint of rice from both a production & consumption perspective, Value of Water Research Report Series No.40, UNESCO-IHE, Delft, Netherlands.

FIRA. (2012). Sistema de elaboración de Costos Agropecuarios. URL: www.fira.gob.mx

García, G., J., Romero, P., Botía, P. & García, F. (2004). Cost-Benefit Analysis of Almond Orchard under Regulated Deficit Irrigation (RDI) in SE Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2 (2): 157-165.

García, G., J. & García, B., J. (2008). Eficiencia Económica del Agua de Riego en el Cultivo de Diferentes Grupos Varietales de Melocotón. *Fruticultura Profesional*. 172: 28-139. <http://dx.doi.org/10.4236/ojacct.2013.24014>

Goldhamer, D., A. Salinas, M., C. Crisosto, K., R. Day, M., Soler & Moriana, A. (2002). Effects of Regulated Deficit Irrigation & Partial Root Zone Drying on Late Harvest Peach Tree Performance. *Acta Horticulturae*, 592: 343-350.

Hoekstra, A. Y. & Chapagain, A. K. (2008). *Globalization of water: Sharing the planet's freshwater*. Blackwell Publishing. Oxford, UK.

Hoekstra, A., Y., Chapagain A., K, Aldaya M., M, & Mekonnen M., M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual Setting the Global Standard*. Earthscan Ltd, Dunstan House, 14a St Cross Street, London. ISBN: 978-1-84971-279-8.

Hussain, I., Turrall, H., Molden, D. & Ahmad, M. (2007). Measuring & Enhancing the Value of Agricultural Water in Irrigated River Basins. *Irrigation Science*, 25 (3) 2007: 263-282. <http://dx.doi.org/10.1007/s00271-007-0061-4>

Kijne, J., W, Barker, R., & Molden, D. (2003). Water Productivity in Agriculture: Limits & Opportunity for Improvement. CABI, Cambridge, UK. 11-19 pp.

Marini R. P. & Sowers D. S. (2000). Peach Tree Growth, Yield & Profitability as Influenced by Tree for & Tree Density. HortScience, 35 (5): 837-842. URL

Medina, G., G., Rumayor, R., A, Cabañas, C., B, Luna, F., M, Ruiz, Corral., JA, Gallegos, Vázquez., C, Madero, T., J, Gutiérrez, S., R, Rubio, DS, Bravo, Lozano., AG. (2003). Potencial Productivo de Especies Agrícolas en el Estado de Zacatecas. Libro Técnico No. 2. Centro de Investigación Regional Norte Centro Campo Experimental Zacatecas. Diciembre 2003.

Mekonnen, M., M. (2012). patially & Temporally Explicit Water Footprint Accounting. (2012). Thesis. University of Twente in the Netherl&s. Enschede, the Netherl&s Printed by Wöhrmann Print Service, Zutphen, the Netherl&s ISBN 978-90-365-3221-1.

Pasquale, S., T. C. Hsiao., & E. Fereres. (2007). On the conservative behavior of biomass water productivity. Water productivity: Science & Practice. Irrigation Science 25:189–207.

Pineda, M., L., Echavarría Ch., F, Bustamante, W., FG, Badillo, A., LJ. (2013). Análisis de la Producción Agrícola del DDR189 de la Región Semiárida en Zacatecas, México. Agrociencia, 4 (2): 181-193. URL

Ríos-Flores JL, Torres M., MA, Pedroza S., A, Torres M., M. (2013). Eficiencia del Agua Subterránea para Riego en Maíz Forrajero del Sector Pequeña Propiedad versus Alfalfa en el DR017, Comarca Lagunera. Memoria 2do. Congreso Internacional de Ciencias Básicas y Agronómicas. 21 y 22 de Noviembre del 2013. Chapingo Edo, de México.

Romero, A., P, García, G., J. & Botía, O., P. (2006). Cost-Benefit Analysis of a Regulated Deficit-Irrigated Almond Orchard under Subsurface drip Irrigation Conditions in South-Eastern Spain. Irrigation Science. 24(3):175-184 <http://dx.doi.org/10.1007/s00271-005-0008-6>

Salvador, R., Martínez, C., A, Cavero, J. & Playán, E. (2011). Seasonal on Farm Irrigation Performance in the Ebro Basin (Spain): Crops & Irrigation Systems. Agricultural Water Management. 98 (4): 577 – 587. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2010.10.003>

SIAP. (2012). Sistema de Información Agropecuaria. URL www.siap.gob.mx.

Zegbe, D., JA. Mena, CJ, Rumayor, R., AF, Reveles, T., LR, Medina GG. (2005). Prácticas Culturales para Producir Durazno Criollo en Zacatecas. INIFAP- Centro de Investigación Regional Norte Centro Campo Experimental Zacatecas. Publicación Especial No 15. Diciembre del 2005.

Efecto de spinosad y malation en mezcla con proteína hidrolizada contra larvas y adultos de *Ceraeochrysa valida* (Banks)

HERNÁNDEZ-FUENTES, Luis Martín*† & URIAS-LÓPEZ, Mario Alfonso

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Km. 6, entronque a Santiago Ixcuintla, Carretera Internacional México-Nogales, Santiago Ixcuintla, Nayarit. C.P. 6300.

Resumen

El control químico de las moscas de la fruta del género *Anastrepha* está basado, principalmente, en la aplicación del atrayente alimenticio (proteína hidrolizada) mezclado con malation; en algunas regiones del país se aplica el insecticida GF-120 cuyos ingredientes activos son spinosyn A y spinosyn D. Por el mecanismo de acción de estos productos, su aplicación al ambiente puede tener efectos contra insectos benéficos. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de estos productos sobre larvas y adultos de *Ceraeochrysa valida*, depredador de la escama blanca del mango. En los tratamientos donde se incluyó el malation la sobrevivencia promedio de larvas fue menor a 50%, mientras que en el tratamiento con GF-120 se observó más del 85% de sobrevivencia. La aplicación de malation mezclado con proteína hidrolizada, como se recomienda en la campaña contra moscas de la fruta, tiene un impacto de más del 80% de mortalidad sobre larvas de *C. valida*. El contraste de los tratamientos con malation como factor común, presentó menor porcentaje de sobrevivencia (36.8%) que el resto de tratamientos (72.2%). La captura de adultos de *Ceraeochrysa* (CTD de 0.0283 a 0.9143) con trampas McPhail es significativamente más alta que la captura de *Anastrepha* (MTD de 0.0000 a 0.0429), en algunas trampas se capturaron más de 50 adultos de *Ceraeochrysa*. Con base en los resultados obtenidos en el trapeo, el efecto del malation y GF-120 tanto en adultos como en larvas de *C. valida*, deben reevaluarse las acciones de control químico y trapeo recomendadas actualmente en la campaña contra moscas de la fruta.

Efecto, insecticidas, depredador, Aulacaspis.

Abstract

Chemical control of fruit flies *Anastrepha* is based mainly on the implementation of food attractant (hydrolyzed protein) mixed with malathion; in some regions the GF-120 insecticide whose active ingredients are spinosyn A and spinosyn D. The mechanism of action of these products is applied, its application to the environment may have beneficial effects against insects. The objective of this research was to evaluate the effect of these products on larvae and adults of *Ceraeochrysa valida*, predator white scale of the mango. In the treatments it included malathion average larval survival was less than 50%, while in the GF-120 treatment was observed more than 85% survival. Applying malathion mixed with hydrolyzed protein, as recommended in the campaign against fruit flies, it has an impact of more than 80% mortality on larvae of *C. valida*. The contrast of treatments with malathion as a common factor, showed a lower survival rate (36.8%) than the other treatments (72.2%). Capturing *Ceraeochrysa* adults (CTD of 0.0283 to 0.9143) with McPhail traps is significantly higher than the capture of *Anastrepha* (MTD of 0.0000 to 0.0429), in some traps over 50 *Ceraeochrysa* adults were captured. Based on the results of trapping, the effect of malathion and GF-120 in both adults and larvae of *C. valida* should be reassessed actions currently recommended chemical control and the campaign against fruit fly trapping.

Indeed, insecticides, predator, Aulacaspis.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: hernandez.luismartin@inifap.gob.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

El cultivo del mango en México presenta diversas plagas de importancia económica y cuarentenaria, entre estas se encuentran las moscas de la fruta del género *Anastrepha*, cochinilla rosada del hibisco (*Maconellicoccus hirsutus*) y la escama blanca del mango EBM (*Aulacaspis tubercularis*). La escama blanca del mango se detectó en niveles poblacionales altos causando graves daños en Nayarit en el 2003 al provocar el rechazo del 50% de la fruta destinada al mercado de exportación (Urias *et al.*, 2006), actualmente se encuentra distribuida en la mayoría de las zonas productoras de mango en México.

Las moscas de la fruta integran un grupo importante de insectos plaga en los trópicos y subtropicos de América debido al daño que ocasionan en frutales cultivados (Hernández & Pérez, 1993), por su compleja ecología y sofisticado comportamiento (Aluja, 1994). Para su manejo se implementan campañas nacionales y regionales en zonas con características agroclimáticas similares. En México, estas actividades se llevan a cabo desde 1992 cuando el gobierno federal implementó el programa Nacional Contra Moscas de la Fruta enfocado en el control y erradicación de cuatro especies: *A. ludens*, *A. obliqua*, *A. striata* y *A. serpentina* (Gutiérrez, 2010). Las actividades que se realizan en este programa se sustentan legalmente y se describen en la NOM-023-FITO-1995 y sus apéndices técnicos y la NOM-075-FITO-1997. El programa pretende manejar las poblaciones de MF mediante la integración de acciones de monitoreo, control químico, físico, biológico, autocida y con restricciones a la movilización de frutos hospedantes; sin embargo, esta integración no ocurre en su totalidad en la mayoría de las regiones del país, en las cuales sólo se implementan el monitoreo, control químico y restricciones a la movilización. El control químico está basado en la aplicación de cebo (proteína hidrolizada) mezclado con malation, principalmente; en algunas regiones del país se aplica el insecticida GF-120¹ cuyos ingredientes activos son spinosyn A y spinosyn D.

El malation, insecticida organofosforado, actúa al inhibir la síntesis de acetilcolinesterasa (IRAC, 2012) por lo tanto no tiene una especificidad contra los insectos plaga pudiendo afectar a insectos polinizadores, depredadores y parasitoides. Algunos estudios para observar el efecto de malation contra insectos benéficos se pueden encontrar en Domínguez *et al.* (2003), Michaud (2003) y Smith & Cave (2006). El spinosad, ingrediente activo derivado de la fermentación de la bacteria *Saccharopolyspora spinosa*, es una mezcla de al menos dos compuestos principales, spinosyn A y spinosyn D, este insecticida actúa por ingestión y contacto causando una excitación del sistema nervioso, se recomienda su uso para el control de un amplio rango de insectos (Duke *et al.* 2010). Por su modo de acción, es posible que las aplicaciones de spinosad para el control de MF tengan efectos colaterales en insectos benéficos. Al respecto, se han realizado diversos estudios (Michaud, 2003; Spencer *et al.*, 2003; Williams *et al.*, 2003; Stark *et al.*, 2004; Thomas & Mangan 2005; Wang *et al.*, 2005;) donde se han reportando, en algunos casos, efectos colaterales adversos.

Con base en lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de las acciones de control químico y monitoreo con el uso de malation, proteína hidrolizada y GF-120 sobre larvas y adultos de *C. valida*, depredador de la escama blanca del mango (EBM).

Materiales y métodos

Las evaluaciones se hicieron en condiciones de laboratorio, simulando una aplicación de campo. La preparación de los tratamientos con malation y proteína hidrolizada y spinosad se realizó de acuerdo con las recomendaciones establecidas en la NOM-023-FITO-1995 y el manual técnico para las operaciones de campo en la campaña contra moscas de la fruta, sección II control químico.

Se utilizaron contenedores de plástico de 3,600 cm³, la tapa se perforó y cubrió con tela de organza para permitir la ventilación del interior. Dentro del contenedor se colocaron larvas y adultos de *C. valida*. Se colocaron cuatro hojas de mango con ninfas de EBM o sin ellas de acuerdo al tratamiento en cada contenedor, para disminuir la deshidratación de estas, el pedicelo se envolvió con algodón humedecido con agua y se cubrió con papel aluminio. Los tratamientos se presentan en los Cuadros 1 y 2.

Cuadro 1 Evaluación de malation, proteína hidrolizada y GF-120 contra larvas de *C. valida*

Tratamientos contra larvas y adultos de <i>C. valida</i>	Condiciones del ensayo en laboratorio.
1	Larvas de segundo instar de <i>C. valida</i> y hojas de mango con ninfas de escama blanca.
2	Larvas de segundo instar de <i>C. valida</i> , hojas de mango con ninfas de escama blanca y malation con proteína hidrolizada.
3	Larvas de segundo instar de <i>C. valida</i> , hojas de mango sin ninfas de escama blanca y malation con proteína hidrolizada.
4	Larvas de segundo instar de <i>C. valida</i> , hojas de mango sin ninfas de escama blanca y con proteína hidrolizada.
5	Larvas de segundo instar de <i>C. valida</i> , hojas de mango con ninfas de escama blanca y proteína hidrolizada.
6	Larvas de segundo instar de <i>C. valida</i> , hojas de mango con ninfas de escama blanca y GF-120.
7	Larvas de segundo instar de <i>C. valida</i> , hojas de mango sin ninfas de escama blanca y GF-120.

Cuadro 2 Evaluación de malation, proteína hidrolizada y GF-120 contra adultos de *C. valida*

Tratamiento	Condición
1) Depredador + GF-120	Adultos de <i>C. valida</i>
2) Depredador + malation con proteína hidrolizada	Adultos de <i>C. valida</i>
3) Depredador + proteína	Adultos de <i>C. valida</i>

Cada tratamiento tuvo cinco repeticiones (cada contenedor considerado una repetición), en cada repetición se colocaron 20 larvas y adultos de *C. valida*. La aplicación de los tratamientos se realizó con una micropipeta (10-100 µL), se colocó una gota de 3 mm de diámetro de la mezcla de tratamientos en cada hoja. Después de la aplicación, se contabilizaron los individuos vivos de *C. valida* por tratamiento cada 24 horas, las observaciones se hicieron durante 72 horas, tiempo durante el cual se observó más de 80% de mortalidad en algunos tratamientos. Se realizó análisis de varianza y comparación de medias de tratamientos con la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$). Se hizo también la prueba de contrastes ortogonales para comparar el efecto de tratamientos con EBM y sin EBM.

Uso de trampas Mc-Phail para la captura de adultos de moscas de la fruta y su efecto de atracción de adultos de *Ceraeochrysa* sp.

Se colocaron 10 trampas en huertos de mango de la variedad Ataulfo bajo manejo integrado de moscas de la fruta con base en la NOM-023-FITO-1995. Se utilizó proteína hidrolizada como atrayente, la revisión y recebado de estas se hizo cada siete días con base en lo indicado por la norma anterior y el manual técnico para las operaciones de campo. La instalación de las trampas inició durante el periodo de amarre de frutos, la última revisión se hizo al finalizar la cosecha en cada huerto. Las observaciones se hicieron en 2013 y 2014. La ubicación geográfica de cada trampa se anota en la cuadro 3. En cada revisión y recebado de las trampas se identificaron aquellos insectos de *Ceraeochrysa* y *Anastrepha* sp., estimando un índice de insectos capturados por trampa por día (CTD y MTD, para *Ceraeochrysa* y *Anastrepha*, respectivamente).

Cuadro 3 Ubicación geográfica de las trampas Mc-Phail

Trampa	Latitud Norte	Longitud Oeste
1	21° 7'29.66"	105°11'19.22"
2	21° 7'29.64"	105° 5'10.81"
3	21° 6'54.29"	105° 8'34.73"
4	21° 6'44.86"	105° 5'35.40"
5	21° 7'26.07"	105°10'10.05"
6	21° 7'33.10"	105°11'28.24"
7	21° 7'21.22"	105°10'12.74"
8	21° 7'24.77"	105°10'16.40"
9	21° 7'44.42"	105° 9'54.42"
10	21° 7'46.46"	105° 9'48.38"

Resultados

Efecto de malation en mezcla con proteína hidrolizada contra larvas de *C. valida* (promedios de tres evaluaciones realizadas).

Después de la aplicación se observaron efectos significativos de los tratamientos (Cuadro 3). A las 24 h, ocurrió una mortalidad de 5 a 50%. Los tratamientos con mayor efecto fueron aquellos donde se utilizó malatión, tratamientos 2 y 3 (ver Cuadro 1), con 71.4% y 46.3% de sobrevivencia. En estos tratamientos se incluyó la escama blanca como alimento de *Ceraeochrysa valida*, y malation mezclado con proteína. Los tratamientos con mayor porcentaje de sobrevivencia fueron aquellos donde no se incluyó malation (tratamientos 1, 4 y 6), el tratamiento donde se aplicó GF-120 (tratamiento 6) se observó con mayor sobrevivencia (Figura 1), solo después del tratamiento control (tratamiento 1, *Ceraeochrysa valida* y EBM), el porcentaje de sobrevivencia fue de 95.6%, 91.9% y 93.3%, respectivamente.

En la segunda evaluación, 48 horas después de la aplicación, los tratamientos con malation (tratamientos 2 y 3, ver Cuadro 1), fueron iguales estadísticamente y presentaron el menor porcentaje de sobrevivencia, 35.8% y 28.6%, respectivamente, los demás tratamientos fueron iguales estadísticamente y presentaron una sobrevivencia mayor al 64%.

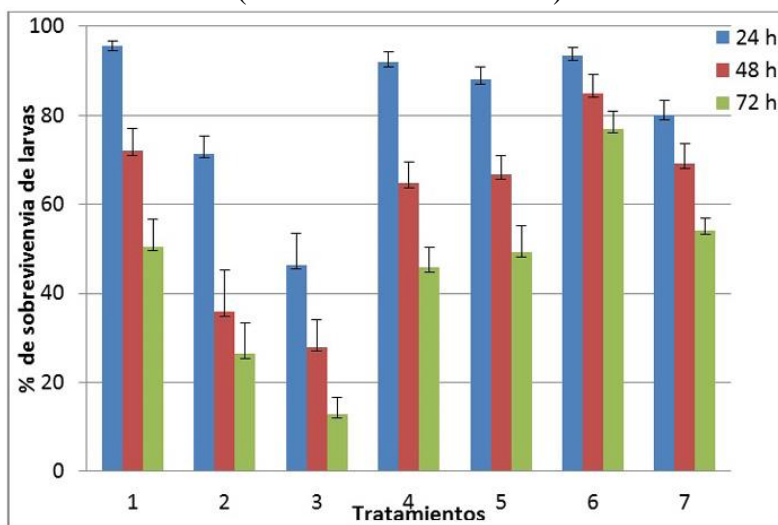
En la última evaluación, 72 horas después de la aplicación, en los tratamientos 2 y 3 con malation se observó más del 70% de mortalidad. En los demás tratamientos la mortalidad fue cercana al 50%; sin embargo, el tratamiento 6 con GF-120 y Escama blanca, la mortalidad fue menor al 25% (Cuadro 3). Lo anterior indica la importancia de la presencia de EBM como alimento para el depredador, la proteína y GF-120 es probable que sirva como alimento complementario. En evaluaciones realizadas por Hernández *et al* (2012), se observó que la aplicación de atrayentes alimenticios como azúcares y proteína atraen y se incrementa el número de depredadores de la EBM.

Cuadro 3 Efecto de malation y GF-120 contra larvas de *C. valida* en condiciones de laboratorio

Tratamientos		Porcentaje de sobrevivencia*		
		24 h	48 h	72 h
1	Depredador+EBM	95.6±1.2a	71.9±5.1a	50.6±6.0b
2	Depredador+EBM+Malation y proteina	71.4±4b	35.8±9.5b	26.4±7.0cd
3	Depredador+malation y proteina	46.3±7.2c	28±6.0b	12.9±3.6d
4	Depredador+proteína	91.9±2.3a	64.7±2.3a	45.8±4.5bc
5	Depredador+EBM+Proteina	88.1±2.9a	66.7±2.9a	49.2±6.0b
6	Depredador+GF120+EBM	93.3±1.8a	85.0±1.8a	76.9±4.1a
7	Depredador+GF120	80.0±3.4ab	69.2±3.4a	54.2±2.7b
P-value		0.0001	0.0001	0.0001

*medias con diferente letra son estadísticamente diferentes. (Tukey, $\alpha \leq 0.05$)

Figura 1 Efecto de malation en mezcla con proteína hidrolizada y GF-120 contra larvas de *C. valida* expuestas en condiciones de laboratorio. Detalles de tratamientos ver cuadro 1. (Barras de error estándar)

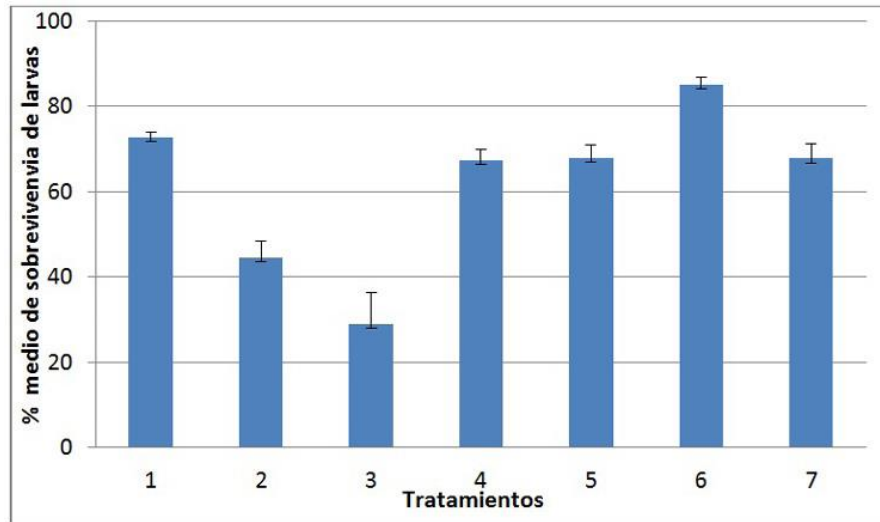


El promedio de sobrevivencia de larvas de *C. valida* fue significativamente diferente en los tratamientos evaluados (Cuadro 4). Los tratamientos donde se incluyó el malation (2 y 3, ver Cuadro 2 de tratamientos) la sobrevivencia promedio fue menor a 50%, siendo iguales estadísticamente. En los demás tratamientos la sobrevivencia fue mayor a 65%, observándose el mayor porcentaje ocurrió en el tratamiento 6 (Depredador + GF-120+EBM), más de 85%, le siguió el tratamiento solo con EBM con 72.7% de sobrevivencia. Es decir, la presencia de EBM y la aplicación de proteína incrementaron la probabilidad de sobrevivencia de *C. valida*. Se observa un efecto de mayor sobrevivencia con la presencia de EBM (Figura 2), esto es razonable pues en condiciones naturales es un alimento importante para el depredador. No obstante, la aplicación de malation mezclado con proteína hidrolizada tal como se recomienda en la campaña contra moscas de la fruta tiene un alto impacto, más del 80% de mortalidad, de las larvas de *C. valida*. Lo anterior, debe ser considerado en la estrategia actual de esta campaña.

Cuadro 4 Porcentaje medio de sobrevivencia de larvas de *C. valida* en condiciones de laboratorio. Efecto de malation y GF-120

Tratamientos	Porcentaje medio de sobrevivencia**
1 Depredador+EBM	72.7±2.1ab
2 Depredador+EBM+Malation y proteína	44.5±6.4c
3 Depredador+malation y proteína	29.1±5.1c
4 Depredador+proteína	67.5±3.2b
5 Depredador+EBM+Proteína	68.0±3.3ab
6 Depredador+GF120+EBM	85.1±3.2a
7 Depredador+GF120	67.8±2.1ab
P-value	0.0001

Figura 2 Efecto de malation en mezcla con proteína hidrolizada y GF-120 contralarvas de *C. valida* expuestas en condiciones de laboratorio. % medio. (Barras de error estándar)



Con base en los resultados obtenidos y la importancia observada con la presencia de EBM y la aplicación de malation y proteína y sus efectos sobre larvas de *C. valida*, se hicieron contrastes ortogonales para comparar estadísticamente la influencia de estos tratamientos y factores comunes entre estos (Cuadro 5), el análisis se hizo con la instrucción contrast en el programa estadístico SAS. Se hizo el contraste con un nivel de significancia $\alpha \leq 0.05$; los resultados se muestran en el Cuadro 5.

El tratamiento 1 (Depredador y EBM) presentó una mayor sobrevivencia (72.7%) que los demás tratamientos (60.3%) ($P\text{-value}=0.0063$); por otro lado, el contraste de los tratamientos con malation como factor común, presentó menor porcentaje de sobrevivencia (36.8%) que el resto de tratamientos (72.2%). Al comparar los tratamientos sin malation y con el factor común de la EBM, se observó que estos presentaron mayor porcentaje de sobrevivencia (75.2) que los tratamientos sin malation y EBM (52.2%), en este contraste se observa claramente la importancia de la presencia de EBM como alimento natural para las larvas de *C. valida*. Lo anterior se comprueba también en el contraste de EBM más GF-120 (85.1% de sobrevivencia) contra el tratamiento con FG-120 sin EBM (67.8% de sobrevivencia). Al comparar el efecto de malation con proteína hidrolizada y EBM contra GF-120 y EBM, en el primero se observó menor porcentaje de sobrevivencia (36.8) que en el segundo (76.4), es decir el malation tiene mayor efecto negativo contra larvas de *C. valida* que el GF-120.

Cuadro 5 Contrastes ortogonales entre tratamientos ($\alpha \leq 0.05$)

Tratamientos	% medio de sobrevivencia	Contraste	% medio de sobrevivencia	p-value
Depredador+EBM	72.7	Resto de tratamientos	60.3	0.0063
(Depredador+EBM+malation y proteína) +(Depredador+malation y proteína)+	36.8	Resto de tratamientos	72.2	<0.0001
(Depredador+EBM)+(Depredador+EBM+Proteína) + (Depredador+GF120+EBM)	75.2	Resto de tratamientos	52.2	<0.0001
Depredador+GF120+EBM	85.1	Depredador+GF120	67.8	0.0037
Depredador+EBM+Proteína	67.5	Depredador+proteína	68.0	0.9354
(Depredador+EBM+malation y proteína)+ Depredador+malation y proteína	36.8	(Depredador+GF120+EBM)+(epredador+GF120)	76.4	<0.0001

Efecto del malation en mezcla con proteína hidrolizada contra adultos de *C. valida*

En el caso de GF-120 contra adultos de *C. valida*, a diferencia del efecto contra larvas, en los adultos sí se observó efecto significativo (Cuadro 6). En este caso no se utilizó EBM como factor entre tratamientos, pues los adultos no se alimentan de esta.

El efecto e importancia de la presencia del alimento natural de *C. valida* es muy notorio, en el tratamiento solo con GF-120 y proteína, se observó más del 80% de sobrevivencia en las primeras 24 horas después de la aplicación, sin ocurrir diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 6). En la segunda evaluación, 48 horas después de la aplicación, ocurrieron diferencias significativas, el tratamiento donde se observó mayor porcentaje de sobrevivencia fue donde se aplicó solo proteína (95%). El tratamiento con menor porcentaje de sobrevivencia fue aquel donde se incluyó malation con proteína (50%). Le siguió el tratamiento con GF-120. En la tercera evaluación, 72 horas después de la aplicación, los tratamientos con GF-120 y malation con proteína, fueron iguales estadísticamente con el menor porcentaje de sobrevivencia (50%). El tratamiento solo con proteína se observó 85% de sobrevivencia. Lo anterior indica la importancia de la proteína o suplementos alimenticios para la alimentación de los adultos de *C. valida*, lo mismo observaron Hernández *et al.*, (2012).

Cuadro 6 Efecto de GF-120 contra adultos de *C. valida* en condiciones de laboratorio

Tratamiento	Condición	Porcentaje de sobrevivencia		
		24 h	48 h	72 h
1	Depredador + GF-120	80	60ab	50a
2	Depredador+ proteína +malation	70	50 ^a	50a
3	Depredador+proteína	100	95b	85b

Medias con distinta letra son estadísticamente diferentes. Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Uso de trampas Mc-Phail para la captura de adultos de moscas de la fruta y su efecto de atracción de adultos de *Ceraeochrysa sp.*

Con base en los resultados obtenidos, el uso de trampas Mc-Phail cebadas con proteína hidrolizada en la campaña contra moscas de la fruta, tiene un impacto en las poblaciones de *Ceraeochrysa sp.*, como se observa en el Cuadro 7, la captura de adultos es constante durante el tiempo en que éstas permanecen en campo, se observó un incremento de las capturas a partir de la cuarta revisión en la primera revisión se capturaron 6 adultos con un CTD de 0.1714 adultos, mientras que en la cuarta revisión se capturaron 19 adultos, un CTD de 0.2714 adultos, la mayor captura de adultos se obtuvo en la décima revisión con 6.4 adultos por trampa y un CTD de 0.9143 adultos. En un estudio que realizaron Pacheco (no publicado) sobre parámetros poblacionales de *C. valida* determinaron una fecundidad de 158 huevos por hembra por día con un promedio de 4.59 huevos por hembra por día y un tiempo generacional de 20.4 días. Respecto a los adultos de moscas de la fruta solo se capturaron en tres fechas, sin embargo el MTD, fue con categoría de baja prevalencia, de acuerdo a la NOM-023-FITO-1995, se observa un efecto importante del atrayente para los adultos de *C. valida* y menos importante para los adultos de *Anastrepha*. Resultados similares se obtuvieron en el segundo año de trampeo, 2014, hay mayores capturas de adultos de *Ceraeochrysa valida*, se observa un CTD que supera en más de 10 veces el MTD de *Anastrepha*, estos resultados deben ser considerados, al igual que el efecto de malation mezclado con proteína y la aplicación de GF-120 sobre los adultos de *C. valida*. Los resultados obtenidos, indican un efecto colateral importante sobre depredadores de escama blanca del mango cuando se realizan las actividades de trampeo y control químico en la campaña contra moscas de la fruta.

Cuadro 7 Captura de adultos de *Ceraeochrysa sp.* en trampas Mc-Phail cebadas con proteína hidrolizada. 2013

Trampa	Número de <i>Ceraeochrysa sp.</i> capturadas en cada revisión. (27 de marzo a 10 de julio de 2013).														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	1	0	6	0	4	4	3	0	8	2	0	0	0	0
2	3	2	0	2	5	0	0	0	6	2	3	**	**	**	**
3	2	0	0	4	7	14	14	2	0	3	4	**	**	**	**
4	1	0	2	1	6	3	3	0	0	3	0	0	1	0	0
5	0	0	0	0	4	3	3	5	0	7	2	**	**	**	**
6	*	5	0	1	3	0	0	1	13	1	3	0	0	0	0
7	*	0	0	0	1	0	0	0	3	4	0	7	0	0	0
8	*	0	0	2	0	0	0	0	1	20	0	0	1	2	1
9	*	0	1	3	2	1	1	2	16	6	3	**	**	**	**
10	*	*	0	0	1	0	0	4	10	10	5	**	**	**	**
Total	6	8	3	19	29	25	25	17	49	64	22	7	2	2	1
Media	1.2	0.9	0.3	1.9	2.9	2.5	2.5	1.7	4.9	6.4	2.2	1.4	0.4	0.4	0.2
CTD	0.1714	0.1270	0.0429	0.2714	0.4143	0.3571	0.3571	0.2429	0.7000	0.9143	0.3143	0.2000	0.0571	0.0571	0.0286

Cuadro 8 Captura de adultos de *Anastrepha sp.* en trampas Mc-Phail cebadas con proteína hidrolizada. 2013

Trampa	Número de <i>Anastrepha sp.</i> capturadas en cada revisión. (27 de marzo a 10 de julio de 2013)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	*	*	*
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	*	*	*
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	*	*	*
6	*	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0
8	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0.3	0
9	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	*	*	*
10	*	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	*	*	*
Total	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0.5	0
Media	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0
MTD	0	0	0	0.0071	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0071	0.0143	0.0000

*Trampa no instalada. **Retiro de trampa. CTD: Numero de *Ceraeochrysa* capturadas por trampa por día. MTD: mosca por trampa por día.

Cuadro 9 Captura de adultos de *Ceraeochrysa sp.* en trampas Mc-Phail cebadas con proteína hidrolizada. 2014

Trampa	Número de <i>Ceraeochrysa sp.</i> capturadas en cada revisión. (04 de abril a 05 de junio de 2014).									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	2	2	1	3	4	2	0	0	7
2	1	0	0	8	3	16	1	1	1	0
3	1	0	1	2	7	15	1	0	0	2
4	0	0	1	1	9	1	0	0	0	4
5	0	0	3	9	6	11	2	0	2	0
6	2	0	0	2	7	8	1	4	1	0
7	0	0	0	0	0	2	0	2	2	3
8	0	0	1	1	1	6	0	1	0	4
9	0	1	0	1	2	4	3	1	3	1
10	1	0	0	2	0	1	3	0	5	2
Total	5	3	8	27	38	68	13	9	14	23
Promedio	0.5	0.3	0.8	2.7	3.8	6.8	1.3	0.9	1.4	2.3
CTD*	0.0714	0.0429	0.1143	0.3857	0.5429	0.9714	0.1857	0.1286	0.2000	0.3286

Tabla 10 Captura de adultos de *Anastrepha sp.* en trampas Mc-Phail cebadas con proteína hidrolizada. 2014

Trampa	Número de adultos de <i>Anastrepha sp.</i> capturados en cada revisión. (04 de abril a 05 de junio de 2014)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	3	0	2	1	1	0	0	0	0	0
Promedio	0.3	0	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0
MTD**	0.0429	0.0000	0.0286	0.0143	0.0143	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

*CTD: Numero de *Ceraeochrysa* capturadas por trampa por día. **MTD: mosca por trampa por día.

Conclusiones

El malation en mezcla con proteína hidrolizada aplicado para el control de moscas de la fruta tiene un efecto altamente significativo sobre la mortalidad de larvas y adultos de *C. valida*. El GF-120 no presentó toxicidad sobre larvas de *C. valida*., pero contra los adultos, sí presentó una mortalidad alta (50%).

Es necesario continuar con los estudios sobre el efecto de malation y GF-120 en condiciones de campo para comparar los resultados obtenidos en laboratorio. Sin embargo, se debe considerar que con base en los resultados obtenidos en el trapeo, efecto de malation y GF-120 tanto para adultos como larvas de *C. valida*, deben reevaluarse las acciones de control químico y trapeo recomendadas actualmente en la campaña contra moscas de la fruta.

Referencias

Aluja, M. (1994). Bionomics and management of *Anastrepha*. Annu. Rev. Entomol, 39: 155–178.

Domínguez, V. M., J. L. Leyva V., D. S. Moreno, F. J. Trujillo A., R Alatorre R. & A. E. Becerril R. (2003). Toxicidad sobre *Apis mellifera* de cebos empleados en el combate de moscas de la fruta. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología, 69, 66-72.

Duke, S. O., C. L. Cantrell, K. M. Meepagala, D. E. Wedge, N. Tabanca & K. Scharader. (2010). Natural Toxins for use in pest management. *Toxins* 2, 1943-1962.

Gutierrez, R. J. M. (2010). El programa moscas de la fruta en México. Pp: 3-10. In: P. Montoya y J. Toledo (eds.): *Moscas de la fruta: fundamentos y procedimientos para su manejo*. Ed. S y G. 395 p.

Hernández, F. L. M., M. A. Urias L., J. I. López A. & J. G. López A. (2012). Uso de atrayentes alimenticios para el incremento de depredadores de escama blanca del mango, *Aulacaspis tubercularis* Newstead (*Hemiptera: Diaspididae*). *Acta Zoológica Mexicana* n. s. 28 (1), 145-160.

Hernández, O. V., & Pérez A. R. (1993). The natural host plants of *Anastrepha* (*Diptera: Tephritidae*) in a tropical rain forest of Mexico. *Fla. Entomol*, 76 (3), 447-460.

IRAC.(2012). Insecticide Resistance Action Committee. Version 7.2. En línea: www.irac-online.org.

Michaud, J. P. 2003. Toxicity of fruit fly baits to beneficial insects in citrus. *Journal of Insect Science*, 3, 8-17.

Norma Oficial Mexicana. NOM-023-FITO-1995, Por la que se Establece la Campaña Nacional Contra Moscas de la Fruta. *Diario Oficial de la Federación*. 11 de febrero de 1999. México, D.F.

Norma Oficial Mexicana. NOM-075-FITO-1997, Por la que se Establecen los Requisitos y Especificaciones Fitosanitarias para la Movilización de Frutos Hospederos de Moscas de la Fruta. *Diario Oficial de la Federación*. 23 de abril de 1998. México, D.F.

Smith, T. R. & R. D. Cave. (2006). Pesticide susceptibility of *Cybocephalus nipponicus* and *Rhyzobius lophanthae* (Coleoptera: *Cybocephalidae*, *Coccinellidae*). *Florida Entomologist*, 89 (4), 502-507.

Spencer, J. P., J. Ibarra & P. A. Rendon. (2003). Effect of spinosad on honey bees (*Hymenoptera: Apidae*) in Guatemala. *Southwestern Entomologist*, 28 (3), 211-216.

Stark, J. D., R. Vargas & N. Miller. 2004. Toxicity of spinosad in protein bait to three economically important tephritid fruit fly species (*Diptera: Tephritidae*) and their parasitoids (*Hymenoptera: Braconidae*). *Journal of Economical Entomology*, 97(3), 911-915.

Thomas, D. B. & R. L. Mangan. (2005). Nontarget impact of spinosad GF-120 bait sprays for control of Mexican fruit fly (*Díptera: Tephritidae*) in Texas citrus. *Journal of Economical Entomology*, 98 (6), 1950-1956.

Urias, L. M. A., J. A. Osuna G. V. Vázquez V. & M. H. Pérez B. (2006). Fluctuación poblacional y distribución de la escama blanca del mango (*Aulacaspis*

tubercularis Newstead) en Nayarit, México. (2009) Revista Chapingo Serie Horticultura, 16(2), 77-82.

Wang, X. G., E. A. Jarjees, B. K. McGraw, A. H. Bokonon-Ganta, R. H. Messing & M. W. Johnson. (2005). Effects of spinosad-based fruit fly bait GF-120 on tephritid fruit fly and aphid parasitoids. *Biological control*, 35,155-162.

Williams, T., J. Valle & E. Viñuela. (2003). Is the naturally derived insecticide spinosad compatible with insect natural enemies? *Biocontrol Science and Technology*, 13 (5), 459-475.

¹ Dow AgroSciences de México. S. A. de C. V.

Entomofauna asociada al Nopal Tunero bajo dos condiciones de manejo en Axapusco, Edo. de México

SALAZAR-TORRES, José Cruz*† & ÁLVAREZ-HERNÁNDEZ, Rogelio

Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Preparatoria Agrícola. Km 38.5 carr. México-Texcoco. CP 56230, Chapingo, Estado de México. Tel. (595) 9521500..

Resumen

Se colectaron ejemplares de Coleoptera (2155), Hymenoptera (689), Lepidoptera (300), Diptera (3165), Hemiptera (3104), Psocoptera (53), Orthoptera (479), Thysanoptera (775), Collembola (4) y de Neuroptera (19). La comparación de medias y el Análisis de Componentes Principales (ACP) indicaron diferencia altamente significativa en el comportamiento de los órdenes; entre mayo y septiembre se colectó la mayor cantidad de individuos. Se muestrearon dos parcelas orgánicas, dos convencionales y dos zonas de amortiguamiento. Las parcelas orgánicas se comportaron de manera parecida; aunque en la uno (PO1) abundaron los Hemípteros y en la dos (PO2) los Dípteros, el resto de órdenes se comportó de manera similar; en la parcela convencional uno (PC1) se distribuyeron de manera similar a las orgánicas, no así la dos (PC2), en la cual Coleoptera, Diptera y Hemiptera fueron más abundantes. Las zonas de amortiguamiento tuvieron comportamiento semejante, aunque en la dos (ZA2) predominaron los Coleópteros, Himenópteros, Hemípteros y Dípteros.

Ordenes de insectos, parcela convencional, parcela orgánica, zona de amortiguamiento.

Abstract

Copies of Coleoptera (2155), Hymenoptera (689), Lepidoptera (300), Diptera (3165), Hemiptera (3104), Psocoptera (53), Orthoptera (479), Thysanoptera (775), Collembola (4) were collected and Neuroptera (19). The comparison of means and Principal Component Analysis (PCA) showed highly significant difference in the behavior of the orders; between May and September as many individuals were collected. Two organic plots, two conventional and two buffer zones were sampled. The organic plots behaved similarly; although in one (PO1) abounded Hemiptera and the two (PO2) Diptera, other orders behaved similarly; plot in the conventional one (PC1) were distributed manner similar to organic, but not the two (PC2), wherein Coleoptera, Diptera and Hemiptera were more abundant. Buffer zones had similar behavior, although the two (ZA2) predominated Coleoptera, Hymenoptera, Hemiptera and Diptera.

Orders of insects, conventional plot, organic plot buffer zone.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: jocusamx@yahoo.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

En México, el nopal ha adquirido gran importancia desde el punto de vista socioeconómico, agroecológico y por el potencial que ofrece en los diversos ámbitos en que se puede aprovechar (Flores, 2002). En nuestro país, las nopaleras cultivadas ocupan más de 210 mil ha., de las que 50,000 se dedican a la producción de tuna e involucran a aproximadamente 20,300 productores (García, 2003). La producción de nopal y tuna orgánica en México son una realidad, pues en varios estados del país se produce bajo manejo orgánico el nopal y la tuna, aunque la superficie es aún muy escasa; por ejemplo, en el estado de México se produce tuna blanca, roja, xoconostle y nopal orgánico (Mejía, 2006).

En relación con la diversidad, Root (1973) menciona que el número de especies y su distribución contribuyen a la complejidad de los sistemas agrícolas sustentables; indica además que la diversidad biológica de las comunidades es la que les da estabilidad, la cual se manifiesta en la respuesta de los artrópodos a la variación vegetal (Andow, 1991). En cambio, Lawton (1983) señala que la diversidad de especies y la abundancia relativa de sus individuos está condicionada a la arquitectura de las plantas, de la que sus componentes principales son: el tamaño, la forma de crecimiento, el follaje, el desarrollo estacional, y la variedad y persistencia de sus partes vegetativas. Estos componentes en forma individual o en conjunto, pueden influir en la diversidad de insectos.

Por su parte, Mexzón y Chinchilla (2001) indican que los arbustos de follaje denso sostienen mayor número de especies de insectos, que las plantas de follaje escaso o con hojas pequeñas; asimismo las plantas altas sostienen más poblaciones de insectos que las pequeñas, si se comparan en un mismo lapso de tiempo. Por otra parte, se sabe que muchos insectos explotan partes muy restringidas de sus hospederos, como el interior del tallo, o el mesófilo de las hojas; en cambio los de abundante floración a lo largo del año sostienen poblaciones aún mayores de insectos. Por lo anterior en este trabajo se planteo como propósito el estudiar la diversidad de la clase insecta en el cultivo del nopal tunero bajo manejo orgánico y convencional.

Materiales y métodos

El trabajo se llevó a cabo en el municipio Axapusco, Edo. de México, cuyo clima es del tipo templado subhúmedo, según García (1973). La colecta del material entomológico se realizó mensualmente, a partir de marzo del 2008 hasta abril del 2009. Esta actividad consistió de un muestreo aleatorio que considera diez golpes de red entomológica con cinco repeticiones en cada espacio de muestreo: 1. Follaje de la vegetación ubicada entre las calles dos huertas de nopal orgánico y convencional, y 2. Follaje de la vegetación de las áreas de amortiguamiento ubicadas entre las huertas de nopal.

Las muestras se manejaron de la siguiente manera: en el campo, el material biológico colectado se depositó en bolsas de plástico de 2 Kg. de capacidad, con alcohol etílico al 50%; dicho material se etiquetó con la siguiente información, lugar, fecha de colecta y sitio de colecta. Posteriormente, ya en el laboratorio, se identificaron y contaron los ejemplares de cada muestra bajo los siguientes pasos:

- a) Deposición. Las muestras provenientes del campo se depositaron en una bandeja de plástico de 32x19x8.5 cm;
- b) Separación. Los insectos se separaron de los desechos vegetales utilizando pinzas entomológicas de disección, pinceles finos y microscopio estereoscópico, con la finalidad de ubicarlos en principio, al nivel de orden;
- c) Preservación. Los ejemplares se colocaron en frascos de vidrio con etanol al 70%;
- d) Determinación taxonómica. Para la identificación de los órdenes, familias y subfamilias se emplearon las claves de Borror *et al.*, (1992);
- e) Cuento. Se contabilizó y registró el número de ejemplares de cada orden, familia y subfamilia presentes en cada unidad de muestreo.

Con los datos obtenidos se realizó un análisis de comparación de medias con un nivel de significancia del 95%, considerando la prueba de Tukey, para los órdenes de insectos colectados durante los doce meses de muestreo; y para evaluar los cambios espaciales en la densidad y diversidad de los grupos de insectos identificados durante el periodo de muestreo, se efectuó un Análisis de Componentes Principales (ACP) (Jongman *et al.*, 1995); estos mismos métodos de análisis se aplicaron para evaluar las dos formas de manejo de las parcelas, la convencional y la orgánica, así como sus respectivas zonas de amortiguamiento.

Resultados

Durante los muestreos se colectaron 10743 ejemplares distribuidos al nivel de orden de la siguiente manera: Coleoptera (2155), Himenoptera (689), Lepidoptera (300), Diptera (3165), Hemiptera (3104), Psocoptera (53), Orthoptera (479), Thysanoptera (775), Collembola (4) y de Neuroptera (19). A los datos se les aplicó el análisis de comparación de medias con un nivel de significancia del 95%, considerando la prueba de Tukey para los órdenes de insectos durante los doce meses de muestreo; dicha comparación indicó diferencia altamente significativa, toda vez que se formaron tres grupos de órdenes; en el primero se ubicó a Collembola, Neuroptera, Psocoptera, Lepidoptera, y Orthoptera, el segundo grupo incluyó a Himenoptera, Thysanoptera y Coleoptera, y el tercer grupo lo constituyeron Hemiptera y Diptera, los cuales concentraron la mayor cantidad de ejemplares durante el año de muestreo (Cuadro 1).

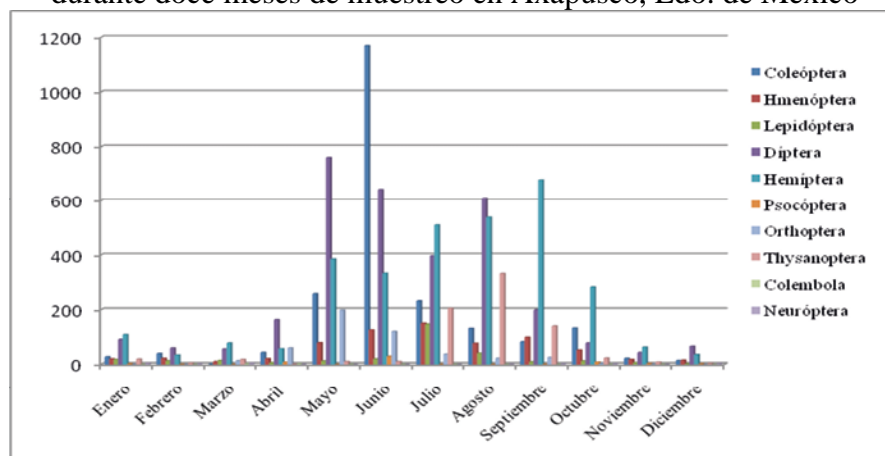
Cuadro 1 Análisis de comparación de medias para órdenes de insectos durante los doce meses de muestreo, en Axapusco, Edo. de México

NS: 95%	Frecuencia	HSD de Tukey	Grupos homogéneos
Collembola	12	0.333	X
Neuroptera	12	1.583	X
Psocoptera	12	4.416	X
Lepidoptera	12	25.000	X
Orthoptera	12	39.916	X
Himenoptera	12	57.416	XX
Thysanoptera	12	64.583	XX
Coleoptera	12	179.583	XX
Hemiptera	12	258.667	X
Diptera	12	363.750	X

En relación con la distribución y abundancia de los insectos durante los meses de colecta, se encontró que entre los meses de mayo a septiembre fue cuando se colectó la mayor cantidad de ejemplares, pero fue en mayo cuando los Dípteros y Hemípteros se presentaron con más abundancia, mientras que en junio fueron Coleópteros y Dípteros los más numerosos; en julio se observa una importante disminución de Coleoptera en tanto que Hemiptera incrementó su presencia de manera importante superando a los Dípteros, mientras que el resto de los órdenes se encuentran con niveles de población bajos; en el mes de agosto Coleoptera sigue disminuyendo su población en tanto que Diptera y Hemiptera se incrementaron aún más; en septiembre todos los órdenes a excepción Hemiptera redujeron su población y de octubre al mes de abril todos los órdenes de insectos redujeron considerablemente su presencia, debido básicamente a que en estos meses son pocas las especies vegetales que se encuentran en el campo, dadas las condiciones ambientales adversas (Figura 1).

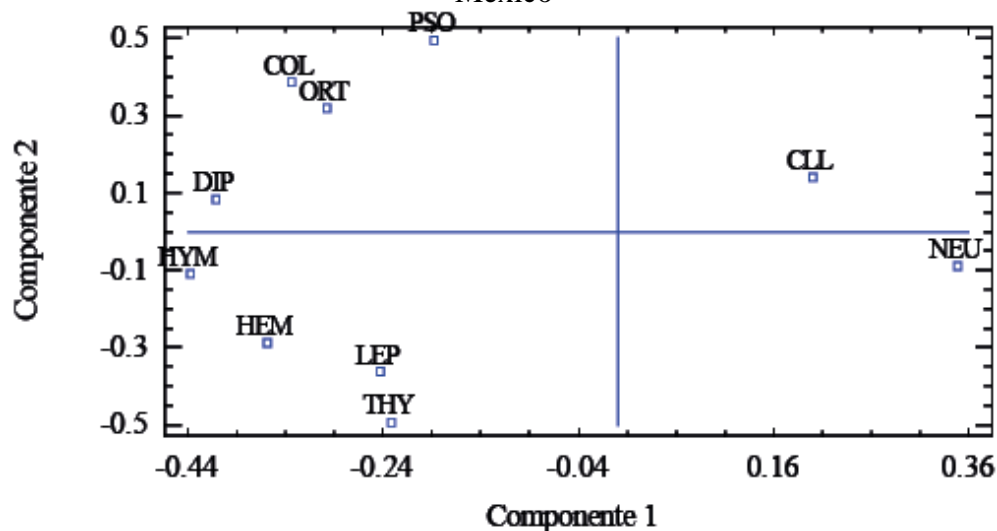
Si el conjunto de datos obtenidos durante el año de muestreo se analiza con la técnica del Análisis de Componentes Principales (ACP), se encuentra que la distribución y abundancia de los órdenes de insectos obedece al mismo comportamiento observado en los análisis anteriores, bajo este método estadístico se coloca en los cuadrantes I y IV a Colémbolos (COLL) y Neurópteros (NEU), respectivamente, es decir los grupos menos abundantes y frecuentes en este trabajo; en el cuadrante II se ubica a los Dípteros (DIP), Coleópteros (COL), Ortópteros (ORT) y Psocópteros.

Figura 1 Distribución y abundancia de los diez órdenes de insectos colectados en dos parcelas orgánicas, dos convencionales y sus respectivas zonas de amortiguamiento, durante doce meses de muestreo en Axapusco, Edo. de México



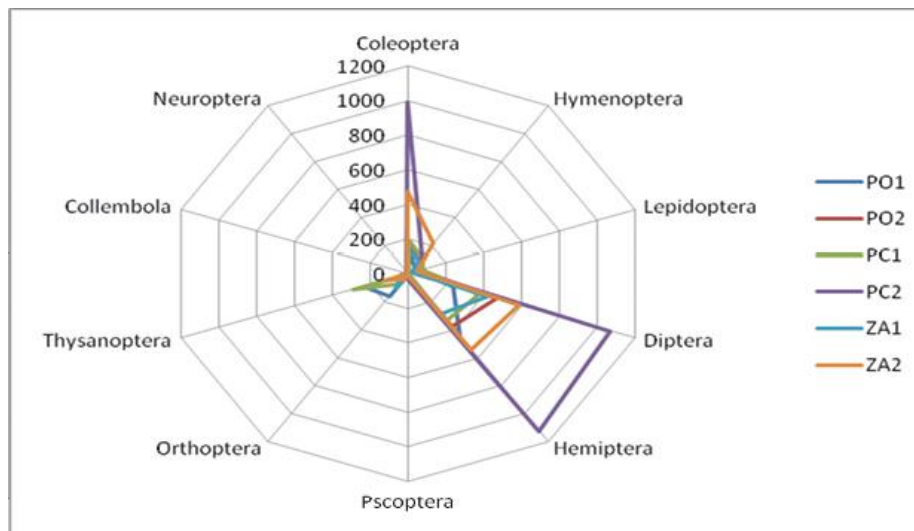
(PSO); éstos últimos fueron menos numerosos, en tanto que los Dípteros fueron los más abundantes, por esta razón se ubican más alejados del origen dentro del cuadrante, en tanto que Coleoptera y Orthoptera quedaron mejor correlacionados. En el cuadrante III quedaron ubicados los órdenes Himenoptera (HYM), Hemiptera (HEM), Lepidoptera (LEP) y Thysanoptera (THY), cabe destacar que aunque Hemiptera fue uno de los grupos más abundantes en el muestreo, esta técnica estadística lo ubica en este cuadrante con valores parecidos a Himenoptera (Figura 2).

Figura 2 Distribución de los órdenes de insectos colectados en dos parcelas orgánicas, dos convencionales y sus zonas de amortiguamiento, de acuerdo con el Análisis de Componentes Principales (ACP), durante doce meses de muestreo en Axapusco, Edo. de México



Una comparación sobre la presencia y distribución de los diferentes órdenes de insectos en las condiciones en que se llevó a cabo el muestreo, dos parcelas orgánicas, y dos convencionales con sus respectivas zonas de amortiguamiento, indica que ambas parcelas orgánicas se comportaron de manera muy parecida, con la excepción de que en la parcela orgánica 1 (PO1) fueron más abundantes los Hemípteros, mientras que en la 2 (PO2) sobresalen ligeramente los Dípteros, el resto de los órdenes se comportó de manera similar. Atención particular merece la presencia de los insectos en las parcelas convencionales; ya que la parcela 1 (PC1) prácticamente tuvo el mismo comportamiento que las orgánicas, no así la parcela 2 (PC2) en la cual se observa como los órdenes Hemiptera, Coleoptera y Diptera fueron los más abundantes, esta situación podría deberse a que en esa parcela predominó el gordolobo (*Gnaphalium luteo-album* L.) que al parecer les resultó muy atractiva, pues en ella se colectó la mayor cantidad de ejemplares de estos ordenes. En relación con las zonas de amortiguamiento 1 y 2, si bien tuvieron comportamiento similar, en la 2 (ZA2) hubo mayor presencia de Hemípteros, Dípteros y Coleópteros; conviene destacar la abundancia relativa de los Himenópteros en esta zona de amortiguamiento, ya que en este grupo se encuentra la mayor cantidad de enemigos naturales; que incluso fue mayor al resto de las áreas de muestreo (Figura 3).

Figura 3 Abundancia y distribución de los diez órdenes de insectos encontrados en el periodo de colecta en dos parcelas orgánicas (PO1 y PO2), dos convencionales (PC1 y PC2) y dos zonas de amortiguamiento (ZA1 y ZA2), en Axapusco, Edo. de México



Conclusiones

Contrario a lo que teóricamente se esperaba, no fueron las parcelas orgánicas las que mayor diversidad y abundancia de insectos presentaron.

La dominancia de algunas especies vegetales en cada condición de muestreo, resultado del tipo de manejo, determinó la diversidad de los órdenes de insectos en este trabajo.

La diversidad de órdenes de insectos encontrada en las zonas de amortiguamiento es de suma importancia, ya que en ellas se encontraron órdenes que pueden impactar positivamente el manejo del nopal tunero.

Referencias

- Andow, D. A. 1991. Vegetational Diversity and Arthropod Population Response. *Ann. Rev. Entomol*, No. 36: 561-586.
- Borror, D. J., Ch. A. Triplehorn, and N. F. Johnson. 1992. An Introduction to the Study of Insects. 6a. ed. Harcourt Brace College Publ. Orlando, Florida, USA. pp. 370-478.
- Flores, V. C. A. 2002. Producción y comercialización de la tuna. Reporte de Investigación 67. CIESTAAM. UACH. Chapingo, México. 86 pp.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 2a. ed. Instituto de Geografía. UNAM. México. D. F. 252 p.

García, H. E. J. 2003. Caracterización de la cadena agroalimentaria del nopal tunero e identificación de sus demandas tecnológicas. Colegio de Postgraduados. Campus San Luis Potosí. Fundación Produce San Luis Potosí. Programa Estratégico de Necesidades de Investigación y Transferencia de Tecnología en el Estado de San Luis Potosí. 253 pp.

Jongman, R. H. G., Ter Braak C. J. F. and Van Tongeren, O. F. R. 1995. Data Analysis in Community and Land Landscape Ecology. Cambridge University Press.

Lawton, J. H. 1983. Plant Architecture and the Diversity of Phytophagous Insects. *Ann. Rev. Entomol.*, (28): 23-39.

Mejía L., F. 2006. Producción de tuna (*Opuntia* spp.) orgánica en el valle de Teotihuacan, Estado de México. 1er. Encuentro Latinoamericano y del Caribe de productoras y productores experimentadores y de investigadores en agricultura orgánica. Memoria de resúmenes. 26-29 de septiembre de 2006. Managua, Nicaragua. pp. 67-68.

Mexzón, R. G. y C. M. Chinchilla. 2001. Especies vegetales atrayentes de la entomofauna benéfica en plantaciones de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) en Costa Rica. pp. 1-15.

Root, B. R. 1973. Organization of a Plant-Arthropod Association in Simple and Diverse Habitats: The Fauna of Collards (*Brassica oleracea*). *Ecological Monographs*, 43 (1): 95-124.

Evaluación de 14 líneas sobresalientes del arroz de grano largo delgado provenientes del FLAR, en la Tierra Blanca, Veracruz

URESTI-D., D.†, ESQUEDA-E., V. A.´, HERNÁNDEZ-A., L.´´, TAVITAS-F., L.´´

´Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo-Centro. Campo Experimental Cotaxtla.

´Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Zacatepec

Resumen

Actualmente existe una problemática en la producción de grano delgado en México, la prioridad prevalece en el grano largo delgado, en el país en los últimos 23 años ha experimentado notables cambios que han afectado significativamente la producción de arroz de grano delgado, por ello en seguimiento al proyecto "Evaluación de materiales genéticos de arroz de grano largo delgado para las regiones productoras de México", cuya meta es efectuar las etapas concluyentes de la evaluación del germoplasma introducido del Fondo Latinoamericano del Arroz de Riego (FLAR) para determinar, bajo la técnica de parámetros de estabilidad, la respuesta de las líneas seleccionadas a diferentes ambientes, así como realizar experimentos colaterales sobre su manejo agronómico, integrar nuevos paquetes tecnológicos con los cultivares sobresalientes, determinar las características físico-químicas del grano, y liberar y registrar las líneas sobresalientes como probables nuevas variedades de grano largo delgado, simétrico y cristalino. En junio del 2013 se estableció el Ensayo Compacto de Rendimientos (ECR-2013) bajo condiciones de temporal en la localidad "Loma del Chivo" del municipio de Tres Valles, Ver., el cual estuvo constituido por 15 líneas sobresalientes seleccionadas en años anteriores en diferentes VIOFLARES en comparación con tres testigos El Silverio (T1), Morelos A08 (grano aromático) (T2) y la variedad local Milagro Filipino (T3), habiendo destacado las líneas 1, 7 y 9 cuyas genealogías son FL04621-2P-1-3P-3P-M y FL07201-6P-5-3P-1P-M, FL08224-3P-2-1P-2P-M respectivamente.

Arroz grano largo delgado, líneas FLAR, rendimiento arroz.

Abstract

There is currently a problem in small grain production in Mexico, the priority prevails in the small Long grain in the country in the last 23 years has undergone major changes which have significantly affected the production of thin rice grain, so in track the project "Evaluation of genetic material thin long grain rice producing regions for Mexico," whose goal is to make the concluding stages of the evaluation of germplasm introduced Latin American Irrigated Rice Fund (FLAR) to determine, under the technical stability parameters, the response of selected lines to different environments and perform experiments on their side agronomic management, integrating new technology packages with outstanding cultivars, determine the physicochemical grain, features and release and record the outstanding lines as probable new varieties of thin, symmetrical and crystal long grain. In June 2013 the Trial Compact Performance (ECR-2013) was established under rainfed conditions in the town "Loma del Chivo" the town of Tres Valles, Ver., Which consisted of 15 outstanding lines selected in previous years VIOFLARES different compared to three witnesses El Silverio (T1), Morelos A08 (aromatic grain) (T2) and the local variety Milagro Filipino (T3), having highlighted lines 1, 7 and 9 whose genealogies are FL04621-2P-1- 3P-3P-M and FL07201-6P-5-3P-1P-M, FL08224-3P-2-1P-2P-M respectively.

Long grain rice thin lines FLAR, rice yield.

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

El arroz (*Oryza sativa* L.) es uno de los mayores cereales producidos a nivel mundial: ocupa el segundo después del trigo por la superficie cosechada y, por su importancia como cultivo alimenticio, proporciona más calorías por hectárea que cualquier otro. (AIA, 2004). Los volúmenes de importación de arroz de grano largo delgado, son del 80% debido a que hace más de 20 años se tenían 25 mil productores y en la actualidad son menos de 3 mil 800 en el país, sin embargo México produce a nivel comercial la variedad Milagro Filipino, siendo los mayores productores los estados de Morelos, Campeche, Veracruz quienes producen alrededor del 60% de la producción nacional, la problemática es la poca diversidad de variedades de arroz para las regiones productoras, pues alrededor del 95% de la superficie sembrada se hace con milagro filipino. Hasta ahora han sido liberadas 31 variedades para la zona tropical y los nuevos materiales que avanza el programa para el trópico permiten albergar buenas expectativas. Sin embargo, se ha observado que la mayor limitación al uso de estos recursos es quizás la ausencia de programas de pre-mejoramiento (Nass, 2001).

El FLAR envía cada año, a países socios, varios juegos de sus viveros (VIOFLARES) que contienen entre 200 y 300 líneas avanzadas. Dichas líneas sobreviven a selecciones rigurosas durante seis generaciones en dos ambientes. Los posibles defectos en algunas líneas podrían incluir caracteres difíciles de evaluar en el FLAR, tales como acame y adaptabilidad a diversas condiciones ecológicas (Jennings, 2007). Las 16 líneas que se evaluaron en este trabajo son provenientes de los VIOFLARES del Taller de Selección de Genotipos en la localidad de Santa Rosa, Colombia, y se evaluaron en diferentes ambientes: Tabasco, Morelos, Michoacán, Nayarit y Veracruz. El objetivo de este trabajo fue evaluar 15 líneas sobresalientes seleccionadas en años anteriores en diferentes VIOFLARES en comparación con tres testigos El Silverio (T_1), Morelos A08 (grano aromático) (T_2) y la variedad local Milagro Filipino (T_3) en Tres Valles, Veracruz. Con los resultados de este trabajo y en conjunto con las demás evaluaciones realizadas en otros ambientes ya mencionados, se pretende liberar y registrar las líneas sobresalientes como probables nuevas variedades de grano largo delgado, simétrico y cristalino. El Objetivo fue establecer y manejar bajo diseño experimental de bloques al azar un grupo de 15 líneas selectas de arroz de riego de grano largo delgado y cristalino seleccionadas de varios viveros introducidos en años recientes del FLAR, para la identificación de posibles nuevos cultivares que por sus características sobresalientes puedan liberarse como nuevas variedades y contar con semilla de alta calidad genética de las mismas.

Materiales y metodos

Los materiales que conformaron el Ensayo Compacto de Rendimientos 2013 se muestran en la tabla siguiente (Tabla 1).

Tabla 1 Relación de materiales de arroz de grano largo delgado que integraron el Ensayo Compacto de Rendimientos, PV-2013

No. Tratamiento	Genealogías
1	FL04621-2P-1-3P-3P-M
2	FL05372-7P-3-2P-2P-M
3*	FL05392-3P-12-2P-2P-M
4	FL06747-4P-10-5P-3P-M
5	FL07562-7P-3-3P-2P-M
6	FL07162-7P-3-3P-3P-M
7	FL07201-6P-5-3P-1P-M
8	FL07201-6P-5-3P-3P-M
9	FL08224-3P-2-1P-2P-M
10	FL08378-3P-5-2P-2P-M
11	FL08417-16P-2-1P-1P-M
12	FL08224-3P-2-1P-3P-M
13	FL10129-12P-4-2P-3P-M
14	FL01164-7P-3-1P-1P-M
15	FL010164-7-3-3P-1P-M
16	El Silverio (T ₁)
17	Morelos A08 (grano aromático (T ₂))
18	Milagro Filipino (T ₃)(testigo local)

*) Este genotipo no llegó en la caja que contenía los materiales.

El experimento se estableció en condiciones de temporal bajo el diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones cuya distribución aleatoria de los genotipos se indica a continuación:

Tabla 2 Distribución de tratamientos (genotipos) y de parcelas del ECR-2013 a través del Diseño Experimental de Bloques al azar con cuatro repeticiones; PV-2013

Repetición I		Repetición II		Repetición III		Repetición IV	
No. de parcela	No. de genotipo	No. de parcela	No. de genotipo	No. de parcela	No. de genotipo	No. de parcela	No. de genotipo
1	15	36	14	37	10	72	13
2	14	35	6	38	18	71	3
3	13	34	15	39	4	70	18
4	10	33	10	40	16	69	10
5	18	32	17	41	5	68	6
6	4	31	3	42	2	67	17
7	11	30	9	43	11	66	16
8	7	29	4	44	9	65	11
9	16	28	1	45	1	64	1
10	3	27	5	46	14	63	2
11	2	26	11	47	6	62	12
12	5	25	16	48	15	61	8
13	9	24	2	49	7	60	9
14	17	23	13	50	13	59	7
15	12	22	12	51	17	58	5
16	8	21	8	52	3	57	15
17	6	20	18	53	12	56	14
18	1	19	7	54	8	55	4

Localización del sitio experimental

El experimento se estableció en un terreno cuyo productor independiente es el Sr. Jesús Ruiz perteneciente a la comunidad de “Loma del Chivo” del municipio de Tres Valles, Ver., el cual se ubica geográficamente entre los 18° 13’ de Latitud Norte y 96° 08’ de Longitud Oeste; el clima es tropical cálido húmedo y subhúmedo con lluvias en verano con una precipitación de 1350 mm anuales; su altitud es de 38 msnm, donde se registra una temperatura media anual de 25°C, con máxima media anual de 31.8oC y mínima anual de 21.8oC.

Establecimiento del experimento

El lote experimental se estableció en un terreno el cual en el ciclo anterior estuvo sembrado con caña de azúcar, mismo que se chapeó para eliminar las malezas; enseguida se barbechó, y una semana antes de la siembra se rastreó y emparejó. Luego se surcó a 30 cm y se trazó el lote mediante el diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones.

Como se muestra en la figura 1 cada unidad experimental constó de cinco surcos de 5 m de largo, y se dejó una separación de un metro entre calles. La siembra se realizó el día 14 de junio de 2013, sembrándose a “chorrillo”. Cabe mencionar que en el experimento se estableció en condiciones de temporal bajo el diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. Lo que dieron lugar a 68 parcelas, cada una con 5 surcos de tratamientos, excluyendo la línea 3 que por error no se incluyó con las demás líneas.

Figura 1 Croquis del terreno donde se estableció el ECR-2013



Fertilización del experimento

La fertilización del experimento se realizó con la dosis 90-60-00, incorporándose al suelo 00-60-00 el día de la siembra (14 de junio) por medio de la aplicación de Superfosfato de calcio triple en dosis equivalentes a 60 kg de P₂O₅ por hectárea y el día 19 de septiembre 90 unidades de nitrógeno (90-00-00) en la etapa de “embuchamiento” de las plantas.

Control de malezas

Las malezas predominantes en el experimento de arroz fueron “coquillo”, “pata de pichichi” (*Echinochloa colona*) y “mafafa”, así como algunos rebrotes de caña de azúcar. El control de la caña y “mafafa” se hizo en forma manual, mientras que el “coquillo” y la “pata de pichichi” se controlaron químicamente en dos ocasiones con la mezcla de Propanil + Pendimetalina + 2,4-D.

Durante la fase media del cultivo se extrajeron a mano algunas plantas de caña y de otras malezas que esporádicamente infestaron el experimento. No se hicieron aplicaciones de agroquímicos porque no se presentaron plagas o enfermedades que afectaran el cultivo, con excepción del genotipo 17 (Morelos A08) cuyos granos de las cuatro repeticiones fueron consumidos y las plantas fueron destrozadas por roedores debido a que fue el primer en alcanzar su madurez fisiológica.

Precipitación pluvial

La lluvia en forma acumulativa que se registró en el lote experimental desde el establecimiento del ECR-2013 el 14 de junio hasta la maduración fisiológica del grano después del 20 de octubre fue de 1,774.9 mm.

Resultados

La cosecha se realizó conforme las plantas de los diferentes genotipos fueron llegando a su madurez fisiológica. El genotipo más precoz fue el número 17 que correspondió a la variedad Morelos A08 (grano aromático) (T₂) cuyo grano maduró en menos de 100 días; le continuaron las líneas 1, 2, 4, 7, 8, 9, 10, 13, 14, y 15, que fueron cosechadas el día 18 de octubre, y el día 21 de octubre se cosecharon las líneas 8, 11, 12, 16, 18, y por el último el día 25 del mismo mes se cosecharon las líneas 5, 6 y 18.

En la siguiente tabla se muestra el rendimiento por parcela y genotipo correspondiente.

Tabla 3 Rendimientos de 17 tratamientos (excluyendo a la línea FL05392-3P-12-2P-2P-M) que integraron el ECR establecido bajo condiciones de temporal en la Comunidad “Loma del Chivo” municipio Tres Valles, correspondiente al área de influencia del Campo Experimental Cotaxtla, Ver., PV-2013

T	Genealogías	Repeticion I		Repeticion II		Repeticion III		Repeticion IV	
		Parcela	Rendimiento t/ha	Parcela	Rendimiento t/ha	Parcela	Rendimiento t/ha	Parcela	Rendimiento t/ha
1	FL04621-2P-1-3P-3P-M	18	5.20	28	3.13	45	2.34	64	2.53
2	FL05372-7P-3-2P-2P-M	11	2.96	24	4.47	42	1.93	63	2.21
3	FL06747-4P-10-5P-3P-M	6	4	29	2.58	39	2.47	55	4.15
4	FL07562-7P-3-3P-2P-M	12	4.24	27	3.78	41	3.33	58	3.86
5	FL07162-7P-3-3P-3P-M	17	4.65	35	3.17	47	3.53	68	2.71
6	FL07201-6P-5-3P-1P-M (Morelos A92)	8	3.61	19	4.89	49	3.34	59	3.39
7	FL07201-6P-5-3P-3P-M	16	3.64	21	2.93	54	2.71	61	3.26

8	FL08224-3P-2-1P-2P-M	13	4.89	30	2.24	44	1.95	60	3.89
9	FL08378-3P-5-2P-2P-M	4	3	33	2.31	37	3.02	69	2.28
10	FL08417-16P-2-1P-1P-M	7	3.51	26	3.79	43	2.21	65	2.19
11	FL08224-3P-2-1P-3P-M	15	4.46	22	3.16	53	3.54	62	3.03
12	FL10129-12P-4-2P-3P-M	3	4.06	23	3.16	50	3.51	72	2.88
13	FL010164-7P-3-1P-1P-M	2	4.05	36	3.48	46	2.20	56	3.47
14	FL010164-7P-3-3P-1P-M	1	3.19	34	1.78	48	3.08	57	2.24
15	El Silverio (T ₁)	9	5.38	25	4.59	40	2.52	66	3.05
16	Morelos A08 (grano aromático) (T ₂)	14	0.57	32	0.54	51	0.55	67	0.41
17	Milagro Filipino (T ₃) Testigo local	5	3.79	20	3.65	38	3.08	70	3.17

Nota: El tratamiento No.3 (FL05392-3P-12-2P-2P-M) fue excluido del análisis estadístico por inexistente y por ello se realizó sólo con los 17 tratamientos (genotipos) restantes que se indican en esta tabla.

Los resultados a través del análisis estadístico se presentan a continuación (SAS, 2007):

Tabla 4 Análisis de varianza

Origen	GL	SC	CM	Valor F	Probabilidad
Repeticiones	3	13.32	4.442	9.66	0.0000
Tratamientos	16	38.10	2.381	5.18	0.0000
Error	48	22.08	0.460		
Sin aditividad	1	1.21	1.209	2.72	0.1056
Residual	47	20.87	0.444		
Total	67	73.51			

CV= 21.67%

Tabla 5 Medias para la variable 3 (rendimiento t/ha.) para cada nivel de la variable 2 (17 tratamientos (genotipos):

Tratamientos (genotipos)	Rendimientos Medias	Tratamientos (genotipos)	Rendimientos Medias
1	3.300	10	2.925
2	2.892	11	3.548
3	3.300	12	3.403
4	3.802	13	3.300
5	3.515	14	2.572
6	3.807	15	3.885
7	3.135	16	0.518
8	3.243	17	3.423
9	2.652	-	-

Pruebas de rangos múltiples

Tabla 6 Prueba de Tukey 5% (estricta)

Medias originales				Medias de rangos			
Media	1 =	3.300	A	Media	15 =	3.885	A
Media	2 =	2.892	A	Media	6 =	3.807	A
Media	3 =	3.300	A	Media	4 =	3.802	A
Media	4 =	3.802	A	Media	11 =	3.548	A
Media	5 =	3.515	A	Media	5 =	3.515	A
Media	6 =	3.807	A	Media	17 =	3.423	A
Media	7 =	3.135	A	Media	12 =	3.403	A
Media	8 =	3.243	A	Media	13 =	3.300	A
Media	9 =	2.652	A	Media	3 =	3.300	A
Media	10 =	2.925	A	Media	1 =	3.300	A
Media	11 =	3.548	A	Media	8 =	3.243	A
Media	12 =	3.403	A	Media	7 =	3.135	A
Media	13 =	3.300	A	Media	10 =	2.925	A
Media	14 =	2.572	A	Media	2 =	2.892	A
Media	15 =	3.885	A	Media	9 =	2.652	A
Media	16 =	0.5175	B	Media	14 =	2.572	A
Media	17 =	3.423	A	Media	16 =	0.5175	B

Tabla 7 Prueba de Duncan 5% (menos estricta):

Medias originales (t/ha)				Medias de rangos (t/ha) Duncan			
Media	1 =	3.300	ABC	Media	15 =	3.885	A
Media	2 =	2.892	ABC	Media	6 =	3.807	AB
Media	3 =	3.300	ABC	Media	4 =	3.802	AB
Media	4 =	3.802	AB	Media	11 =	3.548	ABC
Media	5 =	3.515	ABC	Media	5 =	3.515	ABC
Media	6 =	3.807	AB	Media	17 =	3.423	ABC
Media	7 =	3.135	ABC	Media	12 =	3.403	ABC
Media	8 =	3.243	ABC	Media	13 =	3.300	ABC
Media	9 =	2.652	BC	Media	3 =	3.300	ABC
Media	10 =	2.925	ABC	Media	1 =	3.300	ABC
Media	11 =	3.548	ABC	Media	8 =	3.243	ABC
Media	12 =	3.403	ABC	Media	7 =	3.135	ABC
Media	13 =	3.300	ABC	Media	10 =	2.925	ABC
Media	14 =	2.572	C	Media	2 =	2.892	ABC
Media	15 =	3.885	A	Media	9 =	2.652	BC
Media	16 =	0.5175	D	Media	14 =	2.572	C
Media	17 =	3.423	ABC	Media	16 =	0.5175	D

En la tabla anterior se observa que el tratamiento No. 15 (El Silverio, T₁) reportó el mejor rendimiento 3.885 t/ha; le siguieron los tratamientos números 6 (FL07201-6P-5-3P-1P-M (Morelos A92) con rendimiento medio de 3.807 t/ha, y el tercer lugar lo ocupó la línea 4 (FL07562-7P-3-3P-2P-M) que rindió 3.802 t/ha.

Conclusiones

De acuerdo con Duncan, la mejor de las 15 líneas selectas del FLAR que integraron el ECR-2013 fue la No. 4 (FL07562-7P-3-3P-2P-M) proveniente del VF-2008 la cual rindió 3.802 t/ha, sin embargo fue superada por la variedad El Silverio (T₁) de grano grueso mediano con 10% de “panza blanca” rindió 3.885 t/ha. El tratamiento No. 6 que por error aparecía como FL07201-6P-5-3P-1P-M en realidad se trató de la variedad Morelos A92 de grano largo grueso con 20% de “panza blanca” que por error se incluyó en lugar de FL07201-6P-5-3P-1P-M. Cabe mencionar que la variedad Morelos A08 (grano aromático) (T₂) fue la más precoz en alcanzar la madurez fisiológica pero una plaga de roedores casi acabó con las cuatro parcelas del experimento por lo que solo se cosechó el grano con promedio 0.5174 t/ha, y por lo que se refiere la variedad Milagro Filipino, tratamiento No. 17 y testigo local (T₃) reportó un rendimiento de 3.423 t/ha habiendo ocupado el sexto lugar en rendimiento.

Las líneas que reportaron los mayores rendimientos fueron las 16 (El Silverio), línea 1(FL04621-2P-1-3P-3P-M), 7 (FL07201-6P-5-3P-1P-M) y 9(FL08224-3P-2-1P-2P-M), de las cuales la línea 7 fue la que obtuvo un desarrollo, más precoz que las otras dos. Cabe mencionar que la variedad Morelos A08 (grano a aromático) (T₂) fue la más precoz en alcanzar madurez fisiológica por lo cual una plaga de roedores casi acabaron con las cuatro parcelas del experimento por lo que solo se cosechó el grano con promedio 0.5174 t/ha.

Referencias

Año Internacional del Arroz (AIA), 2004. El arroz es vida. Edición electrónica. Texto completo en <http://www.cinu.org.mx/prensa/especiales/2004>.

Jennings R. P., L. Berrío, E. Corredor, y M. Cruz. 2007. Informe Técnico Anual FLAR 2006-2007, 324 p.

Nass, L. L. and Paterniani, E. 2001. Pre-breeding: A link between genetic resources and maize breeding. *Scientia Agrícola*. 57: 581 – 587.

Evaluación de sustratos orgánicos para la obtención de esquejes de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd)

HUESCA-FLORES, Pablo*†, ROMERO-MORANCHEL, Mario y LEANA-ACEVEDO, José Luis

Programa Educativo de Agrobiotecnología, Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros. Prolongación Reforma, Núm. 168. Barrio de Santiago Mihuacán. Izúcar de Matamoros, Puebla. CP 74420.

Resumen

El objetivo del trabajo radica en el empleo de sustratos orgánicos para la producción de esquejes de nochebuena, para lo cual se realizaron siete tratamientos diferentes donde se emplearon en combinación lombricomposta, composta, bocashi, tepecil, hoja de monte y fibra de coco, con lo cual determinar el efecto de estos, manejándose 20 macetas de 3" para cada tratamiento y distribuidos completamente al azar, de lo cual se determinó que el tratamiento 3 (60% lombricomposta y 40% tepecil), presentó mayor producción de raíces, crecimiento de tallo y brotación de hojas, y el testigo (50% tierra de monte, 10% fibra de coco y 40% tepecil) presenta una menor respuesta en las variables evaluadas. Se empleo la prueba de comparación de medias (Tukey, 0.05) y un análisis de varianza.

Bocashi, Lombricomposta, enraizamiento, flor de nochebuena.

Abstract

The objective of this study lies in the use of organic substrates for the production of cuttings of Christmas Eve, for which seven different treatments which were used in vermicomposting combination, compost, bocashi, tepecil, leaf mountain and coconut fiber were conducted with which determine the effect of these, 20 pots maneándose 3 "for each treatment and distributed completely random, which determined that treatment 3 (60% and 40% vermicompost tepecil) presented higher production of roots, stem growth and sprouting leaves, and the control (50% of forest land, 10% coconut fiber and 40% tepecil) has a lower response variables evaluated. Comparison test (Tukey, 0.05) employment and analysis of variance.

Bocashi, vermicompost, rooting poinsettia

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: moranchel_mr@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

La nochebuena es una planta nativa del área tropical de México, con gran importancia económica en nuestro país, debido a una gran demanda en el mercado nacional que crece año con año, ya que gracias a las mejoras que se le han hecho existen distintas variedades de diferentes colores y tamaños para poder satisfacer cualquier gusto del comprador por más exigente que sea (Fierro, 2006).

La noche buena es una planta que requiere de demasiados cuidados como son las podas, un manejo adecuado de humedad relativa, cantidad de luz necesaria, separación de las macetas. Debido a que se cuenta con variedades que resisten tanto temperaturas altas como bajas se puede cultivar la nochebuena en diferentes partes de la república sin problema alguno, lo que se convierte en una fuente de ingreso para miles de familias, ya que cualquier persona con el interés de producir nochebuena y obtener beneficio económico lo puede lograr (Martínez, 1995).

El trabajo fue realizado en el vivero “El Encanto” ubicado en la Colonia Cabrera, perteneciente al municipio de Atlixco, Puebla, donde se evaluaron diferentes tipos de sustratos orgánicos para la producción de esquejes de nochebuena, realizando combinaciones con cada uno de los sustratos, todo esto con el objetivo de observar, registrar y determinar cuál de los tratamientos tiene un mejor efecto para el enraizamiento de los esquejes.

Dentro del trabajo que se desarrolló se evaluaron las siguientes variables: porcentaje de raíz, crecimiento de tallo y crecimiento de hojas nuevas en los esquejes de nochebuena, con el propósito de producir esquejes de nochebuena de forma orgánica.

Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en la Colonia Cabrera, perteneciente al Municipio de Atlixco, estado de Puebla, En el cual se evaluó la utilización de abonos orgánicos (Composta, Bocashi y Lombricomposta) en combinación con tepecil, que es un sustrato de origen volcánico, mediante diferentes tratamientos para la obtención del esqueje de nochebuena, para lo cual se emplearon 20 macetas de 3”, teniendo un total de 35 unidades experimentales, las cuales se distribuyeron al azar.

Los tratamientos se definieron de la siguiente manera: T1: 60% Composta + 40% Tepecil, T2: 60% Bocashi + 40% Tepecil, T3: 60% Lombricomposta + 40% Tepecil, T4: 30% Bocashi + 30% Composta + 40% Tepecil, T5: 30% Lombricomposta + 30% Composta + 40% Tepecil, T6: 30% Lombricomposta + 30% Bocashi + 40% Tepecil y el Testigo: 50% Hoja de monte + 10% Fibra de coco + 40% Tepecil. Y, para poder determinar la respuesta de los esquejes se evaluaron las variables: mayor porcentaje de raíces (%), crecimiento de tallo (cm) y brotación de hojas nuevas (núm. de hojas). Obtenidos los resultados, se sometieron a un análisis de varianza con una prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$).

Resultados

Variable porcentaje de raíz

Los resultados del análisis de varianza (Tabla 1) mostraron diferencia significativa en los tratamientos de sustratos indicando que el tratamiento 3, es quien presenta el mejor porcentaje en contenido de raíces.

Tabla 1 Análisis de varianza para la variable % de raíz

F.V	G.L	S.C	C.M	F.Cal	F.Tab	
					5%	1%
Tratamientos	6	2369.5	395	17	(2.508)*	(3.667)**
Bloques	4	94.5	24	1	(2.776)*	(4.218)**
Error	24	557.5	23.2			
Total	34	3021.5				

F.C = 100789.5

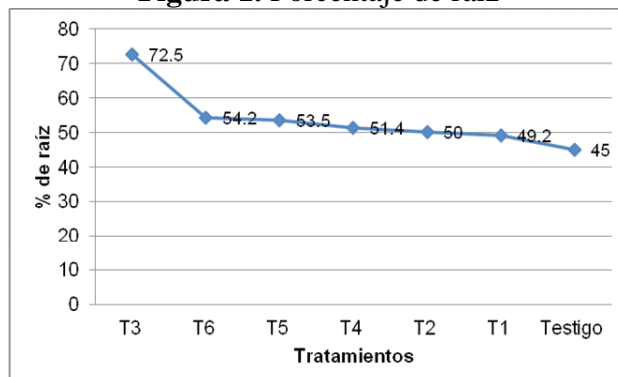
Como se puede observar en la tabla de comparación de medias (Tabla 2), el porcentaje en la formación de raíces fue mejor en el tratamiento 3, ya que se observó mejor desarrollo radicular y de acuerdo a la prueba de medias, este posee 72.5 % de incremento en relación con el testigo que sólo obtuvo un 45%.

Tabla 2 Comparación de medias para % de raíz

Tratamientos	Medias	Rangos
T3	72.5	A
T6	54.2	B
T5	53.5	B
T4	51.4	C
T2	50	C
T1	49.2	C
Testigo	45	D

En la Gráfica 1, se puede observar con mejor claridad el porcentaje en el crecimiento de raíces en nochebuena, siendo en ésta que se ve el tratamiento 3 como el poseedor del mayor porcentaje, seguido por el tratamiento 6 y 4, el de menor porcentaje fue el testigo.

Figura 1. Porcentaje de raíz



Variable crecimiento de tallo

Los resultados del análisis de varianza para los tratamientos de sustratos mostraron diferencia significativa para el tratamiento 3, quien presentó el mejor crecimiento en el tallo, además como se puede observar en la tabla 3 existen diferencias significativas.

Tabla 3 Análisis de varianza de tratamientos para crecimiento de tallo

F.V	G.L	S.C	C.M	F.Cal	F.Tab	
					5%	1%
Tratamientos	6	6.77	1.12	112	(2.508)*	(3.667)**
Bloques	4	0.34	0.08	8	(2.776)*	(4.218)**
Error	24	0.26	0.01			
Total	34	7.37				

F.C = 117

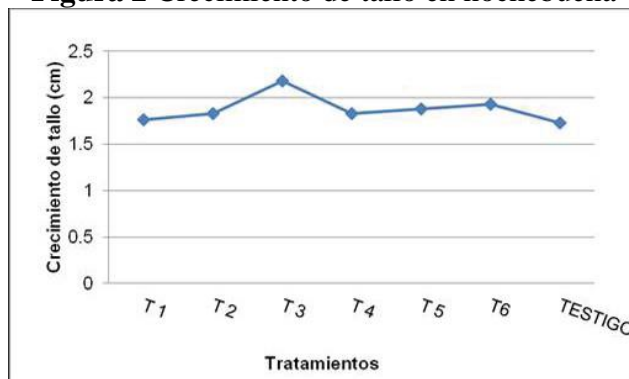
Como se puede observar en la tabla de comparación de medias (Tabla 4), el crecimiento del tallo fue mejor para el tratamiento 3 con 2.18 cm y nuevamente el testigo, el que menor crecimiento presentó con sólo 1.73 cm, no obstante el tratamiento 6 sólo con 0.25 después del tratamiento 3

Tabla 4 Comparación de medias para crecimiento de tallo

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T3	2.18	A
T6	1.93	B
T5	1.88	B
T2	1.83	B
T4	1.83	B
T1	1.76	C
Testigo	1.73	C

En la Gráfica 2, se muestra el crecimiento de tallo que presentan los tratamientos, de los cuales el tratamiento 3 es quien posee el mayor desarrollo con 2.18 cm y el que menor crecimiento el testigo, con tan solo 1.73 cm.

Figura 2 Crecimiento de tallo en nochebuena



Variable brotación de hojas nuevas

Los resultados del análisis de varianza para los tratamientos de sustratos mostraron diferencia significativa para el tratamiento 3, quien presentó el mayor número de hojas brotadas, además como se puede observar en el Tabla 5 existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Tabla 5 Análisis de varianza para brotación de hojas

F.V	G.L	S.C	C.M	F.Cal	F.Tab	
					5%	1%
Tratamientos	6	2.289	0.38	6.33	(2.508)*	(3.667)**
Bloques	4	0.09	0.02	0.33	(2.776)*	(4.218)**
Error	24	1.55	0.06			
Total	34	3.93				

F.C = 253.3

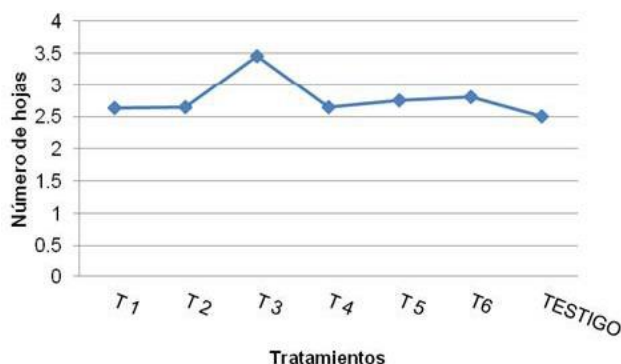
Como se puede observar en la tabla de comparación de medias (Tabla 6), el crecimiento del tallo fue mejor para el tratamiento 3 con 2.18 cm y nuevamente el testigo, el que menor crecimiento presentó con sólo 1.73 cm, no obstante el tratamiento 6 sólo con 0.25 después del tratamiento 3

Tabla 6 Comparación de medias para brotación de hojas

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T3	3.35	A
T6	2.75	B
T5	2.7	B
T4	2.65	B
T2	2.6	C
T1	2.48	C
Testigo	2.4	C

En la Figura 3, se hace clara la formación de hojas nuevas, donde es el tratamiento 3 es quien mayor número de hojas desarrollo y nuevamente el testigo el de menor número de hojas formo.

Figura 3 Número de hojas



Conclusiones

El tratamiento 3 (60% Lombricomposta + 40% Tepecil) fue el mejor tratamiento, debido a que mostró de forma cualitativa y cuantitativamente los mejores resultados en las variables evaluadas.

De acuerdo a análisis realizado a los sustratos orgánicos se determinó que las características químicas y físicas de dichos sustratos, permiten mejor desarrollo de los esquejes de nochebuena, siendo lombricomposta el que mayores beneficios aporta.

Referencias

Aubert, C. (1997). El huerto biológico. (5ta edición.). Barcelona. España. Integral ediciones. 252 pp.

Fierro, Á. (2006). El cultivo de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd) en Xochimilco. (1ª edición). México. D. F. Universidad Autónoma Metropolitana. 231 pp.

L. Compagnoni – G. Putzolu. (2001). Cría moderna de la lombrices y utilización rentable del humus. Barcelona. Editorial De Vecchi. 128 pp.

Lesur, L. (2006). Manual de plagas y enfermedades agrícolas. México, D.F. Trillas. 80 pp.

Martínez, F. 1995. Manual práctico de producción de Nochebuena. Consultora Oasis. Jiutepec, Morelos, México. 87 pp.

Pérez, F. & Martínez, J.B. 1994. Introducción a la Fisiología Vegetal. Ed. Mundi Prensa, Madrid. España. p. 29

Planes, S., & Carrero, J. M. (1995). Plagas del campo. (12a edición.). México. D. F. Mudi – Prensa. 550 pp.

Restrepo, R., J. & Hensel, J. (2009). Manual práctico de agricultura orgánica y panes de piedra. Editorial Feriva S. A. Cali, Colombia. 318 pp.

Fertilización nitrogenada en garbanzo en el norte de Sinaloa

SAUCEDA-ACOSTA, Raúl Hipólito*†, LUGO-GARCÍA, G. Antonio'', RODRÍGUEZ-COTA, Franklin G.', SÁNCHEZ-SOTO, Bardo H.'' y PEINADO-FUENTES, Luis Alberto'

'Campo Experimental Valle del Fuerte-Centro de Investigación Regional del Noroeste- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

''Colegio de Ciencias Agropecuarias-Escuela Superior de agricultura del Valle del Fuerte-Universidad Autónoma de Sinaloa.

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada en las variedades de garbanzo Blanco Sinaloa 92, Costa 2004, Jumbo y Blanoro, la siembra fue en húmedo, en surcos a 80 cm y densidad de siembra de 12 plantas por metro lineal, bajo un diseño experimental con arreglo en franjas, con distribución en bloques al azar con cuatro repeticiones. La parcela fue de seis surcos de cinco metros de largo y la parcela útil de dos surcos centrales. Se realizó un análisis de suelo, las dosis de fertilización nitrogenada (UREA), fueron 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 92, 100, 120 y 140 kg de N ha⁻¹. Se aplicó un riego de auxilio y el combate del gusano del fruto (*Helicoverpa virescens*). Se realizaron lecturas SPAD, Índice de vegetación de diferencia normalizada. En madurez se contabilizó número de plantas por metro lineal, número de ramas y cápsulas por planta, calibre de grano, peso de raíz y el rendimiento de grano (kg ha⁻¹). Las dosis de nitrógeno no presentaron efecto sobre las variables evaluadas. La dosis de 40 kg de N ha⁻¹ presentó mayor número de cápsulas y con 100 kg de N se obtuvo mayor número de ramas. El mayor rendimiento se obtuvo en las dosis de 30, 70 y 140 kg de N. Es posible reducir la dosis de nitrógeno en el cultivo de garbanzo y afectar el rendimiento, lo anterior favorece la rentabilidad del cultivo y reduce la contaminación del medio ambiente.

Cicer arietinum, nutrición, rendimiento.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effect of nitrogen fertilization on chickpea varieties Blanco Sinaloa 92, 2004 Costa, Jumbo and Blanoro, planting was wet in drills 80cm and seeding 12 plants per linear meter under an experimental design stripes arrangement, distributed in randomized blocks with four replications. The plot was six rows of five meters long and useful plot two central rows. a soil test, doses of nitrogen fertilizer (urea) were 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 92, 100, 120 and 140 kg N ha⁻¹ was performed. Irrigation relief and combating fruitworm (*Helicoverpa virescens*) was applied. SPAD readings, index normalized difference vegetation were performed. In mature plants per linear meter, number of branches and capsules per plant, seed size, root weight and grain yield (kg ha⁻¹) was recorded. The nitrogen dose showed no effect on the evaluated variables. The dose of 40 kg N ha⁻¹ showed a higher number of capsules and 100 kg of N greater number of branches is obtained. The highest yield was obtained at doses of 30, 70 and 140 kg N. It is possible to reduce the dose of nitrogen in the chickpea and affect performance, the above favors the profitability of the crop and reduces environmental pollution.

Cicer arietinum, nutrition, performance.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: sauceda_raul@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

México ocupa el tercer lugar mundial en producción de garbanzo (1), con una superficie sembrada en el año 2011 de 98,295 ha, y producción de 131,894 t de grano. El rendimiento promedio de grano seco es de 1.8 t ha⁻¹ bajo riego (2). El rendimiento de grano de garbanzo está fuertemente relacionado con el contenido de N en la planta, al comparar el rendimiento de grano de garbanzo y el N extraído, es evidente que a mayor tasa de absorción se incrementa el rendimiento (Bhattacharya y Ali, 2002).

Los síntomas de deficiencia de nitrógeno en el cultivo de garbanzo rara vez se manifiestan, aunque éstos se pueden presentar en suelos deficientes en N y si no hay fijación biológica de éste y se presenta con clorosis en las hojas más viejas, pigmentación rosácea en tallos y sobre el haz de las hojas más maduras. Lo anterior se puede atribuir al alto contenido de N en el grano y el N presente en el suelo que satisfacen la demanda a nivel de plántula y a que sí en etapas posteriores las condiciones favorecen la fijación biológica de N la necesidad de éste se ve abastecida, lo que en efecto contribuye a disminuir la necesidad de aplicación de este nutrimento (Ahlawat *et al.*, 2007).

El exceso de nitrógeno (N) en garbanzo se manifiesta por un abundante crecimiento vegetativo, alargamiento del ciclo del cultivo, un color verde intenso y puede provocar el aborto de flores y frutos pequeños (Núñez *et al.*, 2004). Además la eficiencia de la bacteria fijadora se reduce con la aplicación de dosis altas de N (Dibut *et al.*, 2005; Ghanem *et al.*, 2012).

Diversos estudios realizados sobre la fertilización en garbanzo como los realizados por McConnell *et al.* (2002) indican que la aplicación de N provocó el incremento de la biomasa aérea y la concentración de N en el tejido de la planta en la etapa de floración de garbanzo (cv. Dwelley), pero no así el rendimiento de grano. Por su parte Salvagiotti *et al.* (2008) sugieren que el efecto inconsistente del nitrógeno sobre rendimiento se debe al efecto de la fijación y que no existe evidencia clara sobre si la fertilización nitrogenada es necesaria para complementar la oferta de fijación biológica de N.

Otros autores afirman que la eficiencia de la bacteria *Rizhobium* se reduce con la aplicación de dosis altas de N (Dibut *et al.*, 2005; Ghanem *et al.*, 2012), en ese sentido Sharma y Khurana (2001) señalan que la eficiencia de las bacterias se reduce cuando se aplican dosis por encima de 75 kg de N ha⁻¹. Por su parte Mefti (2003) alude que el garbanzo puede fijar entre el 55 y 72 % del N total absorbido. En ese mismo sentido Salvagiotti *et al.* (2008) mencionan que existe una estrecha relación negativa entre el N fijado por la soya y el contenido de este elemento nutritivo en el suelo y que la fijación puede ser de hasta del 98%.

En garbanzo la bacteria *Mesorhizobium cicerii* muestra altos índices de colonización, con elevado número, peso y contenido de nitrógeno de los nódulos formados cuando se aplican bajas dosis de nitrógeno (Dibut *et al.*, 2005). Salinas *et al.* (2008) señalan que la cantidad de nitrógeno fijado por el garbanzo fluctúa de 60 a 100 kg ha⁻¹, por lo que la necesidad de fertilización puede ser baja o incluso no ser necesaria. Por su parte Walley *et al.* (2005) sugieren que si no se fertiliza, se realice la inoculación con Rhizobium.

En el norte de Sinaloa cuando el garbanzo se establece en húmedo y la fertilización se realiza en presiembra, porque generalmente no se aplican riegos de auxilio y en forma generalizada se realizan aplicaciones contra gusano de la capsula, dichas aplicaciones van acompañadas de fertilizantes foliares, lo anterior sin justificación técnica, bajo el argumento de asegurar el abastecimiento de nitrógeno, lo anterior puede ocasionar excesos que se traducen, sí no en pérdidas de rendimientos en incremento de los costos de producción y por lo tanto en la rentabilidad del cultivo. Debido a lo anterior se plantea estudiar el efecto del nitrógeno aplicado después de presiembra.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el Campo Experimental Valle del Fuerte, ubicado en Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa. En un suelo arcilloso, sin problemas de sales (cuadro 1).

Se utilizaron las variedades de garbanzo Blanco Sinaloa 92, Costa 2004, Jumbo y Blanoro, la siembra se realizó el 23 de noviembre de 2013 en húmedo, en surcos con separación de 80 cm y una densidad de siembra de 12 plantas por metro lineal, bajo un diseño experimental con arreglo en franjas, con distribución en bloques al azar con cuatro repeticiones. Cada parcela estuvo conformada de seis surcos de cinco metros de largo y la parcela útil por los dos surcos centrales.

Se realizó un análisis de suelo para identificar la condición del terreno. La fertilización se llevó a cabo a base de UREA, la aplicación se realizó en forma manual el 24 de noviembre, las dosis utilizadas fueron 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 92 (Testigo aplicación en presiembra) 100, 120 y 140 kg de N ha⁻¹. Se aplicó un riego de auxilio (08/01/2014) y se realizaron dos aplicaciones para el combate del gusano del fruto (*Helicoverpa virescens*), la primera el 11 de febrero de 2014 con Spinetoram a dosis 75 ml ha⁻¹ de, la segunda el 27 de febrero con novaluron a dosis de 200 ml ha⁻¹. El control de malezas fue mediante escardas mecánicas y en forma manual.

Cuadro 1 Condiciones del suelo de acuerdo a los resultados del análisis físico-químico

Prof.	SAT. %	Ph	CE	M.O.%	N-NO3	PSI	Textura
0-30 cm	85 Muy alta	7.40 Lig. Alcalino	0.49 Bajo	0.83 Med. Bajo	11.0 Muy bajo	2.48 Normal	Arcilla Arena=13% Arcilla=68.3% Limo=10.7%
30-60 cm	77 Muy alta	6.40 Lig. Ácido	1.03 Normal	0.79 Bajo	7.0 Muy bajo	4.62 Normal	

MO=Materia orgánica, SAT=Saturación, CE (dS m-1)=Conductividad eléctrica (deciSiem por metro),
PSI=Porcentaje de sodio intercambiable,

Durante el desarrollo del cultivo se tomaron lecturas SPAD en tres estratos de la planta, del Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI). En madurez fisiológica se contabilizó el número de plantas por metro lineal, número de ramas y de cápsulas por planta, calibre de grano (peso de 30 gramos), peso de raíz y el rendimiento de grano (kg ha^{-1}).

Se realizó un análisis de varianza y en las variables en que se encuentre diferencia estadística se efectuará una prueba de comparación múltiple de medias (Tukey al 0.01 y 0.05) con el uso del software SAS ver 9.1. Además se aplicará un análisis de correlación simple de Pearson entre el peso de la raíz y la dosis de nitrógeno.

Resultados

Las dosis de nitrógeno no presentaron efecto sobre ninguna de las variables evaluadas, lo anterior coincidió con los resultados obtenidos por Dibut *et al.* (2005) quienes señalan que al incrementar las dosis de nitrógeno N (0, 30, 50 y 100 kg N ha^{-1}) no hay efecto en el número de cápsulas, ni en ramas por planta que no encontraron diferencias significativas en el peso de 100 granos, ni en el rendimiento de grano, resultados con la misma respuesta reportan y Aliloo *et al.* (2012). Por su parte López *et al.*, (2004) reportan que la dosis de nitrógeno no afectó el número de ramas por metro cuadrado, ni el número de capsulas rama, ni el peso de 100 granos, pero si el rendimiento.

Estos resultados también coinciden a lo reportado por Walley *et al.* (2005) en un estudio de cuatro dosis de N (0, 15, 30 y 40 kg ha^{-1}) quienes no encontraron diferencias estadísticas en rendimiento. Aliloo *et al.* (2012) señalan que la aplicación de N (UREA) en garbanzo durante las etapas vegetativas y reproductivas no afecta el número de ramas, ni biomasa, ni el rendimiento y mencionan que la aplicación de fertilizantes nitrogenados en garbanzo no es económico y solo incrementa la contaminación del medio ambiente. Más sin embargo, éstos resultados no concuerdan a los señalados por Namvar *et al.* (2011) ya que obtuvieron respuesta positiva en biomasa, numero de ramas, de capsulas, peso de 100 granos y rendimiento de grano.

La dosis de $40 \text{ kg de N ha}^{-1}$ presentó el mayor número de cápsulas y con 100 kg de N se obtuvo el mayor número de ramas (Cuadro 2). El mayor rendimiento se obtuvo en las dosis de 30, 70 y 140 kg de N .

Cuadro 2 Valores medios observados en dosis de nitrógeno en el cultivo de garbanzo, en el norte de Sinaloa. Ciclo otoño-invierno 2013/2014

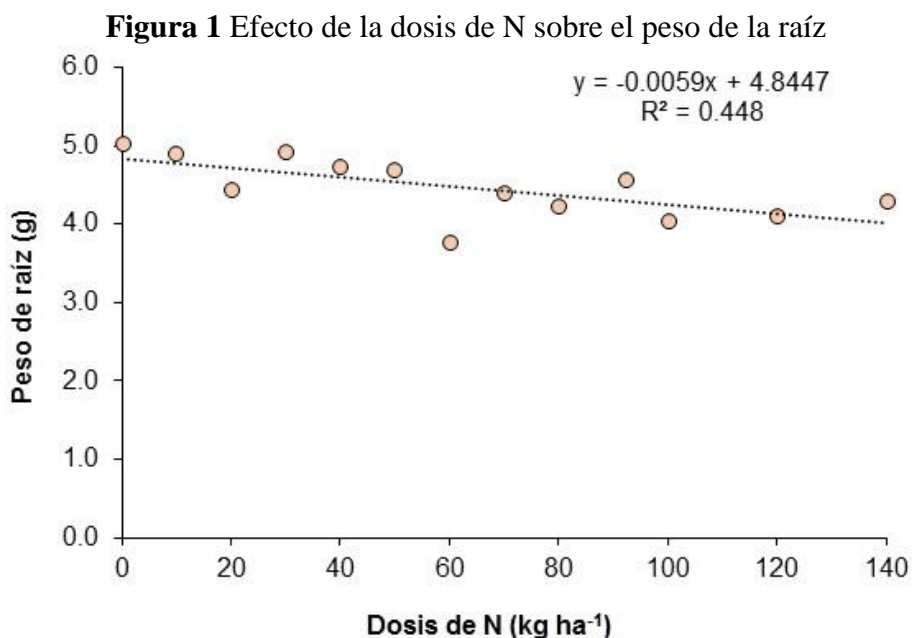
DN	NDVI	SPAD	Altura	Numero			Calibre	Rend.
				Ramas	Capsulas	Caps. VANAS		
0	0.714	39.42	54.67	3.13	54.93	7.93	48.80	2851.4
10	0.711	45.75	55.67	2.93	51.93	7.73	47.60	2745.6
20	0.717	40.92	53.94	3.13	53.63	6.06	48.19	2789.6
30	0.727	45.95	53.31	2.94	55.56	8.38	49.00	3035.9
40	0.719	49.41	55.06	3.13	62.63	9.25	48.69	2806.9
50	0.711	46.62	53.69	3.13	52.06	6.69	48.88	2718.2
60	0.722	50.63	54.06	3.06	58.47	7.88	47.94	2906.8
70	0.724	46.98	54.88	3.25	56.94	8.25	48.06	2969.2
80	0.713	46.17	54.18	3.18	49.88	5.24	47.88	2830.5
92	0.723	47.10	55.65	2.94	49.88	8.47	47.88	2891.1
100	0.723	44.66	55.19	3.25	51.25	7.44	46.06	2795.4
120	0.726	45.76	54.07	3.13	59.13	6.80	48.33	2838.0
140	0.725	44.19	54.44	3.19	52.88	7.44	48.06	2948.3
Media	0.72	45.72	54.52	3.11	54.51	7.50	48.10	2856.8
C.V.	2.99	22.26	7.49	13.58	30.52	46.60	5.24	10.18

El peso medio de la raíz presento una relación lineal negativa con la en dosis de N ($P < 0.05$, $r = 0.67$); es decir el peso de la raíz disminuyó al incremento de la dosis de N (Figura 1). Lo anterior puede explicarse a través del efecto negativo de altas dosis de fertilización nitrogenada sobre la nodulación y la fijación biológica de N en garbanzo (Walley *et al.*, 2005; Ogutcu *et al.*, 2008). Varios factores como el genotipo, la temperatura, el tipo de suelo, humedad del suelo, y el contenido de materia orgánica pueden afectar la respuesta de la fijación biológica de N en garbanzo a la fertilización nitrogenada (Werner y Newton 2005; Caliskan *et al.*, 2008; Salvagiotti *et al.*, 2008).

La variedad Costa 2004 presento la menor altura con 47.7 cm y el menor NDVI (0.697) y fue diferente al resto de genotipos ($P \leq 0.01$, DMS= 6.09 y 0.036 respectivamente). El rendimiento fue significativamente diferente entre genotipos, el cultivar Blanco Sinaloa 92 presentó el menor rendimiento ($2285.13 \text{ kg ha}^{-1}$) y fue diferente a los demás ($P \leq 0.01$, DMS= 413.57), lo anterior pone en manifiesto el avance del mejoramiento genético ya que Costa, Jumbo y Blanoro son materiales de formación más reciente. Lo contrario ocurrió con el calibre de grano donde Blanco Sinaloa destaco con 58.5 ($P \leq 0.01$, DMS=9.5).

Conclusiones

El bajo contenido de N en el suelo y las dosis bajas de nitrógeno sugieren que es posible reducir la dosis de nitrógeno en el cultivo de garbanzo y afectar el rendimiento, lo anterior favorece la rentabilidad del cultivo y reduce la contaminación del medio ambiente.



Referencias

Aliloo A. A., Khorsandy H., Mustafavi S.H., 2012. Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars to nitrogen applications at vegetative and reproductive stages.

Ahlawat, I. P. S., Gangaiah B. and Ashraf Zadid, M. 2007. "Nutrient management in chickpea". In Chickpea breeding and management, Edited by: Yadav, SS, Redden, R, Chen, W and Sharma, B. 213–232 p.

Bhattacharya A. and Ali M., 2002. Physiological traits and seed yield in chickpea under high nitrogen input. *Legume Research* 25, 9–14.

Caliskan S., Ozkaya I., Caliskan M. E., Arslan M. 2008. The effect of nitrogen and iron fertilization on growth, yield and fertilizer use efficiency of soybean in Mediterranean type soil. *Field Crops Research*. 108: 126-132.

Campo Experimental Valle del Fuerte (CEVAF). 2003. Guía para la Asistencia Técnica Agrícola para el Área de Influencia del Campo Agrícola Experimental Valle del Fuerte. INIFAP-CIRNO. Juan José Ríos, Agenda Técnica, Sexta edición. Sinaloa México. 208 p.

Dibut B., Shagarodsky T., Martínez R., Ortega M., Ríos Y y Fey, L., 2005. Biofertilización del garbanzo (*Cicer arietinum* L.) con *Mesorhizobium cicerii* cultivado sobre suelo ferralítico rojo. Cultivos Tropicales, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), La Habana, Cuba 26(1):5-9.

FAOSTAT 2011. Producción mundial de garbanzo. En línea <http://www.faostat.fao.org>. Consultado el 12 de noviembre de 2013.

Ghanem A. R., Boggs L. C., Smith L. J. and Vandemark G. J., 2012. Nitrogen Fixation by US and Middle Eastern Chickpeas with Commercial and Wild Middle Eastern Inocula. Soil Science. 2012:1-5.

Halliday D. J., Trenkel M. E. and Wichmann W., 1992. IFA World Fertilizer Use Manual. Eds. International Fertilizer Industry Association-IFA, París (Francia) 632 p.

Islam M., Mohsan S., Ali S., Khalid R., Hassan F. U., Mahmood A. and Subhani A., 2011. Growth, nitrogen fixation and nutrient uptake by chickpea (*Cicer arietinum*) in response to phosphorus and sulfur application under rainfed conditions in Pakistan. Int. J. Agric. Biol., 13(5): 725–730.

López B. L., López B. R.J., Castillo, J. E., López B. F. J., 2004. Chickpea response to tillage and soil residual nitrogen in a continuous rotation with wheat I. Biomass and seed yield. Field Crops Research 88: 191-200.

McConnell J. T., Miller P. R., Lawrence R. L., Engel R. and Nielsen G. A., (2002) Managing inoculation failure of field pea and chick-pea based on spectral responses. Canadian Journal of Plant Science 82, 273-282.

Mefti, H., 2003. Réponse à l'inoculation de trois souches de rhizobium exotiques évaluées à travers la fixation symbiotique de l'azote et le rendement du pois chiche (*Cicer arietinum* L.). Les Colloques 100, pp. 81–87.

Namvar A., Seyed S. R., Khandan T., 2011. Growth analysis and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in relation to organic and inorganic nitrogen fertilization. EKOLOGIJA. 57(3): 97–108.

Núñez M. J., Herrera G. R. y Zamudio G. B., 2004. Nutrición y fertilización In: El cultivo de garbanzo blanco en Sonora. Libro técnico No. 6. INIFAP, CIRNO, CECH.

Ogutcu H., Algur O. F., Elkoca E., Kantar. 2008. The determination of symbiotic effectiveness of Rhizobium strains isolated from wild chickpea collected from high altitudes in Erzurum. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. Vol. 32: 241-248.

Salinas, P. R. A., Cortez M. E. y Macias C. J., 2008. Guía para Producir Garbanzo en el Norte de Sinaloa. INIFAP-CIRNO. Campo Experimental Valle del Fuerte. Folleto Técnico No. 29. Los Mochis, Sinaloa, México. 44 p.

Salvagiotti F., Cassman K. G., Specht J. E., Walters D. T., Weiss A. and Dobermann A. R., 2008. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. Agronomy -Faculty Publications. Paper 133.

Sharma P. and Khurana A. S., 2001. Effect of dual inoculation with Rhizobium and vesicular arbuscular mycorrhiza in chickpea (*Cicer arietinum*) at varying nitrogen levels. Tropical Agricultural Research and Extension 4(1):52-53.

SIAP 2011. Avance de siembras y cosechas. [En línea]: <http://www.siap.gob.mx> (Consultado el 12 de noviembre de 2013).

Walley F. L., Boahen S. K., Hnatowich G., Stevenson C., 2005. Nitrogen and phosphorus fertility management for Desi and Kabuli chickpea. Canadian Journal of Plant Science. 85, 73-79.

Werner D., Newton W. E., 2005 Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology and environment. Springer; 2005: 347

Filogenia de especies del genero *Trichoderma spp* en los sistemas agroforestales-cacaotales

BRITO-VEGA, Hortensia^{*†}, LÓPEZ-FERRER, Ursula^{''}, MORALES-LÓPEZ, David^{''}, GÓMEZ-MÉNDEZ, Edmundo^{''}, SALAYA-DOMÍNGUEZ, José^{''} y MALDONADO-MENDOZA, Ignacio E^{'''}

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Agropecuarias. Km 25+2 de la carretera Villahermosa-Teapa, R/a La Huasteca 2ª. Sección del municipio del Centro, Tabasco, México. CP. 86000.

'' Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Division Académica de Ciencias Agropecuarias.

''' Unidad Sinaloa-Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional.

Resumen

Debido a la importancia económica que posee el biocontrolador *Trichoderma* y a las múltiples aplicaciones biotecnológicas, resulta fundamental conocer su diversidad. El objetivo de esta investigación fue la identificación molecular de las especies del genero *Trichodermaspp.* de los sistemas agroforestales-cacaotales del estado de Tabasco. Se tomaron cuatro muestras compuestas por municipio de estudio. Los aislamientos se realizaron en medio de cultivo agar papa dextrosa (PDA) por el método de diluciones por triplicado y para la extracción del ADN genómico se utilizó el método de DNAzol; se amplificó por PCR usando los primers ITS1 e ITS4. Las amplificaciones fueron secuenciadas con ITS1 parcial 5.8S ribosomal y finalmente se realizó la construcción del árbol filogenético logrando la identificación molecular de cinco cepas de *Trichoderma ssp.*, las cuales fueron etiquetadas como 17T Comalcalco, 18T Comalcalco, 20T Comalcalco, 2T Cunduacán y 8T Cárdenas e identificadas como *T. harzianum* y *T. viridescens*, Todas obtenidas de la rizosfera de los sistemas agroforestales-cacaotales (*Theobroma cacao*).

Filogenia; *T. harzianum*; *T. viridescens*.

Abstract

Due to the economic importance that the *Trichoderma* and multiple biotechnological applications, it is essential to understand their diversity. The objective of this research was the identification of molecular species of the genus *Trichodermaspp.* of cacao agroforestry-Tabasco state. systems Four samples composed by town study were taken. Isolates were performed on potato dextrose agar medium culture (PDA) by the method of dilutions in triplicate and genomic DNA extraction method was used DNAzol; was amplified by PCR using primers ITS1 and ITS4. Amplifications were sequenced partially ITS1 5.8S ribosomal and finally the construction of the phylogenetic tree was performed achieving the molecular identification of five *Trichoderma ssp.*, which were labeled 17T Comalcalco, 18T Comalcalco, 20T Comalcalco, 2T Cunduacán and 8T Cardenas and identified as *T. harzianum* and *T. viridescens*, all obtained from the rhizosphere of (*Theobroma cacao*) cacao agroforestry-systems.

Phylogeny; *T. harzianum*; *T. viridescens*.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: brit05@yahoo.com.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

El género *Trichoderma* spp., fue descrito por primera vez por Person (1974), quien clasificó dos especies (*Trichoderma viride* y *T. roseum*), la primera delimitación genética de *Trichoderma* spp., la realizó Hartz en 1871, quien enfatizó la importancia y las características microscópicas en la delimitación del género, especialmente por la presencia de fialides (Bisset, 1991). Actualmente para la identificación de las especies del género *Trichoderma* ssp. Se han realizado técnicas de biología molecular. Tondje *et al.* (2007), identificaron *T. asperellum*, con los métodos moleculares RAPD (Amplificación Aleatoria de ADN Polimórfico) y UP-PCR (Primer Universal-Reacción en Cadena de la Polimerasa). Sánchez *et al.* (2012), reportaron la identificación de *Hypocrea crassa*/*T. crassum* mediante el análisis de la secuencia de ITS1 (región espaciadora transcrita interna) y tef1 (factor de elongación 1 alfa), los cuales amplificaron por PCR usando los primers ITS1 e ITS4 para el ITS y EF1-728F y TEF1 para el tef1. Dichos autores mencionan que existen pocas cepas reportadas *T. crassum* y solo se ha encontrado en América del Norte y América Central, por lo tanto a su conocimiento fue el primer reporte de esta cepa para México. Hernández *et al.* (2013), identificaron, mediante técnicas moleculares de marcadores RAPD y rADN-ITS, especies pertenecientes a *T. harzianum*, *T. koningiopsis*, *T. atroviride*, *T. pseudokoninngii* y *T. longibrachiatum*. *Trichoderma* es uno de los agentes que se usa en los programas de control biológico como reguladores de fitopatógenos como; *Phytophthora* spp., *Sclerotium cepivorum*, *Macrophomina phaseolina*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, y *Pythium* sp., (Tondje *et al.*, 2007; Vinale *et al.*, 2008; Guigon *et al.*, 2010; Siameto, *et al.*, 2011; Hernández *et al.*, 2011; Sánchez *et al.*, 2012; Hernández *et al.*, 2013).

Debido a la importancia económica que posee el biocontrolador *Trichoderma* y a las múltiples aplicaciones biotecnológicas, resulta fundamental conocer su diversidad. La actividad de *Trichoderma* ha sido atribuida a un efecto antimicrobiano directo sobre los patógenos, especialmente mediante el micoparasitismo y la antibiosis, por competencia por espacio y nutrientes, aunque también puede establecer asociaciones con las raíces de las plantas. Dichas asociaciones hongo-raíz, estimulan las respuestas de defensa de las especies vegetales, mecanismo de acción, que está relacionado, con su capacidad para sintetizar e inducir enzimas. Esto último, proporciona un nuevo instrumento para entender la respuesta de dichas plantas y puede ser usado para producir organismos mucho más eficaces en el biocontrol. No obstante, estos estudios deben ser precedidos por una identificación precisa de los aislamientos (Hernández *et al.*, 2013). El sitio donde *Trichoderma* se encuentra es la rizosfera y el interior de la planta, se ha reportado la presencia de algunas especies creciendo endofíticamente en cultivos de Cacao (*Theobroma cacao*) (Villamil *et al.*, 2012). El principal productor de cacao es el estado de Tabasco con 70% de producción total, y seguido del estado de Chiapas que produce 29%. En el estado de Tabasco los principales municipios productores son los siguientes: Comalcalco 4,797.87 ton, Cárdenas 4,522.09 ton, Cunduacán 3,819.09 ton, Huimanguillo 2,687.15 ton, Jalpa de Méndez 1,247 ton y Paraíso 665 ton (SIAP, 2014). Por lo anterior se planteó el siguiente objetivo de investigación que fue la identificación molecular de las especies del género *Trichoderma* spp. De los sistemas agroforestales-cacaotales del estado de Tabasco.

Materiales y metodos

Características del área de estudio

El estado de Tabasco se localiza en el sureste de México, con 191 km de la costa del país, es decir, el 1,58%, colinda al norte con el golfo de México, al noreste con el estado de Campeche, al sureste con la República de Guatemala, al oeste con el estado de Veracruz y al sur con Chiapas. La superficie de su territorio ocupa una extensión cercana a los 25 000 km². Una de las Subregiones es la Chontalpa, es territorialmente hablando, la segunda en importancia de las que constituyen el estado, ocupa 7,482.13 km², es decir, el 31.34% del territorio tabasqueño; cuenta con 593,668 habitantes, de los cuales 241,168 pertenecen a la zona urbana y 352,500 a las rurales. Está conformada por tres municipios: Cunduacán, Cárdenas y Comalcalco (Cuadro 1) con los sitios de muestreos.

Muestreos

Se tomaron cuatro muestras compuestas por municipio de estudio, en cada sitio se tomaron 30 submuestras homogéneas al azar en zig-zag del horizonte, evitando las orillas y tomando la parte media de la plantación (0-30 cm de profundidad) y se homogeneizo para una muestra compuesta, (Cuadro 1) (NOM-021-SERMANAT-2000).

Cuadro 1 Ubicación de los sitios de muestreo en los municipios de Tabasco bajo los sistemas-agroforestales

Municipios	Sitios	Propietarios	Años producción	Superficie (Ha ⁻¹)
Cárdenas	Arroyo hondo 2da	José de la Luz Gómez de Dios	30	3
	Arroyo hondo 2da	Ovidio Gómez Montiel	30	3
	Arroyo hondo 2da	Faustino Hernández Morales	40	1.5
	Arroyo hondo 2da	Ambrosio Gómez	40	2
Comalcalco	Oriente 3ra	Benito Juárez	40	4
	Oriente 2da sección (1)	Benito Juárez	39	5
	Oriente 2da sección (2)	Benito Juárez	39	5
	Chipilín	Miguel García Murillo	40	7
Cunduacán	Yoloxochit 2da	Miguel García Murillo	35	5
	Miahuathal	Sara Hernández Hernández	45	4
	San savero	Manuela Cortzar Hernández	40	5
	Yoloxochit R/a 1ra	José Hernández Hernández	40	5

Aislamiento de cepas

Los aislamientos se realizaron en medio de cultivo agar papa dextrosa (PDA) por el método de diluciones por triplicado, para ello se seleccionaron las colonias que presentaron las características morfológicas de *Trichoderma spp*, entre las que se destacan: la morfología, la forma, el color y el crecimiento de la colonia.

Análisis molecular

Para la extracción del ADN genómico se utilizó el método de DNAzol Genomic DNA Isolation Reagent (cat. No. DN 127, Molecular Research Center, Inc.) el cual se basa en el uso de una solución de lisis guanidina-detergente que hidroliza ARN y permite la precipitación selectiva de ADN a partir de un lisado celular. Y se cuantificó con un espectrofotómetro NanoDrop (2000c, Thermo Scientific). La *región espaciadora transcrita interna (ITS)*, se amplificó por PCR usando los cebadores ITS1 (CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAA) e ITS4 (TCCTCCGCTTATTGATAGC). El programa de amplificación consistió en los siguientes ciclos: 1 ciclo de 95°C por 4 min, 32 ciclos de 95°C por 1 min, 60°C por 1 min y 72°C por 2 min y un ciclo de 72°C por 5 min. Los productos de PCR fueron analizados mediante electroforesis en un sistema de amortiguamiento con buffer TAE 0.5% y corridos en geles de agarosa al 1% y teñidos con bromuro de etidio. Las amplificaciones fueron purificadas con el Kit QIAquick PCR Purificación (Cat.No. 28104, QIAGEN). Finalmente las amplificaciones fueron secuenciadas por la empresa Langebio del CINVESTAV en Irapuato México, las secuencias obtenidas fueron editadas con el Software Suite For Sequence Analysis DNASTAR Lasergene (versión 7.0), se realizaron búsquedas de homologías con el programa BLAST-N del NCBI (National Center for Biotechnology Information). El árbol filogenético se construyó usando 13 secuencias de diferentes especies del género *Trichoderma* y un grupo externo (outgroup). Con el software MEGA 6 (versión 6.06) se realizó el alineamiento y posteriormente se eliminaron los gaps, para después determinar el modelo con el algoritmo de Neighbor-Joining, como resultado dio K2+G (Kimura 2 parameter model + Gamma distributed) con 1000 de réplicas de Bootstrap, el cual se utilizó para realizar la construcción del árbol filogenético.

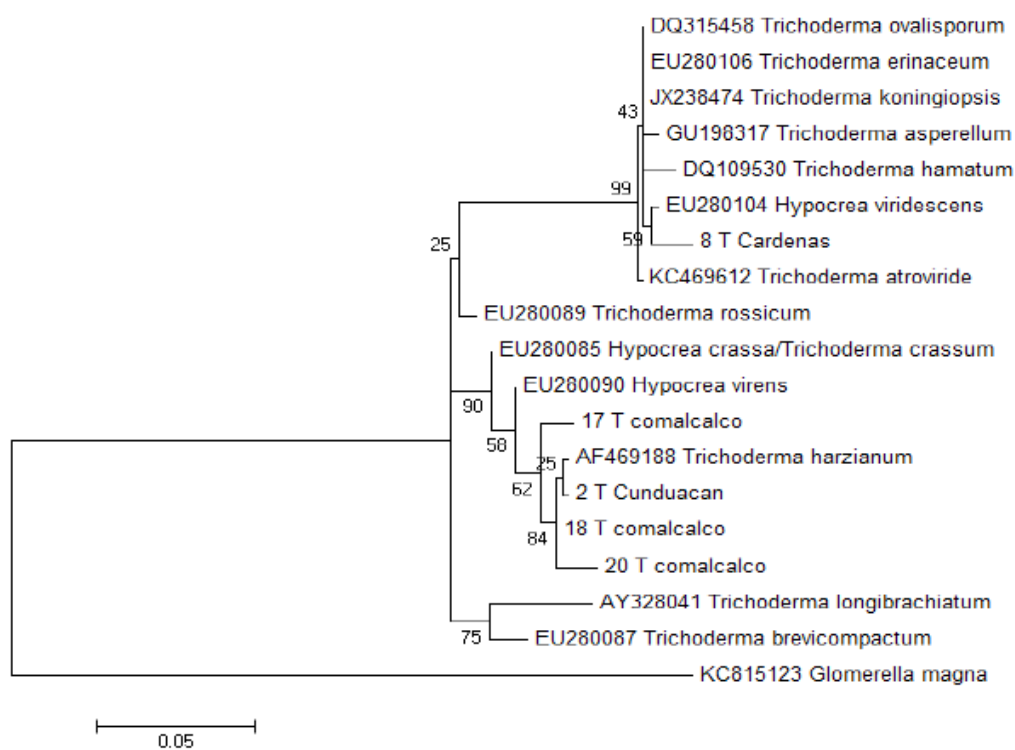
Resultados

Los aislamientos permitieron la identificación molecular de cinco cepas de *Trichoderma* ssp, las cuales fueron etiquetadas como 17T Comalcalco, 18T Comalcalco, 20T Comalcalco, 2T Cunduacán y 8T Cárdenas. Todas obtenidas de la rizosfera de los sistemas agroforestales-cacaotales (*Theobroma cacao*). Los resultados de la herramienta “alignment” de BLAST-N-NCBI mostraron que las secuencias parciales 5.8S ribosomal ITS1 de las cepas 17T Comalcalco, 18T Comalcalco, 20T Comalcalco, 2T Cunduacán y 8T Cárdenas, tuvieron una homología del 99 al 100% a especies como *Trichoderma harzianum*, y *T. viridescens*. Como outgroup se seleccionó *Glomerella magna* debido a que pertenece a la misma subclase (Hypocreomycetidae) que *Trichoderma* ssp.

En la Figura 1 se presenta el árbol filogenético de las cepas de *Trichoderma* ssp. con *ITS1* parcial 5.8S ribosomal de los sistemas agroforestales-cacaotales. Como resultado la cepa 8T Cárdenas se ubicó en el clado de *T. viridescens* con una distancia de 59 y las cepas 2T Cunduacán, 18T Comalcalco, 20T Comalcalco y 17T Comalcalco en el clado de *T. harzianum* con una distancia de 84 y 62 respectivamente.

La cepa 8T Cárdenas se encuentra en el clado de *T. viridescens* no tan cercana al grupo, donde se encuentran las demás cepas las cuales se ubicaron en el clado de *T. harzianum*. Se encuentra *T. viridescens* en un grupo de especies estrechamente relacionadas entre sí por la morfología de sus conidios subglobosos, distintivos de la especie *T. harzianum* conidios lisos. Las dos cepas son de importancia ya que funcionan como agentes biológicos de hongos fitopatógenos, *T. harzianum* ha sido aislada e identificadas en la rizosfera de plantas cultivadas de zonas neotropicales con una alta presencia de las otras especies de *Trichoderma*, mientras que *T. viridescens* ha sido localizada en zonas de Norte América (Jaklitsch *et al.* 2006; Hoyos *et al.*, 2009).

Figura 1 Árbol filogenético de las cepas de *Trichoderma* ssp. con *ITS1* parcial 5.8S ribosomal de los sistemas agroforestales-cacaotales



Conclusion

De las cinco cepas identificadas con *ITS1* parcial 5.8S ribosomal de *Trichoderma* ssp. cuatro (2T Cunduacán, 17T Comalcalco, 18T Comalcalco y 20T Comalcalco) corresponden a *T. harzianum* y 8T Cárdenas a *T. viridescens*, todas obtenidas de la rizosfera de los sistemas agroforestales-cacaotales del estado de Tabasco.

Referencias

- Alpízar L., Fassbender H. W., Heuvelodop J., Fölster H., Enríquez G. (1986) Modelling agroforestry systems of cacao (*Theobroma cacao* L.) with laurel (*Cordia alliodora*) and poro (*Erythrina poeppigiana*) in Costa Rica. I. Inventory of organic matter and nutrients. *Agrofor. Syst.* 4: 175-189.
- Alvim, R., Nair P.K.R. (1986). Combination of cocoa with other plantation crops. *Agrofor. Syst.* 4: 3-15.
- Bissett, J. (1991). A revision of the genus *Trichoderma*. spp., Infrageneric classification. *Canadian Journal of Botany*, 69: 2357-2372.
- Guigon L. C., Guerrero Prieto, V., Vargas Albores, F., Carvajal Millan, E., Ávila Quezada, G. D., Bravo Luna, L., Ruocco, M., Lanzuise, S., Woo, S. y Lorito, M. (2010). Identificación Molecular de Cepas Nativas de *Trichoderma* ssp. Su tasa de crecimiento in vitro y Antagonismo contra Hongos Fitopatogenos. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 28:87-96.
- Hernández A., Jiménez M., Arcia A., Ulacio D., Méndez N. (2013). Caracterización molecular de doce aislamientos de *Trichoderma* spp. Mediante RAPD y rADN-ITS. *Bioagro*, 25(3), 167-174.
- Hernández M. J. L., Sánchez Pérez, M. I., García Olivares, J. G., Pérez, N. M., González Prieto, J. M. y Quiroz Velásquez, J. C. (2011). Caracterización molecular y agronómica de aislados de *Trichoderma* spp nativos del noreste de México. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 8(2), 176-185.
- Hoyos, C. L., Orduz, S., Bissett, J. (2009). Genetic and metabolic biodiversity of *Trichoderma* from Colombia and adjacent neotropic regions. *Fungal Genetics and Biology*. 46: 615-631.
- Imbach A. C, Fassbender HW, Borel R, Beer JW, Bonnemann A (1989) Modelling agroforestry systems of cacao (*Theobroma cacao* L.) with laurel (*Cordia alliodora*) and poro (*Erythrina poeppigiana*) in Costa Rica. IV: Water balances, nutrient inputs and leaching. *Agrofor. Syst.* 8: 267-287.
- Jaklitsch, M. W., Samuels, G. J., Dodd L.S., Bing Sheng L., Druzhinina I. S. (2006). *Hypocrea rufa/Trichoderma viride*: a reassessment, and description of five closely related species with and without warted conidia. *Studies In Mycology*, 55: 135–177.
- López B. O., Sandoval Gallardo A., Soto R. J. (1988) Sistemas de producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la región del Soconusco, Chiapas, México. Folleto de Investigación. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México. 73 pp.

Norma Oficial Mexicana. (2000). Qué establece las especificaciones de Fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. NOM-021-RECNAT-2000. 2ª ed, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 89.

Sánchez L. V., Martínez Bolaños, L., Zavala González, E. A. y Ramírez Lepe, M. (2012). Nuevos registros de *Trichoderma crassum* para México y su variación morfológica en diferentes ecosistemas. Revista Mexicana de Micología, 36: 17-26.

Siameto, E. N., Okoth, S., Amugune, N. O. y Chege, N. C. (2011) Molecular characterization and identification of biocontrol isolates of *Trichoderma harzianum* from embu district, Kenya. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 13: 81-90.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y pesquera). (2014). Producción del cultivo de cacao de los municipios del estado de Tabasco año 2012. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>

Tondje, P. R., Roberts, D. P., Bon, M. C., Widmer, T., Samuels, J. G., Ismaiel, A., Begoude, A.D., Tchana, T., Nyemb Tshomb, E., Ndoumbe Nkeng, M. Bateman, R., Fontem, D. y Hebbar, K. P. (2007). Isolation and identification of mycoparasitic isolates of *Trichoderma asperellum* with potential for suppression of black pod disease of cacao in Cameroon. Biological Control, 43: 202-212.

Villamil, C. J. E., Blanco Valbuena J. O., Viteri Rosero S. E. (2012). In vitro evaluation of native microorganisms for their antagonism against moniliophthora roreri Cif & Par in cocoa (*Theobroma cacao* L.) Rev. Fac. Agron. Medellin, 65(1) 6305-6315.

Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E. L., Marra, R., Woo, S. L. and Lorito, M. (2008). *Trichoderma*-plant-pathogen interactions. Soil Biology and Biochemistry, 40: 1-10.

Manejo de cultivos para mejorar la fertilidad del suelo y mitigar las emisiones de CO₂

BÁEZ-PÉREZ, Aurelio^{*†}, GRAGEDA-CABRERA, Oscar Arath[´] y GARCÍA-MEZA, Gerardo^{´´}

´Campo Experimental Bajío-INIFA, km 6,5 Carretera Celaya-San Miguel de Allende, C.P. 38010, Celaya, Guanajuato.

´´Estudiante del Instituto Tecnológico de Roque. Km 8 de la Carretera Celaya-Juventino Rosas. C.P. 38010. Celaya, Guanajuato.

Resumen

Se evaluaron diversas prácticas de manejo agronómico en un vertisol pelico degradado para mejorar su fertilidad, capturar carbono y limitar las emisiones de CO₂. Se estableció un experimento en el Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato donde se estudiarán por seis ciclos agrícolas (tres años) la interacción de los siguientes factores de estudio: tres sistemas de cultivo: labranza tradicional, labranza de conservación, incorporación de los residuos de cosecha, labranza tradicional con la incorporación al suelo de todos los residuos de cosecha; y tres rotaciones de cultivo: maíz-trigo, frijol-trigo y maíz-garbanzo. La interacción de estos factores proporcionó nueve tratamientos. El suelo contenía un pH inicial alcalino (7.8), de textura arcillosa, alrededor de 60 de partículas inferiores a 2 µm del tipo esmectitas. La densidad aparente inicial fue de 1.12 a 1.30. Se evaluaron tres profundidades: 0-10, 10-20 y 20-30 cm. En el presente trabajo se presentan los resultados preliminares de un año de evaluaciones, lo cual permite analizar la evolución de los factores de estudio desde ciclo de cultivo cero, es decir, la condición inicial del suelo antes de establecer el ensayo, al ciclo de cultivo dos. Los resultados que se tienen hasta el momento muestran una ligera acumulación de la materia orgánica en los tratamientos bajo el sistema de labranza de conservación, de 1.7 a 1.9%, en los primeros 10 cm de profundidad, no así en los otros dos estratos. En los tratamientos con la incorporación de los residuos de cosecha y manejo tradicional no mostraron cambios en el contenido de este parámetro. Las emisiones de CO₂ fluctuaron, en promedio, entre 0.65 y 0.68 g m⁻² hr⁻¹ y no se encontraron diferencias significativas entre sistemas de cultivo y tratamientos.

Carbono orgánico del suelo (COS); dinámica del COS; sistemas agrícolas.

Abstract

Various agricultural management practices were evaluated on a Pelic vertisol degraded to improve their fertility, carbon sequestration and limit CO₂ emissions. An experiment was established in the Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato where they will study for six agricultural cycles (three years) the interaction of the following factors study, three cropping systems: conventional tillage, conservation tillage, incorporation of residues harvest, conventional tillage with soil incorporation of all crop residues; and three crop rotations: wheat-corn, wheat and corn-bean-chickpea. The interaction of these factors provided nine treatments. The soil contained an initial alkaline pH (7.8), clayey, about 60 of less than 2 microns particles of smectite type. The initial apparent density was 1.12 to 1.30. 0-10, 10-20 and 20-30 cm: three depths evaluated. In this work the preliminary results of a year of assessment are presented, which allows to analyze the evolution of the study factors from zero cycle crop, ie, the initial condition of the soil before establishing the trial, the crop cycle two. The results have so far show a slight accumulation of organic matter in the treatments under conservation tillage system, 1.7 to 1.9%, in the first 10 cm deep, but not in the other two layers. In treatments with the incorporation of crop residues and traditional management they showed no change in the content of this parameter. CO₂ fluctuated emissions, on average, between 0.65 and 0.68 g m⁻² hr⁻¹ and no significant differences between farming systems and treatments.

Soil organic carbon (SOC); COS dynamics; agricultural systems.

[†] Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

La degradación de los suelos es uno de varios problemas ambientales que hay en la actualidad, derivado de las actividades humanas. Las prácticas de agricultura intensiva, el uso irracional de insumos agrícolas y el mal manejo de los suelos han ocasionado diversos grados de degradación en este recurso natural considerado como no renovable. Moncada-de la Fuente *et al.* (2013) reportan que en México el 71% de su superficie tiene algún grado de degradación física, química o biológica. Lo anterior contribuye significativamente con la contaminación, el cambio climático global, el almacenamiento de agua en los acuíferos subterráneos y la producción de alimentos. La región Bajío, una de las más importantes para la producción agrícola en el país, actualmente enfrenta serios problemas por el deterioro de sus suelos, baja rentabilidad en la producción de granos básicos, contaminación de acuíferos y sequía. Entre sus suelos, los vertisoles tienen mayor potencial para la agricultura, pero su deterioro físico-químico ocasionado por las prácticas de agricultura intensiva y la escasa incorporación de materia orgánica, ha causado una disminución drástica de las reservas orgánicas y una fuerte repercusión en la rentabilidad para la producción de granos básicos y otros cultivos.

En los suelos agrícolas, la perturbación ocasionada por las continuas prácticas de labranza (barbecho, rastreo y surcado, entre otras) implica una constante remoción del suelo y, por lo tanto, la alteración de sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Ongley, 1997). Además, el retiro de los esquilmos agrícolas y su quema, y la falta de incorporación de abonos orgánicos influyen en el deterioro de la fertilidad de los suelos (Grageda-Cabrera *et al.*, 2004). Una consecuencia es el empleo, por los agricultores, de dosis excesivas de fertilizantes químicos para la producción agrícola, lo cual además de causar contaminación, eleva los costos de producción.

Los suelos vertisoles constituyen alrededor de 8.6 % en México (Cruz, *et al.*, 2007) y en el Bajío abarcan aproximadamente 500,000 ha con un potencial alto para la producción de granos y hortalizas, cuando hay agua disponible (Grageda, 1999); sin embargo, la agricultura intensiva y las inadecuadas prácticas agrícolas han deteriorado el suelo, lo cual impacta en la ecología y en la rentabilidad para la producción agrícola. La fertilidad del suelo y la acumulación de reservas orgánicas están determinadas por la interacción compleja de factores climáticos, edáficos, biológicos y de manejo agronómico. Las prácticas de agricultura de conservación fundamentada en mínima remoción del suelo, la continua adición de los residuos de cosecha en su superficie y la diversificación de cultivos constituyen una opción viable para solucionar este problema. Lo anterior favorece a mediano plazo la acumulación de COS y la actividad biológica, lo cual incide directamente en la calidad del suelo (Gregorich y Carter, 1997). Por tanto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la evolución de las propiedades químicas de suelos vertisoles del Bajío sometidos a varios ciclos de labranza de conservación y estudiar la tendencia de acumulación de las reservas orgánicas.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo experimental Bajío INIFAP-CEBAJ, que se sitúa a 20° 35' latitud Norte y 100 ° 49' longitud Oeste. Se encuentra a una altitud 1760 m. El suelo donde se estableció el experimento correspondió a un *Vertisol pelico*. La temperatura media anual de la región es de 16.6 °C, y la precipitación media mensual es de 605 mm. Sin embargo, en los últimos años ha habido marcadas sequías y el volumen de precipitación anual ha llegado a ser inferior a 300 mm.

Tratamientos y diseño experimental

Se estableció un experimento para evaluar el efecto de diversas prácticas agronómicas sobre las características químicas y biológicas del suelo. El ensayo considera tres sistemas de cultivo: (1) Labranza convencional con la exportación de los residuos de cosecha, (2) Labranza convencional con la incorporación de todos los residuos de cosecha y (3) cero labranza con la adición de todos los residuos de cosecha en la superficie del suelo en forma de mantillo. Al mismo tiempo se evaluaron tres diferentes rotaciones de cultivo: (a) maíz – trigo, (b) frijol – trigo y (c) maíz – garbanzo. La combinación de estos factores proporciona nueve tratamientos, y la distribución de los mismos se presenta en el Cuadro 1. El ensayo se conducirá por tres años, es decir, durante seis ciclos agrícolas continuos, y se medirá la evolución de algunas características químicas y biológicas del suelo por efecto de los factores de estudio mencionados. Los avances en el presente trabajo comprenden solamente los ciclos de cultivo: primavera-verano 2013 y otoño-invierno 2013-2014. Los tratamientos establecidos se describen en el cuadro 1. El diseño experimental que se empleará para el análisis de los datos corresponde a un experimento factorial 3 x 3 con arreglo en bloques al azar.

Cuadro 1 Descripción de tratamientos

	Sistema de	Rotación de
Tratamientos	cultivo	cultivo
1	Tradicional	Maíz - Trigo
2	Incorporación	“
3	Cero labranza	“
4	Tradicional	Frijol - Trigo
5	Incorporación	“
6	Cero labranza	“
7	Tradicional	Maíz - Garbanzo
8	Incorporación	“
9	Cero labranza	“

Muestras de suelos

Se recolectaron, en un primer muestreo de suelos, muestras compuestas por 10 submuestras cada una, de 0-10, 10-20 y 20-30 cm de profundidad. En cada parcela grande se obtuvieron tres repeticiones. Este procedimiento se está realizando al finalizar cada ciclo de cultivo, es decir que se efectuarán en total 6 o 7 muestreos de suelo a partir de la primera medición para evaluar los indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo. El estudio de indicadores comprendió los siguientes parámetros:

Químicos. pH en agua relación 1:2, MO por el método de Walkley y Black, N-total mediante el método de Kjeldahl y P-extractable Olsen (Jackson, 1976).

Emisiones de CO₂. Se midió la tasa de emisión de CO₂ (TEC) en las parcelas experimentales descritas anteriormente. Para llevar a cabo dichas mediciones se utilizó un sensor infrarrojo EGM4 PP-system, que cuenta con una cámara especial para detectar este gas de invernadero. Se registró de manera aleatoria la TEC en 10 puntos por parcela. Se hicieron mediciones de 1 a dos veces por semana. Simultáneamente están efectuaron mediciones de humedad gravimétrica de 0 a 15 cm de profundidad.

Biológicos: Fosfatasa ácida: método de Tabatabai y Bremner (1969) Fosfatasa alcalina: método de Tabatabai y Bremner (1969) Biomasa microbiana Jenkinson y Powlson (1976) Celulasa: método de Pancholy y Rice (1973).

Análisis estadístico

Para el análisis de la información se utilizará el programa estadístico Statistical Analysis System (SAS). Los datos expresados en fracción o porcentaje serán transformados a la función arco seno y se presentan después de su retransformación. Las medias de tratamientos por variable de respuesta se comparan mediante la prueba de separación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

Resultados

Los resultados preliminares del efecto de los sistemas de siembra, después de un ciclo de cultivo, no mostraron diferencias significativas sobre la evolución del pH y los contenidos de materia orgánica, N total y P extractable Olsen (Cuadro 2). Se espera que a partir del segundo ciclo de cultivo se empiecen a diferenciar los tratamientos por efecto de las prácticas de manejo agrícola. Los tratamientos con labranza cero con la rotación trigo-maíz, se han adicionado mayor aproximadamente 20 t ha⁻¹ de residuos de cosecha en forma de mantillo; sin embargo,

Las rotaciones con leguminosa ofrecen un menor ingreso de esquilmos agrícolas comparado con las gramíneas; sin embargo, se esperaba una mayor acumulación de nitrógeno en el suelo por efecto de la simbiosis natural que ocurre de las leguminosas con la bacteria del género *Rhizobium*. No se nota un aumento significativo en la concentración de nitrógeno. Se requiere evaluar más ciclos de cultivo para estudiar este efecto.

Fosfatasa ácida y alcalina

Los resultados de la fosfatasa alcalina fueron significativamente mayores, hasta 90%, respecto a los resultados de la fosfatasa ácida. Lo anterior se relacionó con el pH alcalino del suelo. Se encontró una relación estrecha ($R^2=0.60$) entre la cantidad de fosfatasa ácida con el pH del suelo cantidad de materia orgánica ($R^2=0.78$). La concentración de la fosfatasa tanto ácida como alcalina está relacionadas con la mineralización de la materia orgánica e implica procesos metabólicos catalizados por enzimas. La actividad enzimática es un indicador de cambios tempranos en la calidad del suelo por sus relaciones con la microflora y la facilidad de su medición y su rápida respuesta a las prácticas de manejo agrícola (De la Paz-Jiménez *et al.*, 2002). La ureasa y las fosfatasas han recibido más atención por sus implicaciones en los ciclos biogeoquímicos y de nutrición (Makoi y Ndakidemi, 2008). La ureasa cataliza la reacción de hidrólisis de los enlaces C-N de algunas amidas y de la urea en amonio y dióxido de carbono. Las fosfatasas catalizan la reacción de hidrólisis de los enlaces ésteres y anhídridos de fosfato. Estas enzimas tienen una función fundamental en el ciclo del P al liberar el ión ortofosfato de compuestos orgánicos e inorgánicos, el cual queda disponible para las plantas.

Cuadro 2 Resultados de análisis químico de suelos después de tres ciclos de cultivo.
Campo Experimental Bajío

Trat.	Bloque	Prof.	Sistema cultivo	Rotación de cultivo	pH			Materia orgánica %			N-total %			P-Olsen ppm			arena	limo %	arcilla
					0	160	340	0	160	340	0	160	340	0	160	340			
1	1	0-10	Trad.	Maíz - Trigo	8.01	8.05	8.10	2.21	1.90	2.33	0.14	0.10	0.12	11.4	12.7	13.1	22	22	56
					7.83	7.90	7.91	2.35	1.91	2.35	0.20	0.10	0.12	12.9	14.3	14.8	14	24	62
					8.31	8.20	8.25	2.14	1.85	1.94	0.16	0.09	0.10	10.8	12.0	12.4	16	24	60
2	2	0-10	Incorp.	"	8.01	7.90	7.95	2.21	1.96	2.12	0.14	0.10	0.11	11.4	12.7	13.1	22	22	56
					7.83	7.72	7.70	2.35	1.91	2.32	0.20	0.10	0.12	12.9	14.3	14.8	14	24	62
					8.31	8.20	8.18	2.14	1.98	1.71	0.16	0.10	0.09	10.8	12.0	12.4	16	24	60
3	3	0-10	Cero	"	8.01	7.90	7.88	2.21	1.97	2.02	0.14	0.09	0.10	11.4	12.7	13.1	22	22	56
					7.83	7.72	7.70	2.35	1.91	2.00	0.20	0.09	0.10	12.9	14.3	14.8	14	24	62
					8.31	8.20	8.18	2.14	1.95	2.05	0.16	0.09	0.10	10.8	12.0	12.4	16	24	60
4	1	0-10	Trad.	Frijol - Trigo	8.04	7.93	7.91	2.14	1.89	1.85	0.18	0.09	0.09	11.6	12.9	13.4	14	27	59
					7.80	7.99	7.87	2.28	1.82	2.00	0.18	0.09	0.10	13.1	14.5	15.0	11	26	63
					8.01	7.95	7.98	2.35	1.79	1.83	0.16	0.09	0.09	9.6	10.6	11.0	16	21	63
5	2	0-10	Incorp.	"	8.04	7.93	7.91	2.14	1.99	1.92	0.18	0.10	0.10	11.6	12.9	13.4	14	27	59
					7.80	7.69	7.67	2.28	1.95	2.02	0.18	0.10	0.10	13.1	14.5	15.0	11	26	63
					8.01	7.90	7.88	2.35	1.67	2.08	0.16	0.08	0.10	9.6	10.6	11.0	16	21	63
6	3	0-10	Cero	"	8.04	7.93	7.91	2.14	1.95	2.25	0.18	0.10	0.11	11.6	12.9	13.4	14	27	59
					7.80	7.69	7.67	2.28	1.91	2.05	0.18	0.10	0.10	13.1	14.5	15.0	11	26	63
					8.01	7.90	7.88	2.35	1.80	2.10	0.16	0.09	0.11	9.6	10.6	11.0	16	21	63
7	1	0-10	Trad.	Maíz - Garbanzo	8.03	7.95	7.96	2.01	1.70	2.19	0.15	0.09	0.11	10.2	11.3	11.7	17	22	61
					7.94	7.93	7.95	2.28	1.65	1.89	0.18	0.08	0.09	11.8	13.1	13.6	17	23	61
					8.06	7.95	7.99	2.01	1.63	1.74	0.16	0.08	0.09	9.0	10.0	10.4	18	21	61
8	2	0-10	Incorp.	"	8.03	7.98	7.90	2.01	1.43	1.96	0.15	0.07	0.10	10.2	11.3	11.7	17	22	61
					7.94	7.96	7.85	2.28	1.68	1.97	0.18	0.08	0.10	11.8	13.1	13.6	17	23	61
					8.06	7.95	7.93	2.01	1.56	1.59	0.16	0.08	0.08	9.0	10.0	10.4	18	21	61
9	3	0-10	Cero	"	8.03	7.92	7.90	2.01	1.76	1.67	0.15	0.09	0.08	10.2	11.3	11.7	17	22	61
					7.94	7.83	7.81	2.28	1.60	1.96	0.18	0.08	0.10	11.8	13.1	13.6	17	23	61
					8.06	7.95	7.93	2.01	1.75	1.71	0.16	0.09	0.09	9.0	10.0	10.4	18	21	61

Figura 1 Contenido de Fosfatasa ácida y alcalina en tratamientos evaluados

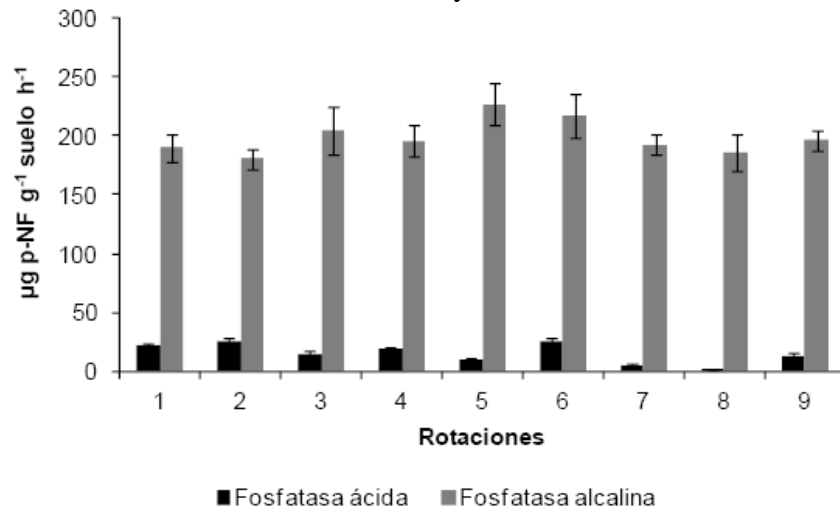
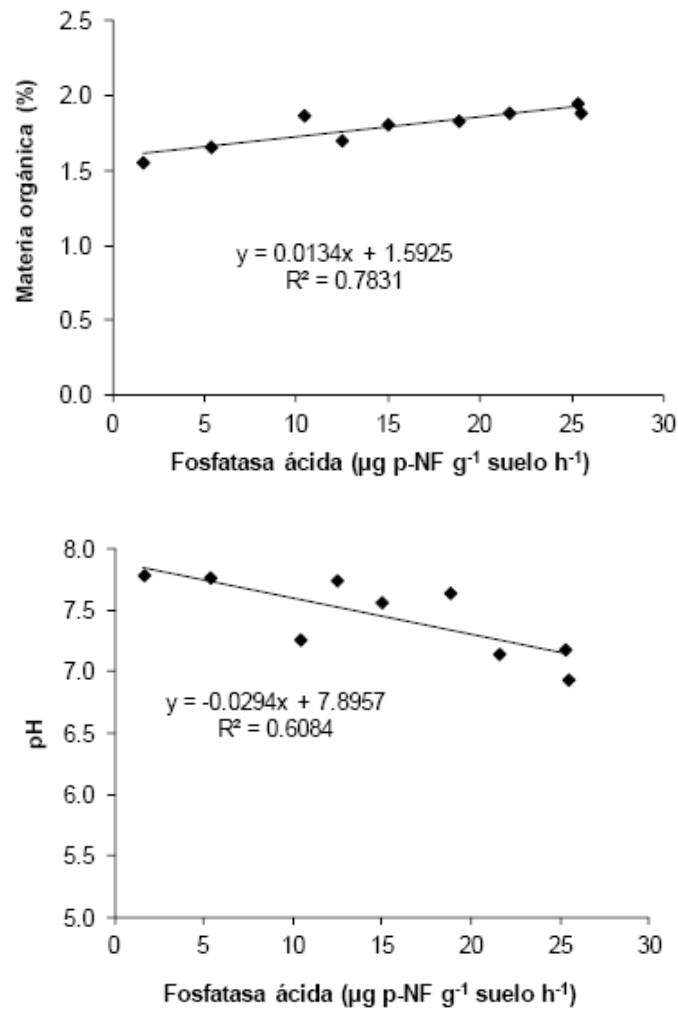
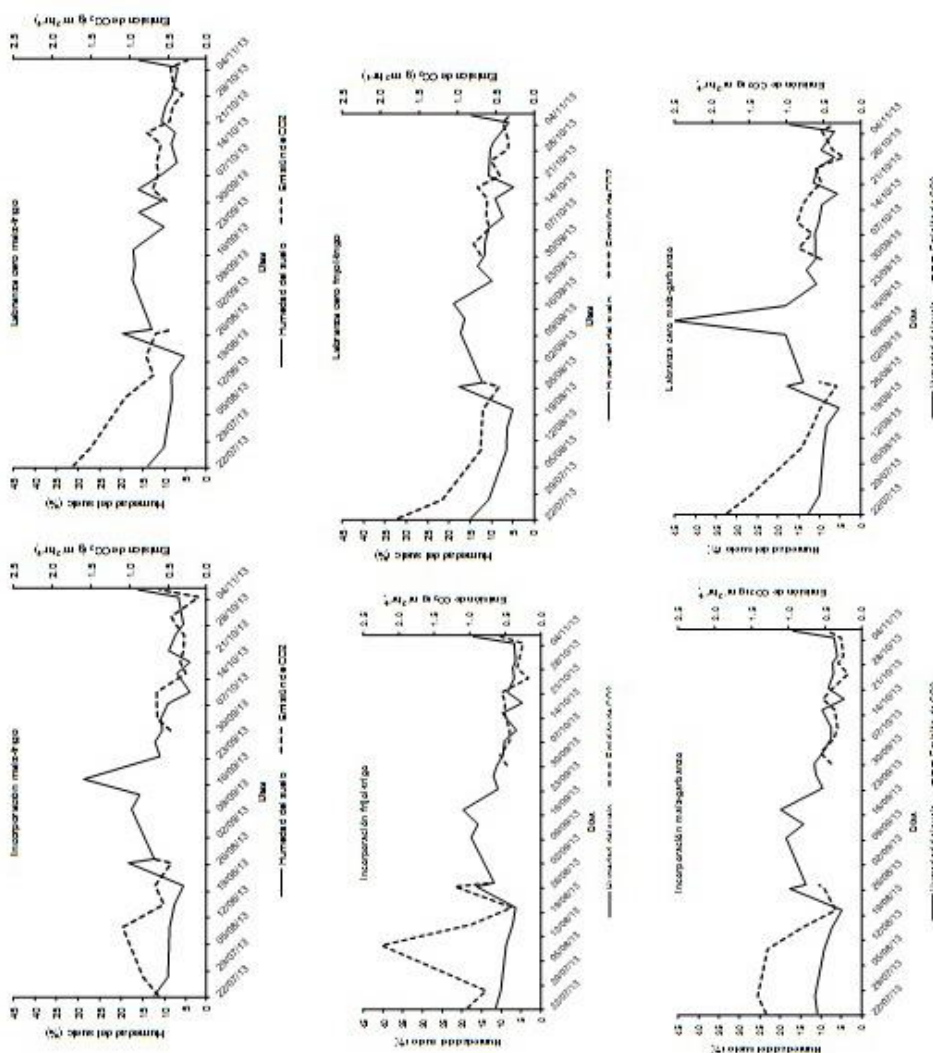


Figura 3 Relación entre fosfatasa ácida con materia orgánica y pH del suelo. Emisión de CO₂



En la Figura 4 se presentan los resultados semanales de la tasa de emisión de CO₂ (TEC) de los tratamientos evaluados durante el ciclo primavera verano 2013. La humedad del suelo y la temperatura son factores que están estrechamente relacionados con las emisiones de este gas de efecto invernadero en el suelo. En los tratamientos evaluados hubo mayor retención de humedad en el sistema de cero labranza con la rotación maíz-garbanzo, con has 45% durante los días más lluviosos. Los valores fluctuaron entre 0.11 y 2.24 g m⁻² hr⁻¹. Sin embargo, para este primer ciclo de cultivo aun no se observan diferencias entre tratamientos. Las emisiones de CO₂ del suelo están en función de cantidad de materia orgánica presente y de la actividad biológica, por lo tanto disminuye drásticamente durante la época seca. La tendencia general evidenció que la TEC aumentó a medida que la concentración de COS es mayor. Por lo tanto el flujo de CO₂ aumentó o disminuyó de acuerdo al patrón de distribución de las lluvias. Esto indica que la humedad en el suelo es un factor que influye directamente en esta variable.

Figura 4 Humedad de suelo y tasa de emisión de CO₂ con las diferentes prácticas agronómicas. Campo Experimental Bajío



Gregorich, E. G. and M. R. Carter. 1997. Soil quality for crop production and ecosystem health. *Development in Soil Science*. 25:125-165.

Jackson, M.L. 1976. Análisis químico de suelos. 3a ed. Trad. Al español por José Beltrán Martínez. Omega. Barcelona, España. pp. 282-283.

Moncada- de la Fuente, J., M. Anaya-Garduño, C. Ortíz-Solorio, P. Sánchez-García y J. Chacón-Rodríguez. 2013. Suelo. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México. 4 p.

Ongley E. D. 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Estudio FAO Riego y Drenaje No. 55. Roma. p 41-58.

Patogenicidad de *Paecilomyces carneus* sobre el nematodo dorado de la papa

HERNÁNDEZ-LEAL, Tania*† & CARRIÓN Gloria

Instituto de Ecología A. C., Km 2.5 carretera antigua a Coatepec No.351, Xalapa, Veracruz.

Resumen

La identificación de los enemigos naturales de las plagas agrícolas y el conocimiento de los mecanismos de acción que emplean sobre sus hospederos es información fundamental para el control biológico. Con el objetivo de conocer el potencial como controlador biológico de un hongo del suelo sobre el nematodo dorado de la papa, *Globodera rostochiensis*, se identificó y caracterizó una cepa de *Paecilomyces carneus*, nativa de la región del Cofre de Perote, Veracruz, México. Además, se describió el proceso de infección in vitro del hongo sobre los quistes del nematodo y se comparó su patogenicidad con otro hongo nematófago, *Purpureocillium lilacinum* (= *Paecilomyces lilacinus*). La cepa de *P. carneus* estudiada presentó las características morfológicas propias de la especie, sin embargo no tiñó el medio de cultivo con tonalidades verde-oscuro, como se indica en la descripción taxonómica. *P. carneus* parasitó in vitro quistes del nematodo dorado, su micelio invadió la pared de los quistes y penetró huevos y juveniles en un periodo de 15 días. Se elaboró una escala de patogenicidad para cuantificar el daño ocasionado por el hongo en los quistes. Al emplear la escala se concluyó que bajo condiciones de laboratorio, *P. carneus* puede afectar más del 50% de los huevos y juveniles contenidos en los quistes de *G. rostochiensis* en 14 días y el daño que produce es superior al ocasionado por *P. lilacinum*. Debido a lo anterior, se consideró que *P. carneus* tiene potencial para el control biológico de *G. rostochiensis*.

***Globodera rostochiensis*, hongo nematófago, *Paecilomyces carneus*, patogenicidad, quiste.**

Abstract

The identification of natural enemies of agricultural pests and knowledge of the mechanisms of action that employ on their hosts is essential for biological control information. In order to meet the potential as biological control of soil fungi on the golden nematode of potatoes, *Globodera rostochiensis*, identified and characterized a strain of *Paecilomyces carneus*, native to the region of Cofre de Perote, Veracruz, Mexico. Furthermore, the process of in vitro fungal infection cyst nematode pathogenicity described and compared to another nematophagous fungus *Purpureocillium lilacinum* (= *Paecilomyces lilacinus*). *Carneus* strain *P.* studied had their own species morphological characteristics, but did not stain the culture medium to dark-green hues, as indicated in the taxonomic description. *P. carneus* in vitro parasitized golden nematode cysts, their mycelium invaded the wall of cysts and eggs and juveniles entered a period of 15 days. pathogenicity scale was developed to quantify the damage caused by the fungus in the cysts. By using the scale it was found that under laboratory conditions, *P. carneus* can affect more than 50% of the eggs and juveniles contained in *G. rostochiensis* cysts in 14 days and the damage caused is greater than caused by *P. lilacinum*. Due to this, it was considered that *P. carneus* has potential for biological control of *G. rostochiensis*.

***Globodera rostochiensis*, nematophagous fungus, *Paecilomyces carneus* pathogenicity cyst.**

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: taniahdezleal@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

El nematodo dorado *Globodera rostochiensis* (Woll.) Skarbilovich, es un nematodo semiendoparásito sedentario que ataca las raíces y es considerado una de las plagas más importante para el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en Europa y América (Kerry *et al.*, 2003; USDA, 2006). *G. rostochiensis* forma quistes que pueden permanecer latentes en el suelo por más de 20 años en ausencia de un hospedero, lo cual dificulta su control (Turner y Evans, 1998). En sitios con altas densidades de población del nematodo y siembra constante de papa, se puede perder hasta el 80% de la cosecha (EPPO, 1997). En México esta plaga se ha registrado en los estados de Guanajuato, Nuevo León, Coahuila, Distrito Federal, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Veracruz y el Estado de México (Montes-Belmont, 2000; SAGARPA, 2002).

El método de control predominante de los nematodos fitoparásitos ha sido el uso de nematicidas químicos, pero debido al impacto negativo que tienen estas sustancias en el ambiente y la salud humana (Levine y Rachakornkij, 1994; Badaway, 1998), se ha optado por otras alternativas como el uso de organismos antagonistas, sobretodo de bacterias y hongos nematófagos del suelo (Saxena, 2004; Dong y Zhang, 2006; Hidalgo-Díaz y Kerry, 2008).

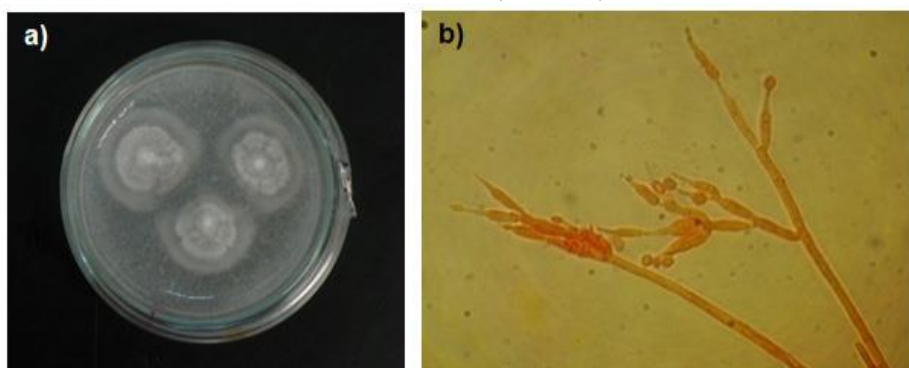
Los hongos nematófagos parasitan y matan nematodos, su distribución en el suelo es cosmopolita (Mankau, 1980) y en las últimas décadas han sido objeto de múltiples estudios a causa de su alto potencial como elementos de control biológico. El proceso de infección de los hongos nematófagos generalmente sigue un patrón común que se resume en: reconocimiento del hospedero, fijación y penetración (Dijksterhuis *et al.*, 1993; López-Llorca *et al.*, 2008). Sin embargo, el modo de acción específico y el nivel de daño sobre los diferentes estadios de vida de los nematodos, varían dependiendo de la especie del hongo y del nematodo (Khan *et al.*, 2006 b). Debido a lo anterior, es necesario conocer el proceso de infección y el grado de patogenicidad de cada organismo sobre su hospedero, y de esta forma seleccionar a los bioagentes con mayor agresividad.

En el caso de *G. rostochiensis*, se han aislado más de 60 especies diferentes de micromicetos a partir de quistes y juveniles del nematodo, con el objetivo de encontrar enemigos naturales (Morgan-Jones *et al.*, 1986; Dackman, 1990; Yu y Coosemans, 1998; Cordero y Acevedo, 2000; Núñez-Camargo *et al.*, 2003). Los hongos más comunes que se han encontrado pertenecen a los géneros *Cladosporium*, *Fusarium*, *Paecilomyces*, *Penicillium* y *Trichocladium*, sin embargo, no todos los trabajos han comprobado el parasitismo de los hongos sobre el nematodo. En el año 2007, como parte de un estudio de campo para probar diferentes alternativas de control del nematodo dorado, en la región del Cofre de Perote, se aisló una cepa de *Paecilomyces carneus*, a partir de juveniles J2 de *G. rostochiensis*, la cual se usó en este trabajo para: a) conocer su proceso de infección en los quistes del fitoparásito; b) evaluar la patogenicidad del hongo sobre quistes del nematodo dorado.

Materiales y métodos

Selección de la cepa. De la colección de cepas fúngicas asociadas a *G. rostochiensis* conformada en el 2007 en el Laboratorio de Biodiversidad y Sistemáticas del Instituto de Ecología (INECOL A.C.), se eligió la cepa CQ3 18, aislada a partir de juveniles J2 del nematodo dorado, obtenidos en muestras de suelo con cultivo de papa de la región del Cofre de Perote. Los criterios de selección empleados fueron el lento crecimiento del hongo sobre placas de agar-avena, con lo cual se descartó que se tratara de un hongo saprobio del suelo (Hans-Börje, 1982) y sus características morfológicas que concordaron con *Paecilomyces carneus* (Saxena, 2004).

Figura 1 Aspecto de *Paecilomyces carneus* en medio de cultivo agar-avena (a) y de sus conidióforos (b, 400x)



Proceso de infección

Extracción y selección de quistes. En un predio de 2 ha, dedicado al cultivo de papa en la localidad de Los Pescados, Perote, Veracruz (19° 34' 0 N, 97° 9' 30 O, altitud 2,946 m) se tomaron al azar cinco muestras de suelo de 1 kg a una profundidad de 15 cm.

De las muestras de suelo se extrajeron quistes de *G. rostochiensis* mediante el método de Fenwick (1940). Se seleccionaron los quistes maduros y de apariencia sana, con un tamaño uniforme, ya que este tipo de quistes contienen un gran número de huevos viables (Desgarenes *et al.*, 2006). Los quistes seleccionados se mantuvieron dentro de viales a 4 °C en un ambiente seco y oscuro hasta el momento de su utilización.

Inoculación de quistes y proceso de infección. Se preparó una suspensión de esporas a partir de un cultivo puro del hongo seleccionado con dos semanas de crecimiento en medio agar-avena. Se cortó un cuadro (1 cm²) de medio de cultivo con abundante esporulación, se colocó en un tubo de ensaye con 10 mL de agua destilada estéril (ADE) y se le adicionó una pequeña gota de Tween 80 (5 µL). La suspensión se agitó vigorosamente y se ajustó a una concentración de 1x10⁶ esporas mL⁻¹. Se seleccionaron al azar 30 quistes maduros para inocularlos con la suspensión del hongo y el mismo número como testigos. Antes de aplicar el tratamiento, todos los quistes se desinfectaron con alcohol al 70% y con hipoclorito de sodio al 1% durante 1 minuto en cada solución y se enjuagaron en ADE por el mismo tiempo.

Después, se colocaron grupos de 10 quistes dentro de cajas Petri (5 cm diámetro) previamente esterilizadas con círculos de papel filtro humedecido con ADE. Los quistes de tres cajas se asperjaron con 0.3 mL de la suspensión de esporas del hongo, mediante un atomizador manual de gota fina. Los quistes del testigo (tres cajas Petri) se asperjaron con la misma cantidad de ADE. Las cajas Petri se mantuvieron a temperatura ambiente (24 ± 2 °C) y se revisaron diariamente durante los primeros cinco días y posteriormente a los 8, 10 y 15 días después de la aplicación del hongo.

En cada periodo de observación se evaluó el aspecto externo e interno de los quistes de manera macro y microscópica. Las observaciones macroscópicas se efectuaron bajo un microscopio estereoscópico y se registró el grado de invasión del hongo sobre la pared del quiste. Para las observaciones microscópicas, se extrajeron de dos a tres quistes inoculados con el hongo y del testigo en cada periodo de revisión. Dichos quistes se disectaron sobre portaobjetos y se realizaron preparaciones en lactofenol azul. Posteriormente, las preparaciones se observaron en un microscopio compuesto (Carl ZEISS) para evaluar a mayor detalle el desarrollo del hongo sobre la pared del quiste, así como el nivel de afectación producido en los huevos y juveniles. Por último, con base en las observaciones, se realizó una descripción del proceso de infección del hongo sobre los quistes durante los distintos periodos de revisión y se incluyó la apariencia de los testigos como punto de referencia.

Prueba de patogenicidad

Elaboración de escala. Para cuantificar el daño ocasionado por *P. carneus* sobre los quistes de *G. rostochiensis* se elaboró una escala de patogenicidad (cuadro 1) tomando en cuenta las observaciones hechas en el proceso de infección del hongo y las escalas empleadas por diferentes autores para evaluar la patogenicidad de hongos nematófagos (Chen *et al.*, 1996; Araújo *et al.*, 2008; Braga *et al.*, 2009).

Cuadro 1 Escala para evaluar la patogenicidad de hongos parásitos de *Globodera rostochiensis*

Nivel	Características del quiste	
	Macroscópicas	Microscópicas
0	Superficie del quiste limpia. El contenido de huevos se observa con facilidad a través de la pared.	Huevos y juveniles de aspecto hialino, sin anomalías morfológicas.
1	Germinación de esporas sobre la pared	Aún no hay penetración del hongo al interior del quiste. Huevos y juveniles con mismas características del nivel anterior.
2	Presencia de hifas hialinas cortas y adyacentes a la pared del quiste, además de micelio ramificado.	Penetración de micelio al interior del quiste. 20% o menos del contenido de huevos y juveniles presentan porciones de micelio sobre ellos.
3	Micelio cubriendo entre el 10 y 50% de la superficie del quiste. Presencia de primeros conidióforos.	Micelio en el interior del quiste sobre el 21-30% de los huevos y juveniles, pero aún sin afectar su morfología.
4	Micelio abundante sobre el quiste, ocupando entre el 50 y 70% de la superficie.	Del 31 al 50% de los huevos o juveniles presentan micelio.
5	Micelio muy abundante sobre el quiste, más del 70% de la superficie invadida, no se distingue la pared.	Más del 50% de los huevos infectados con micelio, penetración de hifas evidente. Juveniles con aspecto degradado.

Evaluación de patogenicidad

Se comparó el grado de patogenicidad del hongo seleccionado tomando como referencia la patogenicidad de *Purpureocillium lilacinum* (Thom) Luangsa-ard, Houbraken, Hywel-Jones & Samson, ya que es un hongo cuyo potencial nematocida es reconocido ampliamente (Esser y El-Gholl, 1993; Saxena, 2004). Se empleó una cepa de *P. lilacinum* (IE-430), nativa de la región del Cofre de Perote, depositada en el cepario del Instituto de Ecología A. C., la cual se designó como testigo positivo.

Para llevar a cabo el experimento se extrajeron y seleccionaron 240 quistes maduros y se emplearon 80 para cada tratamiento: *Paecilomyces carneus*, el testigo positivo (*P. lilacinum*) y el testigo absoluto. La extracción, selección, desinfección e inoculación de los quistes se realizó como se indicó en la metodología descrita anteriormente. Los quistes del testigo absoluto se asperjaron sólo con agua destilada estéril (ADE). Se colocaron grupos de 10 quistes dentro de cajas Petri (5 cm diámetro) con papel filtro humedecido y se realizaron evaluaciones del nivel de patogenicidad durante los primeros cinco días y a los 8, 11 y 14 días después de la inoculación.

En cada periodo de evaluación se utilizó una muestra destructiva de 10 quistes por tratamiento, los cuales se examinaron de forma externa e interna. En ambos casos se realizaron observaciones macro y microscópicas de la forma descrita con anterioridad. De acuerdo con el grado de desarrollo del hongo sobre los quistes y el nivel de daño ocasionado, se asignó un valor de la escala de patogenicidad para cada quiste, por día de evaluación. Cuando se encontraron micelios en los quistes del testigo negativo, se consideraron como presencia natural de hongos y también se les asignó un valor de la escala de patogenicidad.

Análisis estadísticos

Para evaluar el efecto de los tratamientos y el tiempo sobre el nivel de patogenicidad, se ajustó un modelo lineal generalizado (MLG) bajo una distribución multinomial para variables ordinales, con la función de enlace logit. Se empleó la familia de odds acumulativa, la cual condiciona el valor de probabilidad estimada, al valor de probabilidad de la categoría anterior y al orden de las categorías de la variable respuesta. La primer categoría de la escala (sano) se consideró como referencia y punto de comparación para el resto. El modelo utilizado se muestra en la ecuación (1).

$$\text{Logit } O_{ijt} = \alpha_k + \beta_{1j} + \beta_{2t} + \beta_{1j} * \beta_{2t} + \varepsilon_{ijt} \quad (1)$$

Donde i es el número de observación ($i=1,2\dots10$); j es el efecto del tratamiento ($j=1,2,3$); k es el intercepto de la categoría de la variable respuesta ($k=1,2\dots5$), t es el efecto del tiempo ($t=1,2,\dots8$). Por lo tanto, $\text{Log}O_{ijt}$ será el logaritmo del odd-ratio de la i -ésima observación del j -ésimo tratamiento en el t -ésimo tiempo y ε_{ijt} se refiere al error aleatorio.

A pesar de que los quistes son pseudorepeticiones se modelaron como repeticiones independientes, dado que no se vio un problema de correlación en los errores. Todos análisis se efectuaron con el software InfoStat (v. 2013).

Resultados

Proceso de infección

Las esporas de *Paecilomyces carneus* germinaron a las 24 hrs sobre la pared del quiste. El hongo logró penetrar la pared entre el segundo y tercer día después de la inoculación, momento en el cual se desarrollaron hifas hialinas conspicuas tanto en el interior como en el exterior de los quistes (Figura 2 a y b). Sin embargo, los huevos aún se observaban con facilidad a través de la pared de los quistes, sin alteraciones morfológicas. La producción de conidióforos comenzó al tercer día. A partir del cuarto día se presentaron juveniles dentro de los huevos con el cuerpo retorcido y apariencia degradada, sin ocupar la cavidad entera del cascarón y con falta de tensión en la cutícula. Entre el octavo y décimo día *P. carneus* penetró e invadió por completo huevos y juveniles de *G. rostochiensis* (Figura 2c). En este momento la superficie externa de los quistes estaba cubierta con abundante micelio y era imposible observar el contenido de huevos (Figura 2d). Al finalizar el experimento (día 15) el 100% de la superficie de los quistes estaba invadida por micelio con gran cantidad de conidióforos, la pared se distinguía con dificultad y la visión al interior de estas estructuras era nula (Figura 2f). La mayoría de los huevos y juveniles se encontraban cubiertos con micelio (Figura 2e) y se formaron conglomerados de huevos con micelio.

Los quistes del tratamiento testigo conservaron una apariencia externa sana, con brillo y lozanía durante todo el experimento (Figura 2h). En el interior, la mayoría de los huevos y juveniles mostraron apariencia hialina, posición normal dentro del huevo, ocupando la cavidad entera del cascarón, cutícula tensa y el cuerpo turgente (Figura 2g). En algunos de estos quistes (menos del 10%) se encontraron micelios entre los huevos, los cuales se asumió que fueron adquiridos en el campo.

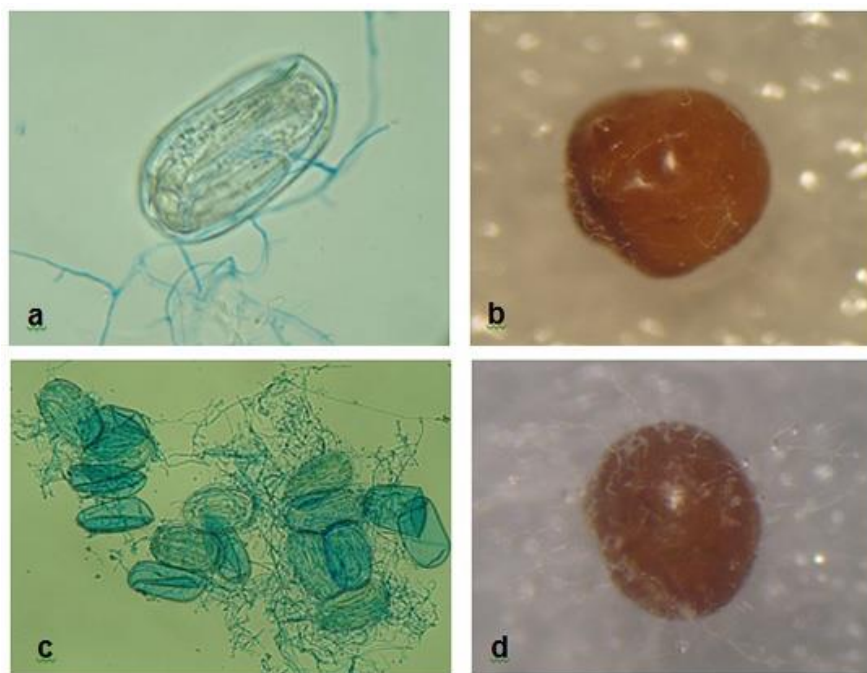
El hongo estudiado además de invadir externamente al quiste de *G. rostochiensis*, logró atravesar y desarrollarse dentro de huevos y juveniles, lo cual sugiere que el principal modo de acción patogénica es el parasitismo endógeno mediante la penetración directa de hifas. Este mecanismo puede estar acompañado por la producción de metabolitos tóxicos para huevos y juveniles, ya que durante el proceso de infección también se registraron huevos y juveniles con aspecto degradado a pesar de la ausencia de hifas en su interior (Morgan-Jones y Rodríguez-Kabana, 1985).

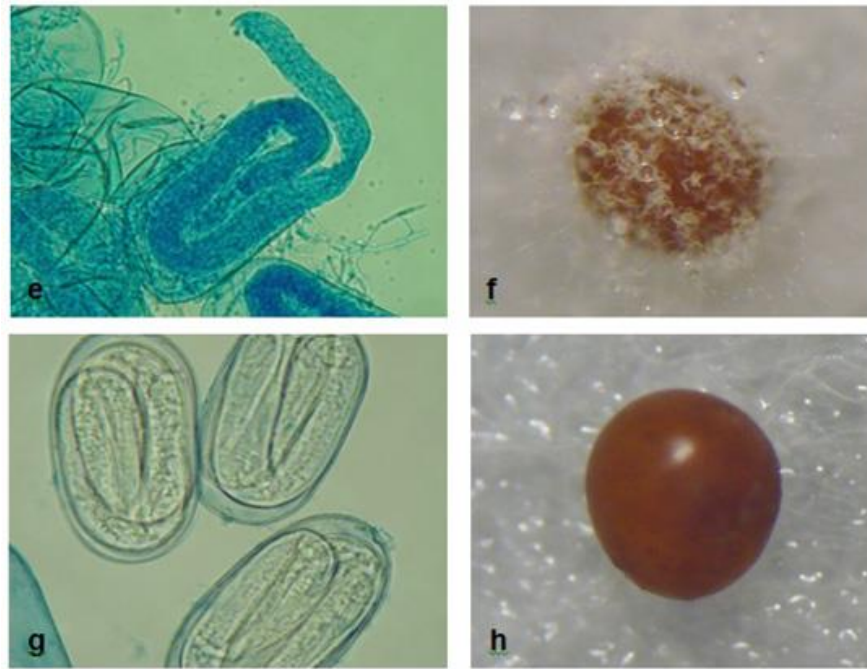
El proceso de infección mostrado por *P. carneus* fue similar al observado con los hongos nematófagos *Pochonia chlamydosporia* (Goddard) Zare & Gams (Morgan-Jones *et al.*, 1983) y *Purpureocillium lilacinum* (Morgan-Jones *et al.*, 1984) a los 10 y 6 días respectivamente, de su inoculación sobre huevos del nematodo *Meloidogyne arenaria* (Neal) Chitwood. Kim *et al.* (1992) observaron un mecanismo patogénico del hongo denominado como ARF 18 sobre quistes de *Heterodera glycines* Ichinoe parecido al descrito en este trabajo.

Khan *et al.* (2006 b), también registraron para *P. lilacinum* un proceso de infección semejante sobre todos los estadios de vida del nematodo *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood, en quistes inmaduros y huevos de *Heterodera avenae* Wollenweber y en huevos de *Radopholus similis* (Cobb) Thorne (nematodo barrenador del plátano).

El hecho de que *P. carneus* tenga la capacidad de afectar huevos y juveniles de quistes maduros del nematodo dorado es una ventaja competitiva ante otros hongos, debido a que este tipo de quistes son menos susceptibles al ataque de hongos antagonistas en comparación con los quistes jóvenes (Morgan-Jones *et al.*, 1986; Khan *et al.* 2006 a y b).

Figura 2 Proceso de infección de *Paecilomyces carneus* sobre huevos y juveniles de *Globodera rostochiensis*. **a:** huevo rodeado con micelio (400x) y **b:** aspecto exterior del quiste tres días después de la inoculación. **c:** aspecto de huevos y juveniles (100x), y **d:** apariencia exterior del quiste después de ocho días. **e:** juvenil (400x) y **f:** quiste de *G. rostochiensis* completamente invadidos con micelio de *P. carneus* a los 15 días de su inoculación. **g:** aspecto de los huevos (400x) y **h:** quistes en el testigo a los 15 días.

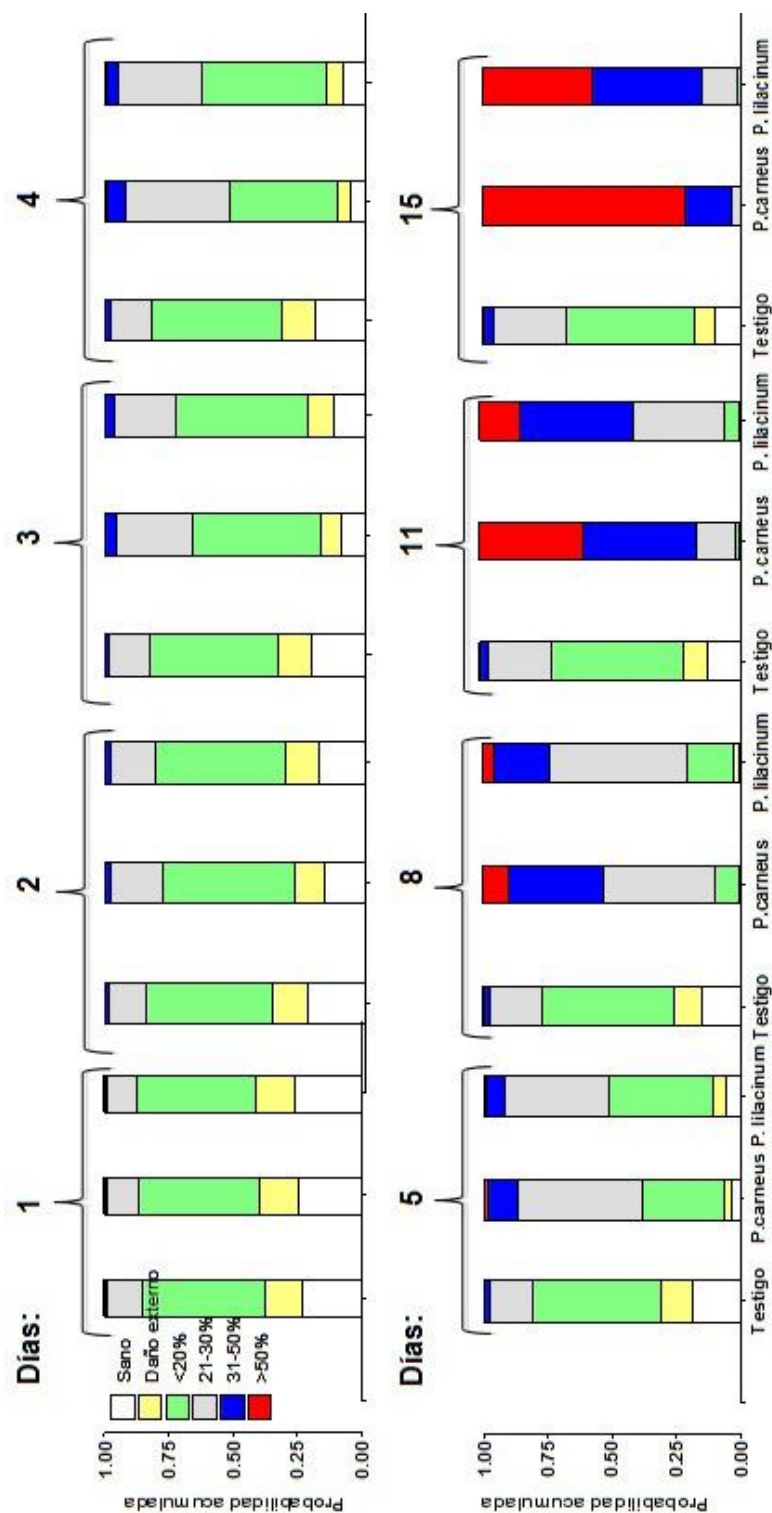




Patogenicidad de *P. carneus*

La interacción de los factores tiempo y tratamiento fue significativa ($F_{(11,228)}=25.3, p<0.0001$), lo cual indica que el desarrollo de la patogenicidad de los hongos fue diferente a través del tiempo. El nivel de daño de ambos organismos durante los primeros 3 días fue similar, menos del 20% de huevos y juveniles contenidos en los quistes fueron parasitados. A partir de los días 4 y 5, *P. carneus* y *P. lilacinum* aumentaron el nivel de parasitismo (entre 21 y 30% de los huevos y juveniles) en relación al testigo, quien mantuvo un daño inferior al 20 % hasta finalizar el experimento (Figura 3). Desde el día ocho y hasta el término del bioensayo, *P. carneus* mostró mayor agresividad que *P. lilacinum*, al parasitar 31-50% o más del 50% de huevos y juveniles de los quistes. Lo anterior sugiere que *P. carneus* puede ser un organismo con gran potencial como agente de control biológico del nematodo dorado. Sin embargo, son necesarios estudios a nivel de invernadero y campo para evaluar la efectividad, sobrevivencia, reproducción e interacción de este hongo con otros organismos del suelo.

Figura 3 Comparación de la patogenicidad de *P. carneus* y *P. lilacinum* a través del tiempo. Los colores de las barras se refieren al nivel de daño ocasionado en los quistes del nematodo dorado, mismos que corresponden a los niveles de la escala de patogenicidad. La longitud del color, acotada en el eje Y, indica la probabilidad de que un quiste presente el nivel de daño señalado por el color, según el tratamiento recibido y el día de observación



El uso de la escala de patogenicidad propuesta para este trabajo facilitó la cuantificación del daño ocasionado por el hongo *P. carneus* sobre los quistes de *G. rostochiensis*. Varios trabajos sobre patogenicidad de hongos nematófagos se han realizado sobre huevos, estadios juveniles o nematodos adultos filiformes, en cuyo caso es fácil cuantificar el número de individuos parasitados por un hongo y de esta forma establecer cuál es el organismo más patógeno (Duponnois *et al.*, 1996; Gomes *et al.*, 1999; De Almeida y dos Santos, 2004). Pero en el caso de los quistes, el número de investigaciones es escaso. Estas estructuras no pueden ser consideradas como unidades, ya que se trata de un conjunto de individuos y resulta difícil determinar la efectividad de un organismo antagonista evaluando el número de quistes que degrada. Por lo tanto, las escalas de patogenicidad son excelentes herramientas.

Conclusiones

El hongo *Paecilomyces carneus* puede parasitar *in vitro* quistes, huevos y juveniles de *G. rostochiensis* y el nivel de daño que ocasiona es superior al provocado por el hongo nematófago *P. lilacinum*, por lo cual se consideró que posee potencial para ser empleado en el control biológico del nematodo dorado. Sin embargo, es necesario realizar ensayos a nivel de invernadero y campo que confirmen la efectividad del hongo en el suelo. La escala de patogenicidad creada en este trabajo es una herramienta que facilita la comparación y evaluación del nivel de daño provocado por hongos nematófagos sobre nematodos formadores de quistes.

Referencias

Araújo, J.V., Braga, F.R., Silva, A.R., Araujo, J.M. and Tavela, A.O. (2008). In vitro evaluation of the effect of the nematophagous fungi *Duddingtonia flagrans*, *Monacrosporium sinense*, and *Pochonia chlamydosporia* on *Ascaris suum* eggs. *Parasitology Research*, 102, 787–790.

Badaway, M. I. (1998). Use and impact of pesticides in Egypt. *International Journal of Environmental Health Research*, 8, 223 – 239.

Braga, F. R., Ferreira, S. R., Araújo, J. V., Araujo, J. M., Silva, A. R., Carvalho, R. O., Campos, A. K. and Freitas, L. G. Predatory activity of *Pochonia chlamydosporia* fungus on *Toxocara* (syn. *Neoscaris*) *vitulorum* eggs. *Tropical Animal Health and Production*. Published on line: 22 August 2009.

Chen, S. Y., Dickson, O. W. and Mitchell, D. J. (1996). Pathogenicity of fungi to eggs of *Heterodera glycines*. *Journal of Nematology*, 28(2), 148-158.

Cordero, M. y Acevedo, R. (2000). Evaluación de la capacidad de parasitismo en hongos asociados con el nematodo quiste de la papa, *Globodera* spp. *Fitopatología Venezolana*, 13, 29-33.

Dackman, C. (1990). Fungal parasites of the potato cyst nematode *Globodera rostochiensis*: isolation and reinfection. *Journal of Nematology*, 22, 594-597.

De Almeida Bernardo, E. R. and dos Santos, J. M. (2004). Patogenicidade *in vitro* de *Monacrosporium robustum* a *Rotylenchus reniformis*. *Ciencia Rural*, 34(4), 1239-1241.

Desgarenes, D., Carrión, G., E. Núñez-Sánchez, A. y Núñez-Camargo, M. C. (2006). Distribution of stages and *in vitro* larval hatching in *Globodera rostochiensis* cyst. *Nematopica*, 36(2), 251 – 260.

Dijksterhuis, J., Veenhuis, M., Harder, W. and Nordbring-Hertz, B. (1993). *Nematophagous fungi: structure/function relationships and physiological aspect*, Netherlands: Uitgever,

Dong, I. Q. and Zhang, K. Q. (2006). Microbial control of plant-parasitic nematodes: a five-party interaction. *Plant Soil*, 288, 31-45.

Duponnois, R., Mateille, T., Sene, V., Sawadogo, A. and Fargette, M. (1996). Effect of different west african species and strains of *Arthrobotrys nematophagous* fungi on *Meloidogyne* species. *Entomophaga*, 41(3), 475-483.

Esser, R. P. and El-Gholl, N. E. (1993). *Paecilomyces lilacinus* a fungus that parasitizes nematode eggs. Florida Department of Agriculture and Consumer Service, Division of *Plant Industry*. *Nematology Circular* 203.

European Plant Protection Organization (EPPO). (1997). *Quarantine Pests for Europe*. (2nd edition) UK: CABI International

Fenwick, D. M. (1940). Methods for recover and counting of cysts of *Heterodera schachtii* from soil. *Journal of Helminthology*, 18, 155-172.

Gomes, A.P.S., Araújo, J.V. and Ribeiro, R.C.F. (1999). Differential *in vitro* pathogenicity of predatory fungi of the genus *Monacrosporium* for phytonematodes, free-living nematodes and parasitic nematodes of cattle. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 32, 79-83.

Hans-Börje, J. (1982). Predacity of nematophagous fungi and its relation to the attraction of nematodes. *Microbial Ecology*, 8, 233-240.

Hidalgo-Díaz, L. and Kerry, B. R. (2008). *Integration of biological control with other methods of nematode management*. Integrated Management and Biocontrol of Vegetable and Grain Crops Nematodes: Springer.

Kerry, B., Barker, A. y Evans, Ken. (2003). *Investigation of potato cyst nematode control*. Nematode Interactions Unit, Plant-Pathogens Interactions Division, Rothamsted Research, Harpenden Herts

- Khan, A., Williams, K. L. and Nevalainen, H. K. M. (2006 a). Control of plant-parasitic nematodes by *Paecilomyces lilacinus* and *Monacrosporium lysipagum* in pot trials. *BioControl*, 51, 643–658.
- Khan, A., Williams, K. L. and Nevalainen, H. K. M. (2006 b). Infection of plant-parasitic nematodes by *Paecilomyces lilacinus* and *Monacrosporium lysipagum*. *BioControl*, 51, 659–678.
- Kim, D. G., Riggs, R. D. and Kim, K. S. (1992). Ultrastructure of *Heterodera glycines* parasitized by Arkansas fungus 18. *Phytopathology*, 82(4), 429-433.
- Levine, A. D. and Rachakornkij, M. (1994). Effects of chemicals on microorganisms. *Water Environment Research*, 66(4), 611-623.
- López-Llorca, L. V., Maciá-Vicente, J. G. and Jansson, H.B. (2008). *Mode of action and interactions of nematophagous fungi*. Integrated management and biocontrol of vegetable and grain crops nematodes: Springer.
- Mankau, R. (1980). Biocontrol: fungi as nematode control agents. *Journal of Nematology*, 12(4), 244-252.
- Montes-Belmont, R. 2000. *Nematología vegetal en México*. (2ª edición). Sonora, México: Sociedad Mexicana de Fitopatología, A. C.
- Morgan-Jones, G. and Rodríguez-Kabana, R. (1985). Phytonematode pathology: Fungal modes of action. A perspective. *Nematropica*, 15(1), 107-114.
- Morgan-Jones, G., White, J. F. and Rodríguez-Kabana, R. (1983). Phytonematode pathology: Ultrastructural studies. I. Parasitisms of *Meloidogyne arenaria* eggs by *Verticillium chlamidosporium*. *Nematropica*, 13(2), 245-260.
- Morgan-Jones, G., White, J. F. and Rodríguez-Kabana, R. (1984). Phytonematode pathology: Ultrastructural studies. II. Parasitisms of *Meloidogyne arenaria* eggs and larvae by *Paecilomyces lilacinus*. *Nematropica*, 14(1), 57-71.
- Morgan-Jones, G., Rodríguez-Kabana, R. and Jatala, P. (1986). Fungi associated with cyst nematodes in Perú. *Nematropica*, 16(1), 21-31.
- Núñez-Camargo, M. C., Carrión, G. and Núñez-Sánchez, A. E. (2003). Fungi associated with *Globodera rostochiensis* cyst in México. *Internacional Journal of Nematology*, 13, 143–153.
- Samson, R. A. (1974). *Paecilomyces* and some allied *Hyphomycetes*. *Studies in Mycology*, 6. Centraalbureau Voor Schimmelcultures Baarn.

Saxena, G. (2004). Biocontrol of nematode-borne diseases in vegetable crops. Disease management of fruits and vegetables. Fruit and vegetable diseases, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2002). NOM-040-FITO-2002, Requisitos y especificaciones para la producción y movilización nacional de papa comercial. Diario Oficial de la Federación, México.

Turner, S. J. y Evans, K. (1998). *The origins, global distribution and biology of potato cyst nematodes (Globodera rostochiensis (Woll.) and Globodera pallida Stone)*. Potato cyst nematodes, biology, distribution and control. U.K.: CAB International

United States Department of Agriculture (USDA). (2006). *Golden nematode program manual*. Plant Protection Quarantine, EUA: INTERIM.

Yu, Q. and Coosemans, J. (1998). Fungi associated with cysts of *Globodera rostochiensis*, *G. pallida*, and *Heterodera schachtii*; and egg masses and females of *Meloidogyne hapla* in Belgium. *Phytoprotection*, 79, 63-69.

Plantas nativas asociadas al pitayo (*Stenocereus griseus*) Haworth y su aprovechamiento, en San Ciro de Acosta, S. L. P.

ÁLVAREZ-HERNÁNDEZ, Rogelio^{*†} & SALAZAR-TORRES, José Cruz^{''}

Universidad Autónoma Chapingo, Km 38.5 Carretera México-Texcoco, 56230, Chapingo, México. 01(595) 952-1500 Ext. 5606.

Universidad Autónoma Chapingo, Km 38.5 Carretera México-Texcoco, 56230, Chapingo, México..

Resumen

México es reconocido por su alta biodiversidad, pues tiene casi todo tipo de vegetación (10% de la flora mundial y 4º en plantas vasculares) y existe una amplia experiencia sobre uso de la vegetación natural, desde tiempos prehispánicos. En el caso de la vegetación de zonas áridas una de las regiones más estudiadas ha sido S. L. P., pero con pocos estudios sobre aprovechamiento de la vegetación nativa. Se trabajó en áreas nativas de pitayo (*Stenocereus griseus* Haworth), al S y SE de San Ciro de Acosta, S. L. P., con un clima semiseco (precipitación de 789 mm y temperatura media anual de 21°C). Se muestreó al azar en 17 transectos de 100 por 10 metros (17,000 m² en una área de trabajo de 27.8 km²). La colecta y herborización de plantas nativas se realizó según las normas de los herbarios de la UACH. Se usaron claves y fichas descriptivas. Las plantas se clasificaron al nivel de familia, género y especie y nombres comunes. Para el estudio del uso actual de la vegetación nativa se utilizó un cuestionario etnobotánico que permitió conocer su aprovechamiento: medicinal (40.11%), forrajero (36.36%), ornamental (28.34%), alimenticio (22.99%), melífero (18.72%), conservación de suelos (18.72%), combustible (18.72%), cerco vivos (6.54%), condimenticias (5.35%), construcción (5.35%), especies tóxicas (2.68%) y sin uso específico (13.39%). Por especie se consideró: forma de vida, cobertura, frecuencia y ubicación en la vegetación identificados. Las especies se ubicaron en mezquital (19.2%), matorral submontano (54.3%), matorral desértico micrófilo (20.8%), matorral desértico rosetófilo (5.7%), matorral desértico crasicale (39.2%). Los porcentajes exceden el 100% pues algunas especies se encontraron en dos o más tipos de vegetación. Se identificaron: 43 familias de Magnoliophyta (228 especies de 143 géneros), 3 de Pteridophyta (6 géneros y 8 especies) y 3 géneros (6 especies) de Líquenes.

Plantas Nativas, Pitayo, Aprovechamiento.

Abstract

Mexico is known for its high biodiversity, it has almost all types of vegetation (10% of the world's flora and 4th in vascular plants) and there is a wide experience on the use of natural vegetation, from pre-Hispanic times. In the case of vegetation in arid one of the most studied regions it has been SLP, but few studies on use of native vegetation. He worked in native areas pitayo (*Stenocereus Haworth griseus*), the S and SE of San Ciro de Acosta, SLP, a semi-dry climate (rainfall of 789 mm and an average annual temperature of 21 ° C). It randomly sampled 17 transects of 100 by 10 meters (17,000 m² in a work area 27.8 km²). The collection of native plants and plant collection was performed according to the rules of herbal UACH. keys and fact sheets were used. The plants were classified at the level of family, genus and species and common names. Medicinal (40.11%), forage (36.36%), ornamental (28.34%), food (22.99%), mellific (18.72%): To study the current use of native vegetation an ethnobotanical survey yielded information on their use was used, soil conservation (18.72%), fuel (18.72%), live fence (6.54%), condimenticias (5.35%), construction (5.35%), toxic species (2.68%) without specific use (13.39%). By species it was considered: lifestyle, coverage, frequency and location identified in the vegetation. The species were located in mesquite (19.2%), submontano (54.3%) scrub, scrub desert microphyll (20.8%), scrub desert rosetophilous (5.7%), scrub desert crasicale (39.2%). Percentages exceed 100% because some species were found in two or more types of vegetation. We identified 43 families of Magnoliophyta (228 species of 143 genera), 3 Pteridophytes (6 genera and 8 species) and 3 genera (6 species) Lichen.

Native Plants, Pitayo, Use.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: roger_owl_uach@yahoo.com.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

Las plantas han servido al hombre para alimentarse, vestirse, condimentar los alimentos, calentarlos y dar calor al hogar. Con el desarrollo de la agricultura la humanidad aprendió a cultivar y poco a poco fue seleccionando las plantas que eran más productivas, resistentes y de ciclos más cortos. Las plantas textiles se han aprovechado para extraer fibras usadas para la elaboración de tejidos vegetales o para fabricar cuerdas. A partir del extracto de algunas plantas se fabrican bebidas refrescantes, o alcohólicas; otras son tintóreas, aromáticas, bioenergéticas, estimulantes y, en general, gran parte de las necesidades del hombre pueden ser satisfechas con productos vegetales. El uso de las plantas para curar enfermedades es tan antiguo como el hombre. Al principio era intuitivo, pero los conocimientos fueron acumulándose y transmitiéndose de forma oral.

Las plantas útiles de un determinado territorio se distribuyen en el paisaje, en el seno de comunidades vegetales concretas, que las poblaciones nativas conocen de forma empírica y han aprendido a utilizar adaptándose a ellas desde tiempos remotos. En este sentido, su búsqueda cotidiana de plantas para usos muy diversos se enmarca en el escenario natural delimitado por los diversos ecosistemas de su hábitat, percibidos de forma integrada y por tanto conocidos y utilizados con una gran eficacia. El estudio plantas útiles tiene como finalidad hacer un manejo integral del bosque y por ello, la búsqueda de productos alternativos es un objetivo primario. Con el presente estudio, se ha desarrollado un activo programa con componente tradicional, reconociendo la validez científica de las investigaciones con enfoque etnobotánico.

Las condiciones naturales del área de estudio corresponden a las de una zona transicional, entre el semidesierto y el trópico seco lo que favorece el desarrollo de diversos tipos de vegetación; otros factores que promueven la diversidad vegetal son la ausencia de heladas y la presencia de una laguna intermitente. En la región de estudio se identifican varios tipos de vegetación que corresponden a las características climáticas, tipo de suelo, altitud y presencia de fuentes de agua. Se localizan los siguientes tipos de vegetación:

1. Matorral submontano. Con gran número de géneros endémicos y dominancia de arbustos altos o árboles bajos, deciduos por un periodo breve. Su composición florística es neotropical. Se desarrolla en suelos delgados, temperatura media anual de 19 a 23°C; con heladas en las partes más altas y poco frecuentes a baja altitud, precipitación de 450 a 900 mm, con 6 a 7 meses de sequía; esta vegetación es transicional entre matorrales de zonas áridas y las comunidades de bosques templados (Rzedowski y Calderón, 1957) (Rzedowski, 1955, 1956, 1957, 1965, 1966, 1983; Rzedowski y Equihua, 1987).

2. Mezquital extradesértico o bosque espinoso (Rzedowski, 1965), florísticamente guarda relaciones muy estrechas con los matorrales desérticos, pues se desarrolla en condiciones climáticas análogas, se distribuye en la zona transicional de los climas semisecos, con una temperatura media anual entre 18° y 20° C, y precipitación anual menor a 700 mm, sobre suelos aluviales, claros, pobres en materia orgánica; ocupa los terrenos planos o poco inclinados, con suelos profundos en pequeños valles; también existe en climas más áridos, donde la baja precipitación se compensa por un nivel freático permanente o temporal al alcance de las raíces de *Prosopis* (Rzedowski y Equihua, 1987), que alcanza alturas de 6 a 10 m, con densidad variable y coexiste con *Acacia farnesiana* (L.) Willd., *Lemaireocereus* sp. y *Yucca filifera* Chabaud; *Tillandsia recurvata* L. suele abundar sobre las ramas del mezquite (Rzedowski, 1955; Rzedowski y Calderón, 1957). Los arbustos de 1 a 3 metros de altura rara vez forman un estrato continuo y cubren sólo de 0-30% del suelo. La composición y desarrollo del estrato herbáceo es variable.

3. Matorral desértico micrófilo, originalmente llamado “matorral desértico aluvial” (Rzedowski, 1956). En esta categoría se agrupan las comunidades en que las plantas corresponden a arbustos de hoja o foliolo pequeño de 0.5 hasta 2.5 m y ocupan la mayor parte de la extensión de las regiones áridas de México. Cubre casi el 38% de la superficie de S. L. P., al N y W, extendiéndose hasta la porción central (Rzedowski y Calderón, 1957); es propio de terrenos planos y partes bajas de los cerros de gran parte del altiplano árido (Rzedowski, 1965). La cobertura de este matorral es baja, y más pobre en condiciones de mayor aridez; sobresalen, *Larrea*, *Flourensia*, *Opuntia* y *Acacia* sp. (Rzedowski, 1966). En algunos sitios, el matorral forma eminencias aisladas de más de 6 m de alto con *Prosopis laevigata*; en otros lugares, los componentes más altos son *Yucca filifera* Chabaud (Rzedowski y Equihua, 1987).

4. Matorral desértico crasicale. Conformado por plantas con tallos suculentos y hojas transformadas en espinas (cactáceas). En algunas áreas de S. L. P. se le asocia *Myrtillocactus geometrizans* (Mart.) Conzatti y a veces también *Lemaireocereus* spp. Por otro lado *Yucca decipiens* L. puede formar un estrato de eminencias, mientras que a niveles inferiores conviven arbustos micrófilos (*Mimosa*, *Acacia*, *Dalea*, *Prosopis*, *Rhus*, *Larrea*, *Brickellia*, *Eupatorium*, *Buddleia*, *Celtis*). La altura varía de 2 a 4 m, su densidad es variable, pueden alcanzar casi 100% de cobertura y hay presencia de muchas herbáceas (Scheinvar, 2004). A altitudes menores de 1600 msnm existe *Lemaireocereus* spp. Al Sur de la entidad son dominantes *Opuntia* y *Myrtillocactus*, así como en manchones al centro, oriente y occidente del estado (Rzedowski y Calderón, 1957).

5. Matorral desértico rosetófilo. Presenta plantas arbustivas de hojas largas y angostas, arrosadas; tiene un estrato subarborescente, espinoso y perennifolio muy denso, dada su reproducción vegetativa, de 20 a 60 cm de altura; las especies dominantes son *Agave lechuguilla* Torr., *Agave striata* ssp. *falcata* (Engelm.) Gentry, *Hechtia glomerata* Zucc. y *Dasyllirion* sp., existen arbustos como *Euphorbia*, *Parthenium* y cactáceas de pequeñas y medianas. Crece en laderas de cerros bajos y lomeríos de rocas calizas y margas, de la Sierra Madre Oriental, desde Rioverde hasta Vanegas al N del estado de S. L. P. (Rzedowski, 1955, 1956, 1957, 1965 y 1966; Rzedowski y Equihua, 1987; Scheinvar, 2004).

En México existe una amplia experiencia sobre el conocimiento y uso de la vegetación natural, la cual data desde tiempos prehispánicos y se ha conservado de generación en generación a través de los siglos. Dicho conocimiento autóctono sirve de base en muchas de las investigaciones etnobotánicas actuales, de las cuales el conocimiento de la diversidad de especies es fundamental. Aún se encuentra un vasto número de especies de plantas cuya utilidad potencial jamás se ha explorado, por lo que es importante inventariar y conocer las propiedades de la flora antes de que se destruya su diversidad.

En el caso de la vegetación de las zonas áridas del país una de las regiones más estudiadas por los investigadores ha sido el estado de San Luis Potosí, como lo demuestran los trabajos hechos por Rzedowski (1956, 1957, 1963, 1965); y Rzedowski y Calderón (1957), pero pocos estudios se refieren al aprovechamiento de la vegetación nativa, razón por la cual se desarrolló este trabajo en el municipio de San Ciro de Acosta, S. L. P., para lo cual se plantearon los siguientes objetivos:

- 1.- Identificar las especies vegetales nativas útiles asociadas a las poblaciones de *Stenocereus griseus* en el Sur y Sureste del municipio de San Ciro de Acosta, S. L. P.
- 2.- Describir de manera preliminar el aprovechamiento de la vegetación natural del área de estudio dentro de los tipos de vegetación característicos en la región.
- 3.- Rescatar los conocimientos y valores sobre la flora silvestre en el área de estudio.

Materiales y métodos

Se determinó la diversidad florística en el área donde se crecen poblaciones nativas de pitayo (*Stenocereus griseus*) Haworth, al S y SE de San Ciro de Acosta, S. L. P. Los sitios de muestreo se eligieron totalmente al azar, el primero se ubicó al extremo oriental del área de estudio, y los siguientes se establecieron en función de la accesibilidad, considerando que la distancia entre transectos fuera más o menos homogénea. Para obtener información sobre la composición y estructura de las comunidades de vegetales se utilizó un área estandarizada de muestreo a través del método de los transectos; cada uno de éstos abarcó una superficie de 1000 m² (100 metros de longitud por 10 metros de ancho). Se trabajó con 17 transectos para una superficie muestreada de 17,000 m² distribuida dentro de una área de trabajo de 27.8 km². Los transectos se geoposicionaron y la información de cada sitio de muestreo fue transferida a Autocad, aplicado a ortofotos digitales. Con base en la información se elaboraron los mapas del área de trabajo.

La colecta y herborización de especies vegetales nativas se realizó de acuerdo a las normas exigidas por los herbarios de la UACH. Se aplicó el método comparativo para la identificación de las especies de plantas, trabajando con materiales herborizados y se comparados, con ejemplares tipo en los herbarios de la UACH y del Herbario Isidro Palacios de la UASLP. También se trabajó con herbarios virtuales vía Internet. Además, se utilizaron claves y fichas descriptivas (Bravo-Hollis, 1974; Rzedowsky y Equihua, 1987; Arreguín *et al.*, 1997; Calderón y Rzedowski, 2003, 2004; NYBG, 2004; USNA-USDA, 2005; MOBOT, 2006; Perkins, 2006; Vibrans y Tenorio, 2007).

Se localizaron a través de diferentes fuentes de información (oral, documental, Internet, etc.) los nombres comunes de cada una de las especies identificadas en la región de estudio. Se consultaron obras documentales dedicadas a la denominación de las plantas en la república mexicana (Martínez, 1984). Para conocer los usos actuales y potenciales de la vegetación nativa se utilizó un cuestionario etnobotánico modificado y adaptado a las condiciones del área de estudio (Casas, *et al.* 1994). (b) Para el registro de cada especie se consideraron los siguientes aspectos: 1. Forma de vida (herbácea, arbustiva, arbórea, trepadora, crasa, epífita, parásita, flotante, arraigada y sumergida); 2. Cobertura (rara, dispersa, discontinua, amacollada, agrupada y continua); 3. Frecuencia (escasa, regular, abundante); y 4. Ubicación dentro de los tipos de vegetación encontrados. Las respuestas proporcionadas por los informantes se organizaron en una base de datos utilizando Microsoft Excel[®]. Se calcularon los índices cuantitativos para cada una de las especies.

Para determinar el uso potencial de las plantas se usaron los Criterios de Roig (1988), que consideran la caracterización general de las plantas endémicas, entrevistando a los campesinos de las zonas y evaluando su aprovechamiento principal (medicinal, maderable, industrial, melífero, frutales, tóxicas y otros usos), verificando además el nombre por el que comúnmente se le conoce localmente. Los datos obtenidos a partir del consenso de informantes, se analizaron mediante:

El Índice de Valor de Uso (IVU). Se empleó el enfoque de consenso de informantes, metodología desarrollada por Phillips y Gentry (1993) y Phillips (1996). Este valor expresa la importancia o valor cultural de una especie determinada para todos los informantes entrevistados. Para estimar el índice de valor de uso general de cada especie para todos los informantes (IVUs), se utilizó la fórmula:

$$IVUs = \frac{\sum_i UVis}{NS}$$

Donde:

UVis = número de usos mencionados por cada informante (i), para cada especie (s).

NS = número de informantes entrevistados.

Nivel de Uso Significativo Tramitil (UST). Para estimar el nivel de uso significativo para cada especie y verificar su aceptación cultural, se utilizó la metodología propuesta por Germosén-Robineau (1995), que expresa que aquellos usos que son citados con una frecuencia superior o igual al 20%, por las personas encuestadas que usan plantas como primer recurso para un determinado problema, pueden considerarse significativos desde el punto de vista de su aceptación cultural y, por lo tanto, merecen su evaluación y validación científica. El UST se calcula dividiendo el número de citaciones de uso para cada especie(s), entre el número de informantes encuestados; se utilizó la siguiente ecuación:

$$UST = \frac{\text{Uso de la especie (s)} 100}{Nis}$$

Donde:

Uso Especie (s) = número de citaciones para cada especie.

Nis = número de informantes encuestados.

Resultados

Las condiciones naturales de la zona de estudio corresponden a las de una zona transicional, entre el semidesierto y el trópico seco lo que permite el desarrollo de diversos tipos de vegetación: 1. Matorral submontano; 2. Matorral desértico micrófilo; 3. Matorral desértico rosetófilo; 4. Matorral desértico crasicaule y 5. Mezquital extradesértico.

Se identificaron 43 familias de Magnoliofitas, con un total de 228 especies incluidas en 143 géneros. Las familias identificadas se mencionan a continuación: (1) Monocotiledoneae: Agavaceae, Aloeaceae, Bromeliaceae, Commelinaceae, Cyperaceae, Liliaceae y Poaceae. (2) Dicotilenoneae: Acanthaceae, Amaranthaceae, Apocynaceae, Asclepiadaceae, Asteraceae, Boraginaceae, Burseraceae, Cactaceae, Convolvulaceae, Chenopodiaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae (Mimosoideae, Papilionoideae y Caesalpinoideae), Lamiaceae, Lytraceae, Malpighiaceae, Malvaceae, Martyniaceae, Nyctaginaceae, Oleaceae, Oxalidaceae, Papaveraceae, Periplocaceae, Portulacaceae, Viscaceae, Rhamnaceae, Rubiaceae, Sapindaceae, Scrophulariaceae, Solanaceae, Turneraceae, Ulmaceae, Verbenaceae, Viscaceae y Zygophyllaceae.

De las Pteridofitas se identificaron 3 familias, 6 géneros y 8 especies; de los líquenes se identificaron 3 géneros y 6 especies, para un total de 242 especies dentro de los 152 géneros identificados.

Cuadro 1 Familias de Magnoliofitas con mayor número de especies nativas asociadas a las poblaciones de *Stenocereus* spp. San Ciro de Acosta, S. L. P.

Familias	Géneros	%	Especies	%
Asteraceae	25	15.35	35	17.48
Cactaceae	13	13.16	30	9.091
Malvaceae	9	9.211	21	6.294
Poaceae	14	8.333	19	9.790
Euphorbiaceae	16	7.018	5	3.497
Asclepiadaceae	11	4.825	6	4.196
Mimosoideae	11	4.825	5	3.497
Solanaceae	7	3.070	4	2.797
Verbenaceae	7	3.070	4	2.797

Convolvulaceae	7	3.070	3	2.098
Portulacaceae	5	2.193	4	2.797
Papilionoideae	4	1.754	4	2.797
Rhamnaceae	4	1.754	4	2.797
Lamiaceae	4	1.754	3	2.098
Nyctaginaceae	4	1.754	3	2.098
Caesalpinoideae	4	1.754	3	2.098
Commelinaceae	4	1.754	2	1.399
Agavaceae	3	1.316	3	2.098
Zygophyllaceae	3	1.316	3	2.098
Amaranthaceae	2	0.877	2	1.399
Bromeliaceae	2	0.877	2	1.399
Scrophulariaceae	2	0.877	2	1.399
Acanthaceae	2	0.877	1	0.699
Boraginaceae	2	0.877	1	0.699
Turneraceae	2	0.877	1	0.699
Subtotal	126	88.1	211	92.5

Las familias indicadas en el Cuadro 1, fueron las que mayor número de especies presentaron, totalizando 126 géneros (88.1%) y 211 especies (92.5%). Las familias Apocynaceae, Burseraceae, Chenopodiaceae, Cyperaceae, Liliaceae, Lytraceae, Malpighiaceae, Martyniaceae, Oleaceae, Oxalidaceae, Papaveraceae, Periplocaceae, Rubiaceae, Sapindaceae, Ulmaceae y Viscaceae, estuvieron representadas por 1 género y 1 especie, alcanzando cada una de ellas 0.439% y 0.699%, respectivamente.

En el Cuadro 2, se presentan los resultados correspondientes al aprovechamiento actual y potencial de las especies de Magnoliofitas identificadas, localizadas en las áreas de crecimiento de las poblaciones nativas de pitayo (*Stenocereus griseus* Haworth), ubicadas al Sur y Sureste de la cabecera municipal de San Ciro de Acosta, S. L. P. Los resultados muestran que el principal uso actual es medicinal, forrajero, ornamental y alimenticio, aunque se encontró una gran potencialidad para el aprovechamiento ornamental, y una gran presencia de especies melíferas, que pudiesen representar mejores expectativas para la producción de miel en la región. Se encontró, además, que sólo una baja proporción de las especies identificadas no tienen un uso específico, al menos en el área de estudio. De igual manera, algunas especies tóxicas, ofrecen potencialidades para su aprovechamiento médico o farmacológico.

Cuadro 2 Usos actuales y potenciales de plantas nativas de Magnoliofitas asociadas a las poblaciones de *Stenocereus griseus* en San Ciro de Acosta, S. L. P.

Aprovechamiento	Uso actual	%	Uso potencial	%
Medicinal	75	40.11	12	6.42
Forrajero	68	36.36	2	1.07
Ornamental	53	28.34	25	13.39
Alimenticio	43	22.99	2	1.07
Especies melíferas	35	18.72	14	7.49
Conservación de suelos	35	18.72	0	0
Combustible	35	18.72	0	0
Sin uso específico	25	13.39	0	0
Cercos vivos	18	6.54	0	0
Condimento	10	5.35	0	0
Construcción	10	5.35	0	0
Especies tóxicas	5	2.68	5	2.68

Nota. No coinciden las proporciones pues algunas plantas tienen varios usos

Conclusiones

Las especies se ubicaron en mezquital (19.2%), matorral submontano (54.3%), matorral desértico micrófilo (20.8%), matorral desértico rosetófilo (5.7%), matorral desértico crasicaule (39.2%).

Se identificaron: 43 familias de Magnoliofitas (228 especies de 143 géneros), 3 de Pteridofitas (6 géneros y 8 especies) y 3 géneros (6 especies) de Líquenes.

Se reconoció el aprovechamiento de las especies identificadas: medicinal (40.11%), forrajero (36.36%), ornamental (28.34%), alimenticio (22.99%), melífero (18.72%), conservación de suelos (18.72%), combustible (18.72%), cerco vivos (6.54%), condimenticias (5.35%), construcción (5.35%), especies tóxicas (2.68%) y sin uso específico (13.39%).

Se encontró una gran potencialidad para el aprovechamiento ornamental, y una gran presencia de especies melíferas, así como las perspectivas de uso medicinal o farmacológico de algunas especies de plantas nativas del área de estudio.

Referencias

Arreguín S., M. L., Cabrera, L. G., Fernández N., R, Orozco L., C., B. y Yepes B., M. (1997). Introducción a la flora del estado de Querétaro. CONCYTEQ-IPN-UACH. Querétaro, Qro. 250 p.

Bravo-Hollis, H. (1978). Las cactáceas de México. Vol. 1. UNAM. México, D. F. 743 p.

Calderón, G. y Rzedowski, J. (2003). Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículos 1 al 100. Instituto de Ecología, A.C. y CONABIO. [En línea]. Disponible en: http://www.ecologia.edu.mx/publicaciones/CD_FLOBA.htm. (Consultada el 09/07/2008).

Calderón, G. y Rzedowski, J. (2004). Manual de malezas de la región de Salvatierra, Guanajuato. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Instituto de Ecología, A. C., Centro Regional del Bajío, Pátzcuaro, Michoacán. 316 p.

Casas, A., Viveros, J. L., y Caballero, J. (1994). Etnobotánica Mixteca. Sociedad, Cultura y Recursos Naturales en la montaña de Guerrero. Ed. Dirección General de Publicaciones. CONACULTA-INI. 366 p.

Germosén-Robineau, L. (1995). Hacia una Farmacopea Vegetal Caribeña. Edición TRAMIL 7. Enda-Caribe, UAG & Universidad de Antioquia. Santo Domingo. 696 p.

Martínez, M. (1984). Catálogo de nombres vulgares y científicos. Plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 1247 p.

MOBOT. (2006). Flora mesoamericana. The Missouri Botanical Garden. [En línea]. Disponible en: <http://www.mobot.org/mobot/fm/welcome.html>. (Consultada el 18/11/2006).

NYBG. (2004). Virtual Herbarium. International Plant Science Center. The New York Botanical Garden. [En línea]. Disponible en: <http://sciweb.nybg.org/science2/hcol/allvasc/vascchecklist.asp>. (Consultada el 07/11/2008).

Perkins, Kent. (2006). Type specimens in the University of Florida Herbarium. Type catalog search page. University of Florida Herbarium (FLAS). [En línea]. Disponible en: <http://www.flmnh.ufl.edu/natsci/herbarium/types/typesrch.asp>. (Consultada el 22/03/2008).

Phillips O, Gentry A. The Useful Plants of Tambopata, Perú: I. Statistical Hypotheses Test with a New Quantitative Technique. *Econ Bot.* (1993). 47(1), 15-32.

Phillips O. (1996). Some Quantitative Methods for Analyzing Ethnobotanical Knowledge. The New York Botanical Garden. New York, USA.

Roig, J. T. (1988). Diccionario botánico de nombres vulgares cubanos. Vol. I y II. Editora científico-Técnica, La Habana. 1142 p.

Rzedowski, J. (1955). Notas sobre la flora y la vegetación del Estado de San Luis Potosí. I. Algunas novedades florísticas de la parte sur del Estado. *Ciencia.* 51: 89-96.

Rzedowski, J. (1956). Notas sobre la flora y la vegetación del Estado de San Luis Potosí. III. Vegetación de la región de Guadalcázar. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM* 27(1), 169-228.

Rzedowski, J. (1957). Vegetación de las partes áridas de los estados de San Luis Potosí y Zacatecas. *Rev. Sociedad Mexicana de Historia Natural* 18 (1- 4), pp. 49-101.

Rzedowski, J. (1963). El extremo boreal del bosque tropical siempre verde en Norteamérica central. *Vegetatic.* 2(4), 173-198.

Rzedowski, J. (1965). Vegetación del estado de San Luis Potosí. *Acta Científica Potosina* 5 (1-2): 5-291.

Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski. (1957). Notas sobre la flora y la vegetación del Estado de San Luis Potosí. V. La vegetación a lo largo de la carretera San Luis Potosí-Rioverde. *Acta Científica Potosina México* 1: 7-68.

Rzedowsky, J. y Equihua, M. (1987). Atlas cultural de México. Flora. SEP-INAH-PLANETA. México, D.F. 220 p.

Scheinvar, L. (2004). Flora cactológica del estado de Querétaro. Diversidad y riqueza. Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 375 p.

USNA-USDA. (2005). The United States National Arboretum Herbarium. [En línea]. Disponible en: <http://www.usna.usda.gov/Research/Herbarium/BotType.html>. (Consultada el 03/10/2008).

Vibrans, H. y Tenorio L., P. (2007). Malezas de México. [En línea]. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/home-malezas-mexico.htm>. (Consultada el 09/08/2008).

Proceso de la extracción del Mucilago, como subproducto del Nopal en la Delegación Milpa Alta

GALICIA-VILLANUEVA, Silvia*† & AQUINO-GONZÁLEZ, Laura Victoria

Instituto Politécnico Nacional, ESCA Tepepan, Periférico Sur No. 4862 Col. Ampliación Tepepan, C.P. 16020.

†Instituto Politécnico Nacional CIIDIR Oaxaca.

Resumen

Los subproductos del nopal, constituyen un segmento clave para a los productores de nopal de la Delegación Milpa Alta,

El nopal es una planta noble que tiene muchas propiedades como son: conservar la erosión de suelo, alimento, planta medicinal, base de cosméticos, como mucilago, Shampoo, jabón, etc. Un producto que está cobrando interés desde el punto de la investigación médica y que también podría tenerlo para el sector industrial, son los hidrocoloides o mucilagos que se pueden extraer de las pencas y de las cascarras de los frutos de los nopales, el interés despertado en la industria de suplementos alimenticios para elaborar extractos protectores de la mucosa gástrica, entre otros productos.

En un estudio efectuado en Cuba (López, 2000) citado por (Sáenz, 2006) comparo la capacidad clarificante del mucilago en el agua, con otros agentes tradicionales como el sulfato de aluminio. El mucilago también redujo la demanda química de oxígeno y removió metales pesados (Fe, Al, Mn) y coliformes fecales. Después del tratamiento, el agua no presento ningún olor desagradable.

Por otra parte, en Perú, Ramsey (1999) citado por (Sáenz, 2006) estudió el uso de goma o mucilago de cladodios de nopal para estabilizar bloques de adobe, comparándolo con la cal; los resultados obtenidos no fueron exitosos como se esperaba, probablemente debido a que las dosis empleadas fueron bajas (10 por ciento).

En México hay una larga historia del uso del mucilago de nopal en combinación con cal: aumenta sus propiedades adhesivas y mejora su repelencia al agua. Tradicionalmente, se ha usado de modo similar al yeso en paredes de adobe y de ladrillo, y también como una barrera al agua en el estuco. Cárdenas (1998) citado por (Sáenz, 2006) ha señalado, que desde hace muchos siglos se agrega jugo de nopal como un adhesivo orgánico a la cal para restaurar y proteger edificios históricos en México, se probó la adición de jugo de nopal (extraído de pencas hervidas) a la cal en proporciones diferentes (0,65, 1,0 y 1,95 por ciento); la resistencia de las pastas secas fue evaluada por una prueba penetración-ruptura con un texturómetro.

Proceso de extracción, mucilago, subproducto del nopal, Delegación Milpa Alta.

Abstract

Nopal byproducts, are a key segment for producers of nopal Milpa Alta Delegation,

The nopal is a noble plant that has many properties such as: conserving soil erosion, food, medicinal plant based cosmetics, as mucilage, shampoo, soap, etc. One product that is gaining interest from the point of medical research and could also have it for the industrial sector, are hydrocolloids or mucilages that can be extracted from the leaves and rinds of the fruits of the cactus, the interest aroused in the dietary supplement industry to develop protective extracts of gastric mucosa, among other products.

In a study in Cuba (Lopez, 2000) cited by (Saenz 2006) compared the ability of mucilage in clearer water, with other traditional agents such as aluminum sulfate. The mucilage also reduced chemical oxygen demand and removed heavy metals (Fe, Al, Mn) and fecal coliforms. After treatment, the water does not present any unpleasant odor.

Moreover, in Peru, Ramsey (1999) cited by (Saenz, 2006) studied the use of glue or mucilage cactus pads to stabilize adobe blocks, compared with lime; the results obtained were not successful as expected, probably because the doses used were low (10 percent).

Mexico has a long history of use of the cactus mucilage in combination with lime: increase its adhesive properties and improves water repellency. Traditionally, it has been used in a similar way to plaster walls of adobe and brick, as well as a water barrier in the stucco. Cardenas (1998) cited by (Saenz, 2006) has noted, that for many centuries nopal juice is added as an organic adhesive lime to restore and protect historic buildings in Mexico, adding nopal juice was tested (extracted stalks boiled) lime in different ratios (0.65, 1.0 and 1.95 percent); the resistance of dry pasta was evaluated by a penetration-break test with a texture analyzer.

Extraction process, mucilage, a byproduct of nopal Milpa Alta

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: sgalicia@ipn.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

“Al nopal sólo lo van a ver cuándo tiene tunas” (Refrán mexicano)

Ilustración 1 El nopal, la herencia verde de México



Existe evidencia sobre el uso, consumo y conocimiento del nopal por parte de los primeros pobladores de México, es en las excavaciones de Tamaulipas y Tehuacán, Puebla, donde se encontraron semillas fosilizadas, cáscaras de tuna y fibras de nopal con una antigüedad de siete mil años (Flores, 2003) citado por (Sáenz, 2006).

En ese sentido los nopales también han formado parte de la historia en las culturas de Mesoamérica y muy particularmente en México. Tal es su importancia que específicamente en el escudo nacional figura un águila posada en un nopal, como elemento simbólico que hace referencia a la Gran Tenochtitlán que significa, *sitio del nopal que crece sobre la piedra*, lugar donde se erigiera el gran imperio azteca y más tarde la Ciudad de México como se muestra en la ilustración 2.

Ilustración 2 El nopal como símbolo nacional



Sáenz apunta que tanto (Barbera, 1999) como (Velázquez, 1998), coinciden en señalar que en los muestrarios de plantas y animales llevados a España por Cristóbal Colón, se incluyeron a los nopales como muestra de la flora exótica del nuevo mundo. Inclusive, cuando Hernán Cortés llegó al Valle de México en 1519 quedó sorprendido ante los *nopalli* (término náhuatl que significa nopal) y las tunas (*nochtli*) (Sáenz, 2006).

Es Fray Bernardino de Sahagún quien ilustra en su *Historia General de la Nueva España* el consumo del nopal, así como una descripción de la exótica planta “Hay unos árboles en esta tierra que llaman nopalli, quiere decir tunal, o árbol que lleva tunas; es monstruoso este árbol, el tronco se compone de las hojas y las ramas se hacen de las mismas hojas; las hojas son anchas y gruesas, tiene mucho zumo y son viscosas; tienen espinas las mismas hojas.

La fruta que en estos árboles se hace, se llama tuna...son de buen comer, es fruta preciada...Las hojas de este árbol se comen crudas o cocidas”. Se describe también la presencia de un insecto que se alimentaba de las pencas del nopal y que produce uno de los que hasta el día de hoy es uno de los más preciados pigmentos colorantes naturales: la grana o cochinilla del carmín, lo que sería un secreto bien guardado por los colonizadores a quienes les reportó grandes ganancias.

Ahora bien, en la actualidad existe un organismo internacional conocido como: La Red Internacional de Cooperación Técnica en Nopal – o Cactus – (CACTUSNET) hasta el momento han participado en las actividades de CACTUSNET individuos o instituciones de 31 países: Alemania, Angola, Argelia, Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Cuba, Egipto, Eritrea, España, Estados Unidos de Norteamérica, Etiopia, Grecia, India, Irak, Israel, Italia, Jordania, Madagascar, Marruecos, México, Mozambique, Namibia, Pakistán, Perú, Siria, Sudáfrica, Túnez, Turquía y Zimbabue.

Como consecuencia del incremento de la comunicación entre los países interesados en el cultivo y la utilización del nopal se han generado proyectos nacionales para la transferencia de tecnología y que han sido apoyados por el Programa de Cooperación Técnica de la FAO (PCT) en Eritrea, Etiopia y Namibia. Otros proyectos del PCT en Argentina e Irán, incluyeron al nopal como una de las especies frutícolas a las cuales era necesario dar atención.

Los nopales son originarios de América tropical y subtropical y hoy día se encuentran en una gran variedad de condiciones agroclimáticas, en forma silvestre o cultivada, en todo el continente americano. Además, se han difundido a África, Asia, Europa y Oceanía donde también se cultivan o se encuentran en forma silvestre.

Se conocen casi 300 especies del género *Opuntia*. Sin embargo, hay solo 10 o 12 especies hasta ahora utilizadas por el hombre, ya sea para producción de fruta y nopalitos para alimentación humana, forraje o cochinilla para obtención de colorante.

Entre ellas se encuentran, como especies cultivadas para producción de fruta: *Opuntia ficus-indica*, *O. amyclaea*, *O. xoconostle*, *O. megacantha* y *O. streptacantha*.

Como especies silvestres: *Opuntia hyptiacantha*, *O. leucotricha* y *O. robusta*.

De las especies citadas, la más ampliamente cultivada en distintas partes del mundo es *Opuntia ficus-indica*; es más, en la cuenca del Mediterráneo es la única *Opuntia* que se cultiva (Uzun, 1996) y se emplea con diferentes propósitos.

Los nopales han sido descritos por numerosos autores (Bravo, 1978; Pimienta, 1990; Sudzuki *et al.*, 1993; Sudzuki, 1999; Scheinvar, 1999; Barbera *et al.*, 1999; Nobel y Bobich, 2002); citados por (Sáenz, 2006) por lo tanto, aquí se hace solo una breve descripción debido al interés que presentan las diferentes partes de la planta para su industrialización.

Los nopales son plantas arbustivas, rastreras o erectas que pueden alcanzar 3,5 a 5m de altura, ver ilustración 3.

El sistema radical es muy extenso, densamente ramificado, rico en raíces finas absorbentes y superficiales en zonas áridas de escasa pluviometría. La longitud de las raíces esta en relación con las condiciones hídricas y con el manejo cultural, especialmente el riego y la fertilización (Sudzuki *et al.*, 1993; Sudzuki, 1999; Villegas y de Gante, 1997) aporta (Sáenz, 2006).

Ilustración 3 Planta de nopal



Los tallos suculentos y articulados o cladodios, comúnmente llamados pencas, presentan forma de raqueta ovoide o alongada alcanzando de 60-70 cm de longitud, dependiendo de la hidratación y de los nutrientes disponibles (Sudzuki *et al.*, 1993). Cuando miden 10-12 cm son tiernos y se pueden consumir como verdura como se muestra en la ilustración 4

Ilustración 4 El nopal verdura



El aumento del área del cladodio dura alrededor de 90 días. Sobre ambas caras del cladodio se presentan las yemas, llamadas areolas, que tienen la capacidad de desarrollar nuevos cladodios, flores y raíces aéreas según las condiciones ambientales (Sudzuki *et al.*, 1993) citado por (Sáenz, 2006).

Las areolas presentan en su cavidad espinas, que generalmente son de dos tipos: algunas pequeñas, agrupadas en gran número (gloquidios) en México comúnmente se llaman aguates y las grandes que son, según algunos botánicos, hojas modificadas (Granados y Castañeda, 1996) citados por (Sáenz, 2006). Cuando el hombre entra en contacto con la planta las espinas se pueden desprender y penetrar en la piel, constituyendo un serio inconveniente tanto para la cosecha de los frutos como para el procesamiento y consumo de los mismos.

Los tallos se lignifican con el tiempo y pueden llegar a transformarse en verdaderos tallos leñosos, agrietados, de color ocre blancuzco a grisáceo.

Las flores son sésiles, hermafroditas y solitarias, se desarrollan normalmente en el borde superior de las pencas. Su color es variable: hay rojas, amarillas, blancas, entre otros colores. En la mayor parte del mundo la planta florece una vez al año; sin embargo, en Chile bajo ciertas condiciones ambientales y con suministro de agua en verano, se presenta una segunda floración en marzo, que da origen a la llamada fruta «inverniza» (Sudzuki *et al.*, 1993) citado por (Sáenz, 2006).

El material que se utiliza para la plantación puede ser asexual a partir de pencas enteras o sus trozos, como también por medio de la micro propagación. Las plantas obtenidas por micro propagación (*in vitro*) generalmente vienen enraizadas y requieren un suelo mejor preparado para su establecimiento en el terreno, especialmente respecto a la humedad (Sudzuki *et al.* 1993) citado por (Sáenz, 2006). Por ello la fecha de plantación depende de las condiciones agroclimáticas a fin de que la planta tenga un buen enraizamiento y brotación.

La mayoría de las plantaciones de nopales en el continente americano y en otros lugares del área mediterránea, se desarrollan con un escaso manejo cultural. Sin embargo, para la producción de fruta es necesario proporcionar una cierta cantidad de agua durante la época seca a fin de aumentar la producción y obtener tunas de calidad (Mulas y D'hallewin, 1997). Estos mismos autores informan que, sin riego, algunas variedades (Giulla, Sarda y Bianca) citados por (Sáenz, 2006) aumentan los azúcares reductores sin afectar los sólidos solubles totales.

En algunos países hay dos épocas bien diferenciadas de floración que dan origen a cosechas de verano y de invierno; en otros de verano y otoño o solo de verano. El cultivo también puede ser manejado de tal forma que la cosecha se distribuya en un periodo más largo.

Respecto a la producción de nopalitas, en México -que es prácticamente el único país en que se producen- casi toda la producción se comercializa en fresco en el mercado nacional; por ello, en la época de mayor producción la oferta supera a la demanda, con la consecuente saturación del mercado, ocasionando en algunos ciclos pérdidas hasta del 60 por ciento de la producción. Actualmente, el consumo per cápita estimado en México es de 5,78 kg/año (SAGARPA, 2003) citado por (Sáenz, 2006)

El nopal verdura como producto fresco, es un tejido vivo y está sujeto a cambios continuos entre el momento de la cosecha y su consumo. Estos cambios afectan su calidad y reducen su vida pos cosecha, causando pérdidas considerables.

De acuerdo a lo que señala Flores-Valdez (1999) citado por (Sáenz, 2006), en México se utilizan tres sistemas para la producción de nopal verdura:

- 1).- Nopaleras silvestres,
- 2).- Nopaleras en huertos familiares
- 3).- Plantaciones comerciales.

Nopaleras silvestres.-Las pencas tiernas se recolectan en primavera-verano y se destinan al consumo doméstico a excepción de *O. robusta* y *O. leucotricha*, cuyas pencas se comercializan frescas o procesadas.

Nopaleras con huertos familiares.- Se desconoce el área destinada al cultivo de nopal verdura en huertos familiares, cuya producción es para autoconsumo y comercialización en mercados regionales.

Las plantaciones comerciales de nopal verdura, cubren en México, una superficie de 9 710 hectáreas, con una producción de 563 443 ton/año, ocupando el sexto lugar en volumen de producción de hortalizas y el octavo lugar en valor de la producción después del tomate rojo, chile verde, papa, cebolla, tomate de cáscara o tomate verde, calabacita y esparrago.

Las aéreas de producción se localizan en 25 estados de la Republica, siendo Milpa Alta, D.F., la zona productora más importante del país con el 60 por ciento de la producción, en la ilustración 5, se observa la producción del nopal (SAGARPA, 2003).

Ilustración 5 La producción del nopal



En México, *Opuntia ficus-indica*, es la especie cultivada de mayor importancia comercial para la producción de nopalito (Pimienta-Barrios, 1993) citado por (Sáenz, 2006) Las plantaciones comerciales utilizan dos sistemas de producción: el sistema tradicional y el sistema de micro túneles o sistema intensivo. El sistema tradicional tiene densidades de plantación de 15,000 a 40,000 plantas por hectárea, plantando las pencas maduras (de 2 a 3 años de edad) en hileras a una distancia de 30 a 40 cm entre plantas y de 80 a 100 cm entre hileras. La altura de las plantas es de 1,0 a 1,5 m.

El sistema de micro túneles emplea densidades de plantación de 120,000 a 160, 000 plantas por hectárea, utilizando camas de 1,2 a 2 mts.de ancho y de 40 a 47 mts.de largo, con una separación de 1 a 1,5 mts.entre camas como se observa en la ilustración 6. Las pencas se plantan a 20 cm entre ellas y 20 a 30 cms. entre hileras. En los meses de invierno, con el fin de disminuir el riesgo de daños, por heladas, las camas se cubren con plástico. Este sistema permite altos rendimientos y producción durante los meses más fríos del año, cuando la producción proveniente del sistema tradicional es escasa, (Flores-Valdéz, 1999; Pimienta-Barrios, 1993) citados por (Sáenz, 2006).

Ilustración 6 Producción en micro túneles



La producción se inicia rápidamente y la primera cosecha se efectúa a los dos o tres meses después de la plantación. Los rendimientos en el sistema tradicional varían de 30 a 80 ton/ha (Pimienta-Barrios, 1993), mientras que en el sistema intensivo, se han registrado de 179 a 263 ton/ha, (Blanco-Macías *et al.*, 2002).

En el sistema tradicional los cultivos se fertilizan con grandes cantidades de estiércol bovino (más de 100 ton/ha) cada dos o tres años; en algunos casos se utilizan fertilizantes minerales como urea o sulfato de amonio. En el sistema intensivo, la aplicación de estiércol bovino, nitrógeno y fósforo se efectúa anualmente, en cantidades de 100 a 200 ton/ha, 100 a 200 kg/ha y 80 a 100 kg/ha, respectivamente (Flores-Valdéz, 1999; Pimienta-Barrios, 1993). En el cultivo de nopal verdura, *Opuntia ficus-indica* C-69 bajo condiciones de riego por goteo, se recomiendan dosis de 161-60,7-91,4 kg/ha de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente (Orona-Castillo *et al.*, 2004).

En México las enfermedades más importantes de este cultivo son las denominadas «engrosamiento del cladodio» y «proliferación de brotes», las cuales son causadas por un micoplasma y un espiroplasma, respectivamente. Entre las plagas más importantes se encuentran el gusano cebrá (*Olycellanephelasa* Dyar), el gusano blanco (*Laniferacycladea* Druce) e insectos que causan daño en las areolas como el *Cylindrocopturus biradiatus* Champs y el amarillamiento del tejido por la cochinilla (*Dactylopius* spp.) (Pimienta-Barrios, 1993).

Para la cosecha se procede de diversas maneras; la más común es tomando el fruto con guantes haciendo presión para desprenderlo con una suave torsión; otra forma es utilizar tijeras o cuchillos. En todos los casos hay que tener la precaución de no dañar la fruta ni la penca; incluso se han realizado pruebas cortando con cuchillos y dejando un trozo de penca en el fruto, el que posteriormente se desprende en forma natural.

Con relación al nopalito, la cosecha se realiza manualmente, utilizando un cuchillo y cortando la base de la penca (Cantwell, 1999). Se recomienda realizar esta operación de dos a tres horas después de la salida del sol, con el fin de evitar un contenido alto de acidez, así como efectuarla de una forma cuidadosa, para evitar daños en la base del nopalito que pueden ser vías de entrada de microorganismos e incrementar la pérdida de peso durante el manejo posterior.

Generalmente, la cosecha de nopalitos para ser comercializados se inicia cuando alcanzan una longitud de 20-25 cms. y pesan de 90 a 100 gms. (Cantwell, 1999; Pimienta-Barrios, 1993), aunque la norma de calidad CODEX STAN 185-1993, considera como tamaños comerciales las pencas con una longitud entre 9 y 30 cms. (FAO-WHO. 1993) citado por (Sáenz, 2006).

Los cladodios pequeños (12 cm) o grandes (cerca de 30 cms.) se destinan a la elaboración de nopal mínimamente procesado (Rodríguez-Felix, 2002). Las pencas de *Nopalea cochenillifera* se pueden cosechar cuando alcanzan un tamaño de 11 a 13 cms. de longitud y pesan cerca de 40 gms.

La cosecha se realiza durante todo el año aunque la productividad es mayor durante la primavera y se reduce a mediados del otoño y durante el invierno. Sin embargo, en los sistemas de producción intensiva que utilizan micro túneles, la productividad es alta durante los meses más fríos del año (Pimienta- Barrios, 1993) citado por (Sáenz, 2006).

Las características de calidad del nopal requeridas por la Norma de Calidad del Codex Alimentarius(CODEX STAN 185-1993), son las siguientes: Deben presentar las características de la especie en cuanto a su forma y color, estar enteros, firmes, sanos, limpios y libres de espinas y de daños. Los grados de calidad incluidos en esta norma son:

- Clase Extra,
- Clase I y
- Clase II.

El criterio utilizado para separar a los nopalitas en los distintos grados de calidad es en base a su apariencia, principalmente la presencia de defectos en forma y color y de daño mecánico. La clasificación se basa en el tamaño (longitud) del nopalito, estableciendo cinco categorías. Estas incluyen cladodios desde 9 cm hasta 30 cm de longitud (FAO-WHO, 1993) señala (Sáenz, 2006).

En la comercialización del nopal verdura, especialmente para los mercados internacionales, al igual que en otras frutas y verduras, es importante la aplicación de estándares de calidad uniformes con el fin de hacerlo competitivo con otras hortalizas de mayor consumo (Caplan, 1995) citado por (Sáenz, 2006).

Respecto a la comercialización y transporte, en Milpa Alta, la principal región productora en México, los nopalitas cosechados se colocan en canastos para el consumo local, o se acomodan en empaques cilíndricos, denominados pacas, de 1 m. de diámetro y 1,7 m. de altura que contienen aproximadamente 3000 pencas y pesan de 250 a 300 kgs. Las pacas se transportan en camiones a los mercados mayoristas de la ciudad de México, donde se almacenan a temperatura ambiente hasta su venta. Esta se realiza durante los primeros tres días después de la cosecha. Para mercados distantes de las zonas de producción, se empacan en cajas de madera de 20 kg o en cajas de cartón de 5 a 10 kg y se transportan en camiones enfriados a 10 °C (Cantwell, 1999; Flores *et al.*, 1995) como se muestra en la ilustración 7.

Ilustración 7 Transporte del nopal



Una vez en anaqueles, la vida del nopalito se ve afectada por diferentes factores, entre los que se encuentran la forma de cosecha, el tipo de envase, la temperatura y humedad relativa de almacenamiento (Cantwell *et al.*, 1992; Nerd *et al.*, 1997; Rodríguez-Felix y Villegas-Ochoa, 1997). La pérdida de peso (Rodríguez-Felix y Villegas-Ochoa, 1997) y las pudriciones (Ramayo *et al.*, 1978), son los problemas que limitan su vida de anaquel durante el almacenamiento en condiciones simuladas de mercadeo (20 °C) mientras que los daños por frío son los principales problemas durante el almacenamiento refrigerado (Sáenz, 2006).

Un producto que está cobrando interés desde el punto de la investigación médica y que también podría tenerlo para el sector industrial, son los hidrocoloides o mucilagos que se pueden extraer de las pencas y de las cascarras de los frutos de los nopales, el interés despertado en la industria de suplementos alimenticios para elaborar extractos protectores de la mucosa gástrica, entre otros productos.

En un estudio efectuado en Cuba (López, 2000) citado por (Sáenz, 2006) comparo la capacidad clarificante del mucilago en el agua, con otros agentes tradicionales como el sulfato de aluminio.

El mucilago también redujo la demanda química de oxígeno y removió metales pesados (Fe, Al, Mn) y coliformes fecales. Después del tratamiento, el agua no presento ningún olor desagradable.

Por otra parte, en Perú, Ramsey (1999) citado por (Sáenz, 2006) estudió el uso de goma o mucilago de cladodios de nopal para estabilizar bloques de adobe, comparándolo con la cal; los resultados obtenidos no fueron exitosos como se esperaba, probablemente debido a que las dosis empleadas fueron bajas (10 por ciento).

En México hay una larga historia del uso del mucilago de nopal en combinación con cal: aumenta sus propiedades adhesivas y mejora su repelencia al agua. Tradicionalmente, se ha usado de modo similar al yeso en paredes de adobe y de ladrillo, y también como una barrera al agua en el estuco. Cárdenas (1998) citado por (Sáenz, 2006) ha señalado, que desde hace muchos siglos se agrega jugo de nopal como un adhesivo orgánico a la cal para restaurar y proteger edificios históricos en México, se probó la adición de jugo de nopal (extraído de pencas hervidas) a la cal en proporciones diferentes (0,65, 1,0 y 1,95 por ciento); la resistencia de las pastas secas fue evaluada por una prueba penetración-ruptura con un texturómetro.

A medida que la cantidad de jugo de nopal aumentaba, se produjo una reducción drástica del estrés máximo y de la tasa de deformación, comparado con un testigo (sin jugo de nopal); en cambio, la cal, mostró una estructura mecánica más homogénea. En la muestra con la dosis más baja de jugo de nopal (0.65 por ciento) se observó que el mucilago tenía un bajo efecto en la continuidad de la red, haciendo una fase más discontinua y la red de Ca (OH)₂ más débil. Cuando la proporción de jugo de nopal aumentaba, las propiedades mecánicas también aumentaron debido a la formación de una red homogénea en la que el mucilago del nopal interpenetraba en el hidróxido del calcio, sin modificación de la estructura, en comparación con el control.

Por su parte, Hernández y Serrano (2003), citado por (Sáenz, 2006) en un estudio sobre adición de mucilago de nopal liofilizado a morteros ampliamente usados en la construcción, observaron que la adición de 0,5 g de mucilago liofilizado mejoraba las características mecánicas de la mezcla, con una mejor resistencia a la compresión que los controles sin mucilago de nopal.

La mezcla de yeso + arena sílice + mucilago de nopal liofilizado mostro un esfuerzo a la compresión de 151,8 kg/cm² a los 28 días, en comparación con el control que fue de 125,6 kg/cm². Gardiner *et al.* (1999), informan sobre las primeras investigaciones sobre la acción de un extracto de nopal para mejorar la infiltración del agua en el suelo. Los autores compararon poliacrilamidas (PAM) con un extracto de nopal sin diluir y diluido y concluyeron que la aplicación del extracto aumenta la infiltración de agua en la tierra, en una magnitud similar al de las poliacrilamidas.

Últimamente está siendo estudiado el uso de los cladodios para evitar la corrosión; en Marruecos, informan que la utilización de un extracto acuoso obtenido de los cladodios demostró ser exitoso para evitar la corrosión del hierro. Por su parte Torres-Acosta(2005) citado por (Sáenz, 2006) en estudios preliminares, encontraron que la adición de mucilago de cladodios al concreto, evitaba la corrosión de barras acero inmersas en el mismo. Torres-Acosta también analizaron la adición de mezclas de nopal y aloe vera en el concreto, como un modo de aumentar las propiedades anticorrosivas al entrar en contacto con el acero.

Otra propiedad distinta, es la que se atribuye al nopal como repelente de insectos, aunque no se conocen estudios científicos acerca de esta acción; un producto que con estos fines habría sido probado con éxito en la isla de Roatán, Honduras, está siendo elaborado en Texas, patentado y se ofrece a través de Internet (Sáenz, 2006).

La poda de los cladodios es una práctica de manejo muy importante de este cultivo; sin embargo, a los nopales no se les ha dado la importancia que esta tiene sobre el rendimiento y calidad de sus productos (fruta, nopalito). Esto puede obedecer a la eventualidad del mercado y a los costos de producción más elevados en un mercado incierto.

En el caso de que el material proveniente de la poda no se utilice para nuevas plantaciones o que no reúna las características deseadas para tal fin, se sugiere utilizarlo para la obtención de biogas, abono orgánico o para la alimentación del ganado.

Los estudios realizados en el Campo Experimental Antumapu de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile para evaluar la potencialidad de los bioabonos obtenidos por fermentación de una mezcla de cladodios trozados con estiércol fresco de bovino en el mejoramiento de las características fisicoquímicas y biológicas del suelo, sugieren que constituye una forma real y efectiva de aumentar la eficiencia y la sostenibilidad de los sistemas agrícolas en las zonas áridas. A continuación se mencionan los resultados de dos ensayos, uno en macetas y otro en plantación en el terreno.

Los ensayos efectuados con cladodios en bolsas de polietileno negro conteniendo mezclas de bioabono de cladodios y estiércol con suelos serie Santiago, indican que el uso de bioabono permite acelerar el enraizamiento y frotación de los cladodios. Los tratamientos con bioabono produjeron adelantos de frotación de 30 – 60 días respecto al testigo, lo que al ocurrir al fin del verano y principios de otoño da a la planta una mayor superficie fotosintética para la acumulación de reservas durante el invierno.

Se tiene conocimiento que el mucílago es un subproducto obtenido de cladodios de nopal, comúnmente referido como pectina de polisacárido, es una característica de los miembros de la familia de cactáceas. Este compuesto se presenta en cladodios, piel y pulpa de la fruta, aunque en variadas proporciones (Flores-Valdez & cols., 1995).

La composición química del mucílago de nopal *Ofi*, ha sido sujeto de varios estudios, por ejemplo; Amin& cols. (1970) encontraron que el mucílago era un polisacárido neutral que contenía arabinosa, ramnosa, galactosa y xilosa. Por otro lado Paulsen&Lund (1979) reportaron que el extracto de opuntia ficus-indica, era una mezcla de un glucano neutral, glicoproteínas y un polisacárido ácido compuesto de L- arabinosa, D-galactosa, L-ramnosa, D-xilosa y ácido D-galacturónico. De acuerdo a Trachtenberg& Mayer (1981), el mucílago es un polisacárido, que contiene 10 % de ácido urónico, arabinosa, galactosa, ramnosa y xilosa. La composición del mucílago de nopal fue bastante similar para Madjdoub& cols. (2001) compuesto principalmente de L-arabinosa, D- galactosa, D-xilosa y 19.4% de ácido urónico. McGarvie&Parolis (1981a, b) encontraron que el mucílago de nopal está compuesto de una familia de polisacáridos altamente ramificados.

Ellos consideran una estructura de unidades de ácido α - D-galacturónico unidas 1-2 a unidades de β -L-ramnosa enlazadas 1- 4 con ramificaciones en el C-4, las ramificaciones de oligosacáridos de galactosa las cuales llevan L-arabinosa y D-xilosa como sustituyentes. El mucílago de nopal en la actualidad encuentra múltiples aplicaciones en ramos tales como la industria de los alimentos, cosméticos, farmacéutica, construcción y ambiental, entre otras más que surgen conforme avanza la investigación sobre sus propiedades.

Materiales y métodos

Se realizó una visita a la delegación de Milpa Alta, en el área experimental designada para el desarrollo de subproductos agroindustriales derivados del nopal en el poblado de San Lorenzo Tlacoyucán en la delegación de Milpa Alta”; (figura 8) a continuación se detalla el proceso de extracción en cladodios de nopal recolectados del cultivo de estudio en la comunidad.

Figura 8 Campo experimental en la Delegación Milpa Alta



Se seleccionaron nopales adultos o de mayor tamaño y grosor, que normalmente son considerados nopales de desecho o de resiembra (figura 9). En el caso de que el nopal presente daño por insectos, hongos o bien el clima, se le retira la parte dañada y el resto puede ser aprovechado. Los nopales se lavan con agua para retirar espinas y suciedad.

Figura 9 Recolección de nopal en la zona de estudio de Milpa Alta



Los nopales seleccionados se cortan con una cuchilla en cuadros de aproximadamente 1 cm³ (figura 10) en caso de no ser muy precisos en el corte se deben realizar cortes lo más pequeños posibles para garantizar una mejor extracción de mucilago. Si se cuenta con un rayador que controle el espesor de corte es factible su uso para la preparación del nopal, a mayor área de exposición garantiza una mejor extracción de mucilago.

Figura10 Corte de los cladodios de nopal



Extracción de mucilago.- El nopal cortado se depositó en un recipiente de aluminio, peltre o barro con el doble de volumen de agua por kg de peso de nopal, es decir por cada kg de nopal se adicionan 2 litros de agua. (Figura 5) Se colocó en una parrilla (thermoline), aproximadamente 50 °C (termopar Hanna), durante una hora. Estas condiciones son las óptimas, pues si excede esta temperatura, se provoca un deterioro en los carbohidratos del mucilago, reduciendo su viscosidad y funcionalidad. (Figura 11,12y 13)

Figura 11 Vaciado en recipiente



Figura 12 Adición de agua al nopal, relación peso volumen 1:2



Figura 13 Calentamiento de la mezcla en a 50 °C



Cuando transcurre el tiempo de calentamiento, en este momento se separa el nopal del mucilago por medio de un colador y después se pasa por una malla de 500 micras para retirar residuos orgánicos que no pudieron retirarse en el primer filtrado (figura 14). Para almacenar el mucilago se utilizan recipientes de plástico o vidrio.

Figura 14 Filtrado del mucilago de nopal con malla de 500 micras



El tiempo de vida útil del mucilago a temperatura ambiente es de aproximadamente 2 semanas antes de sufrir ataque microbiano por hongos ya que es un material rico en polisacáridos; en refrigeración este tiempo se prolonga a 2 meses. Congelando el material será útil hasta la fecha de su utilización (figura 15).

Figura 15 Almacenamiento de mucilago en recipientes de vidrio reciclados



Finalmente todos los desechos del nopal forman parte del proceso de compostaje (figura 16)

Figura 16 Desechos de nopal después de la extracción de mucilago



Resultados

Se midió el rendimiento de mucilago por peso de nopal, en dos colectas, uno de ellos abonado con estiércol y el otro con abono orgánico de la Delegación Milpa Alta. En cuanto al rendimiento considerando la misma relación de peso-volumen, se observa que no hay una diferencia significativa en el rendimiento, sin embargo en los parámetros químicos, si se encontró una diferencia notable.

El mucilago obtenido del nopal abonado con abono orgánico de la Delegación Milpa Alta tiene, una mayor cantidad de azúcares tanto reductores directos como totales, el valor de pH no es tan ácido como el encontrado en otros nopales que oscila entre 3 y 3.5, el rendimiento que se obtuvo fue de 74% para el nopal con abono orgánico y 78% nopal estiércol. Físicamente el nopal de abono orgánico presentó mayor viscosidad comparado con estiércol.

Es conveniente realizar una caracterización química a profundidad para determinar los compuestos presentes en los mucilagos, aunado a una caracterización reológica, con estos parámetros se puede determinar, que otros usos se le pueden dar al mucilago.

Tabla 1 Características de mucilago de nopal recolectado en la Delegación Milpa Alta

Parámetros medidos	Nopal abono milpa alta	Nopal abono estiércol
Peso de nopal	484.85 g	971.33 g
Volumen de agua para extracción	969.7 ml	1942.66 ml
Volumen de mucilago obtenido	1580.0 ml	2300 ml
Peso de nopal sin mucilago	212.90 g	403.46 g
Rendimiento mucilago	74 %	78 %
° brix	2	1.2
pH	4.46	4.47
Azúcares reductores totales	1.82%	1.23%
Azúcares reductores directos	1.33%	1.03 %

Conclusiones

El estudio de campo realizado en la planta experimental de San Lorenzo Tlacoyucan, perteneciente a la Delegación Milpa, reafirma los múltiples usos de los desechos orgánicos del nopal y de la importancia que representa la extracción del mucilago por sus diferentes aplicaciones en las industrias, de alimentos, cosméticos, farmacéutica, construcción y ambiental, entre otras.

Los beneficios del nopal son significativos tanto para la industria como para la sociedad, de tal forma que se debe proporcionar la asesoría técnica y brindar apoyos económicos a los productores de nopal de la Delegación Milpa Alta, para que sigan cultivando las tierras y se obtengan los insumos para la elaboración de diversos subproductos que contribuyen a mejorar la salud y la estética personal, a través de su diversos productos.

Referencias

Alcántara, B. (2009). *Estrategias de comercialización del nopal verdura, para los productores de la delegación Milpa Alta*. México: IPN.

Bonilla, R. (octubre de 2013). *www.scielo.org.mx*. Obtenido de Agricultura y tenencia de la tierra en Milpa Alta: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=so187-57952009000300011&Ing=es&nrm=iso

Bunge-Vivier, V. (2008). *Desempeño de organizaciones productivas rurales. Influencia del capital social en el desempeño de las organizaciones procesadoras de nopal de Milpa Alta, Ciudad de México*. México: UNAM.

Consejo delegacional para el desarrollo rural sustentable en la delegación Milpa Alta. (2006). *Plan delegacional para el desarrollo sustentable*. México: SAGARPA.

González, S. (21 de marzo de 2010). *www.jornada.unam.mx*. Obtenido de <http://www.jornada.unam.mx/2010/03/21/economia/022n1eco>

Sáenz, C. (2006). *Utilización agroindustrial del nopal*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

www.cactusnet.org. (27 de Febrero de 2013). *Cactusnet*. Obtenido de www.cactusnet.org
www.milpa-alta.df.mx. (octubre de 2013). *www.milpa-alta.df.mx*. Obtenido de <http://www.milpa-alta.df.gob.mx/>

Rendimiento en grano de maíces híbridos en el trópico húmedo de México

SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, Miguel Ángel*†, JIMÉNEZ-MAYA, Juan Benedicto y LORENZO-FRANCISCO, Juan

Universidad del Papaloapan. Av. Ferrocarril s/n. Ciudad Universitaria Loma Bonita, Oaxaca, México. C.P. 68400 Tel. y Fax: 01(281) 872-9230.

Resumen

Se realizó un estudio en seis genotipos de maíz con el objetivo de identificar su potencial de producción de grano y hoja. El ensayo se efectuó en la Universidad del Papaloapan Campus Loma Bonita. Los genotipos utilizados fueron: DK357, HE1A17, H520, NH5, H564C y la variedad sintética VS536. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres densidades de siembra (50,000; 62,500 y 83,333 plantas ha⁻¹). Cada parcela experimental fue de 12.8 m². Las variables en estudio fueron: altura de la planta (APL, cm), días a floración masculina (DFM), días a floración femenina (DDF), peso de mazorca (PMZ, g), longitud de mazorca (LMZ, cm), diámetro de mazorca (DMZ, cm), número de granos por mazorca (GPM, g), peso de cien granos (P100G, g), rendimiento de grano (REN, ha⁻¹), rendimiento de hoja seca (RHS, kg ha⁻¹). Se realizó un análisis de varianza para genotipos, densidades, repeticiones y la interacción genotipos por densidades, además de una prueba de comparación de medias por Tukey ($P \leq 0.05$). Los resultados indicaron que existieron diferencias significativas entre genotipos, densidades y repeticiones. La prueba de comparación de medias detectó un mayor rendimiento de grano en el híbrido H520 que produjo 5,993.3 kg ha⁻¹ superando en rendimiento al DK357. El mayor rendimiento de hoja se obtuvo con el sintético VS536 y el híbrido H520.

Genotipos, rendimiento de grano, híbrido.

Abstract

A study was conducted in six maize genotypes with the aim of identifying potential production of grain and leaf. The test was conducted at the University of Loma Bonita Campus Papaloapan. The genotypes used were: DK357, HE1A17, H520, NH5, H564C VS536 and the synthetic variety. An experimental design of randomized blocks with three densities (50,000 and 83,333 plants ha⁻¹) was used. Each experimental plot was 12.8 m². The variables studied were: plant height (APL cm), days to male flowering (DFM), days to silking (DDF), ear weight (PMZ, g), ear length (LMZ, cm) ear diameter (DMZ, cm), number of kernels per ear (GPM, g), weight of hundred grains (P100G, g), grain yield (REN ha⁻¹), dry leaf yield (RHS kg ha⁻¹). An analysis of variance for genotypes, densities, repetition and interaction genotypes densities was performed, along with a comparison test of means by Tukey ($P \leq 0.05$). The results indicated significant differences among genotypes, densities and repetition. The means comparison test detected a higher grain yield in hybrid H520 produced 5993.3 kg ha⁻¹ outperforming the DK357. The highest yield was obtained sheet with synthetic hybrid VS536 and H520.

Genotypes, grain yield, hybrid

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: msanchez@unpa.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

El cultivo de maíz originario de México y Centroamérica (Elizondo y Boschini, 2002), se utiliza para consumo humano, con 209.8 kg per cápita en México (Sierra *et al.*, 2010), y en alimentación animal como grano o forraje por su producción de biomasa que alcanza de 35 a 95 t ha⁻¹ (Castillo *et al.*, 2009). El maíz es uno de los cultivos más importantes en el mundo por la superficie cultivada, en México en el año 2008 se establecieron cerca de 160 millones de hectáreas de maíz para grano (Njontie, 2011). En el área tropical húmeda de México se siembra anualmente una superficie de 2.5 millones de ha⁻¹ (Sierra *et al.*, 2004).

Aragón *et al.* (2005) reportaron que en el Estado de Oaxaca, 80% del área total sembrada con maíz corresponde a variedades adaptadas a las diferentes regiones agrícolas, con promedios de rendimiento en grano de 1.4 a 2.2 t ha⁻¹.

La región Papaloapan, localizada entre Oaxaca y Veracruz, es una zona de trópico húmedo donde el 95% de productores son tradicionales Vilaboa *et al.*, (2009), los cuales siembran variedades de maíz de polinización abierta, de las que el productor cosecha en promedio 2.0 t ha⁻¹ de grano y el forraje ocasionalmente se ensila para alimentar ganado rumiante en época de sequía (Sánchez *et al.*, 2008).

El rendimiento promedio en grano del maíz en México es de 2 t ha⁻¹, y aproximadamente en el 80% de la superficie cultivada se siembran semillas nativas que los productores conservan y seleccionan a cada generación, por tal razón la diversidad genética del maíz se encuentra en manos de los campesinos mexicanos (Castillo *et al.*, 2000). Los híbridos de maíz que se utilizan en México se han desarrollado para la producción de grano y los progenitores muestran diferencias en altura de planta y ciclo biológico, entre otras características (Núñez *et al.*, 2003). A nivel nacional, sólo 20% de la superficie sembrada con maíz se cultiva con híbridos o variedades registradas de polinización libre (Nadal, 2000).

En México; aún no se han desarrollado variedades para aumentar la producción y la calidad forrajera, sólo se han seleccionado para rendimiento en grano (Peña *et al.*, 2004), formándose híbridos que podrían superar a los criollos tanto en el rendimiento de diversos componentes vegetativos y reproductivos, como en la calidad de grano (González *et al.*, 2008). En la región tropical se siembran 3.2 millones de hectáreas de maíz, de las cuales un millón están comprendidas en provincias agronómicas de buena y muy buena productividad y donde es factible el uso de semilla mejorada de híbridos y variedades sintéticas (Sierra *et al.*, 2001).

Las densidades de siembra en maíz varían según el objetivo, que puede ser grano, forraje o ambos, recomendándose para maíz forrajero una densidad de población óptima de 39,520 a 98,800 plantas por ha⁻¹, ya que en teoría la biomasa total de forraje incrementa cuando lo hace la densidad de plantas (Cuomo *et al.*, 1998). Se sabe también que la densidad óptima de plantas en maíz para rendimiento de grano y forraje depende del tipo de híbrido, fertilidad del suelo y manejo agronómico del cultivo (Subedi *et al.*, 2006).

En condiciones edafoclimáticas críticas se puede hacer más eficiente la producción de grano usando variedades nativas, pero es necesario evaluar experimentalmente los diferentes materiales genéticos para identificar los mejores genotipos e iniciar un programa de mejoramiento genético con estos materiales. Aunque el agricultor ha cultivado maíz en diferentes condiciones ambientales a través de los años, basándose únicamente en las características de la mazorca. Este proceso puede ser mejorado usando métodos de selección, así como la evaluación de materiales genéticos con respecto a variables agronómicas y a componentes de rendimiento.

El objetivo del presente estudio fue identificar genotipos de maíz altamente rendidores en producción de grano y hoja bajo las condiciones de producción existentes en la región del Papaloapan.

Materiales y métodos

Localización del experimento

La investigación se realizó en el Campo Experimental de la Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita. Que se localiza a los 18° 06' 25'' LN y 95° 52' 50'' LW y una altura de 25 msnm. El clima del lugar es Am que corresponde a un clima cálido húmedo, con abundantes lluvias en verano (García, 2004). La precipitación y temperatura media anual son de 1845.2 mm y 25 °C, respectivamente. Los suelos dominantes en el Municipio son: arenoso cámbico de textura gruesa, así como acrisole húmico y órtico de textura fina (Anónimo, 2005).

Descripción del experimento

La siembra se realizó en Octubre del 2012, fue preparado el terreno realizando un barbecho, dos pasos de rastra y surcado a 0.80 m. Se evaluaron los híbridos de maíz H-520, H564C, HE1A17, DK357, NH5 y la variedad sintética VS536. La descripción de cada uno de los genotipos se presenta a continuación:

H-520: Es un híbrido trilineal que proviene de los programas de mejoramiento genético de INIFAP. En evaluaciones de 1998 a 2005 el híbrido H-520 rindió un promedio de 7.29 t ha⁻¹ de grano en 22 ambientes, con 54 días a la floración masculina y 53 días a la floración femenina. Alcanza la madurez fisiológica entre 90 y 100 días y puede cosecharse a los 110 o 120 días después de la siembra. Tolera el acame, presenta 14 hileras en la mazorca y grano blanco semidentado (Sierra *et al.*, 2008)

H564C: Híbrido trilineal perteneciente al Campos Experimental INIFAP-Cotaxtla, Veracruz, México. Se adapta a la región tropical del sureste mexicano, representa una alternativa para incrementar los rendimientos de maíz. Este híbrido registra buen rendimiento, características agronómicas favorables: buena cobertura de mazorca, buen aspecto y sanidad de planta y mazorca y tolerancia al achaparramiento. La mazorca es de grano blanco semicristalino de forma cilíndrica con 12 a 14 hileras regulares y su apariencia es prácticamente similar a la del maíz normal (Sierra *et al.*, 2008).

HE1A17: Híbrido experimental cuya genealogía pertenece a INIFAP-Cotaxtla. La cosecha de elote de este maíz híbrido puede realizarse a los 100 días después de la siembra. La altura de planta es de 235 cm y presenta el elote a los 100 cm. Rinde 12 t ha⁻¹ de elote en un solo corte o cosecha y pueden obtenerse 20.7 t ha⁻¹ de forraje verde. El largo y ancho del elote es en promedio de 26.6 y 5.3 cm, respectivamente. El peso del elote por pieza llega a ser de 470 g (INIFAP, 2006).

DK357: Es un híbrido que comercializa la compañía productora de semillas Dekalb.

NH5: Es un híbrido que comercializa la compañía productora de semillas Novasem.

VS536: La variedad sintética VS-536, presenta buen rendimiento y adaptación en el sureste mexicano, con un potencial de rendimiento de 6.0 t ha⁻¹. Presenta un ciclo vegetativo intermedio con 52-55 días a la floración, 90 días a madurez fisiológica y 120 días a cosecha, altura de planta y mazorca intermedia lo que le permite adaptación a los diferentes sistemas de producción y tolerancia al acame, presenta buena cobertura de mazorca y es tolerante a las principales enfermedades de planta y de mazorca, es de grano blanco y textura sedimentada (Espinosa *et al.*, 2006).

Los tratamientos en estudio fueron seis genotipos de maíz se establecieron en el terreno considerando un diseño experimental de bloques al azar en parcelas divididas con tres densidades de siembra (50,000; 62,500 y 83,333 plantas ha⁻¹) y tres repeticiones. La parcela experimental fue de cuatro surcos (surcado a 0.8 m), donde cada surco de 4 m de longitud, contando con una área útil compuesta por dos hileras centrales; el tamaño de la parcela experimental fue de 12.8 m². Así, la superficie de terreno utilizada fue de 1000 m² considerando los pasillos en el experimento.

Fertilización

Se fertilizó ajustándose a la fórmula 161-46-00, usando urea (46% N) y fosfato diamónico (18% N, 46% P). La aplicación se hizo en dos dosis. La primera al momento de la siembra y en los primeros 10 días después de la emergencia, aplicando todo el fósforo y la mitad del nitrógeno. En la segunda fertilización se aplicó la otra mitad del nitrógeno a los 30 días de la primera fertilización. El fertilizante funciona mejor cuando existe humedad en el suelo y queda cubierto.

Se aplicó fertilización foliar para complementar al cultivo con microelementos (Cu, B, Zn, Mn, Mo), para lo cual se utilizó Bayfolán Forte a una dosis de 1 L ha⁻¹.

Control de malezas

Se realizó el control de malezas manualmente y utilizando los herbicidas glifosato y paraquat, la aplicación se efectuó antes de la emergencia del cultivo.

Control de plagas y enfermedades

Para combatir las plagas del suelo, Gallina ciega (*Phyllophaga* sp.) y gusano de alambre (*Agrotis* sp.) se aplicó volatón granulado al 5%, carbofurán 5% 20 kg ha⁻¹ y se trató la semilla con SEMEVIN a 1 L ha⁻¹ para la cantidad de semilla recomendada por hectárea.

Para combatir la plagas del follaje, Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), gusano falso medidor (*Trichoplusia ni*) y gusano soldado (*Spodoptera exigua*) se aplicó Lorsban 480 CE, 0.75 L ha⁻¹; Sevín 80 PH, 1 kg ha⁻¹; Arrivo 200 CE, 0.25 L ha⁻¹.

VARIABLES EN ESTUDIO

Altura de la planta (APL, cm), días a floración masculina (DFM), días a floración femenina (DDF), peso de mazorca (PMZ, g), longitud de mazorca (LMZ, cm), diámetro de mazorca (DMZ, cm), número de granos por mazorca (GPM, g), peso de cien granos (P100G, g), rendimiento de grano (REN, ha⁻¹), rendimiento de hoja seca (RHS, kg ha⁻¹).

ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Se evaluaron 5 genotipos de maíz y una variedad sintética. Los tratamientos se distribuyeron bajo un diseño experimental en bloques completamente al azar con tres repeticiones, con la finalidad de evaluar la influencia de los genotipos en el comportamiento de las variables en estudio. De esta manera, la información obtenida en campo se sometió a un análisis de varianza mediante el procedimiento GLM de SAS (SAS, 2010). El modelo estadístico utilizado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + G_j + E_{ijk}$$

Donde: μ es la media general, R_i es el efecto aleatorio de la i -ésima repetición, D_j es al efecto de la j -ésima densidad, G_k es el efecto atribuible al k -ésimo genotipo, E_{ijkl} es el efecto aleatorio atribuible al error experimental y W es el efecto atribuible al error intraparcelar. Se realizó una comparación múltiple de medias de tratamientos, para aquellas variables que muestren significancia estadística, mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Cuadro 1 Variedades de maíz (*Zea mays* L.) utilizados en el experimento. Loma Bonita, Oaxaca, México. 2012

Genotipo	Repetición 1			Repetición 2			Repetición 3		
	50,000	62,500	83,333	50,000	62,500	83,333	50,000	62,500	83,333
H520	8	1	14	19	32	27	49	47	40
H564C	11	4	17	24	34	30	51	44	42
HE1A17	9	3	18	20	33	25	53	43	38
A7573	7	2	15	21	36	26	54	45	41
NH5	10	5	13	23	31	28	50	48	39
VS-536	12	6	16	22	35	29	52	46	37

Análisis de suelo

Cuadro 2 Análisis de suelo de la parcela donde se estableció el estudio de seis genotipos de maíz (*Zea mays* L.) Loma Bonita, Oaxaca, México

	Valor		Valor
pH	4.78	Magnesio (mg kg ⁻¹)	30
Materia orgánica (%)	2.69	Fierro (mg kg ⁻¹)	263.45
Nitrógeno (mg kg ⁻¹)	18.4	Cobre (mg kg ⁻¹)	1.02
Fósforo (mg kg ⁻¹)	22.44	Zinc (mg kg ⁻¹)	0.89
Potasio (mg kg ⁻¹)	32	Manganeso (mg kg ⁻¹)	4.66
Calcio (mg kg ⁻¹)	148	Boro	1.22
Arena (%)	52.9	Densidad aparente (Dap, tm ⁻³)	1.39
Limo (%)	40.0	Capacidad de campo (cc, %)	11.43
Arcilla (%)	7.1	Marchitamiento permanente (%)	6.11
Textura	Franco arenoso		

Fuente: Laboratorio Central Universitario de la Universidad Autónoma Chapingo.

Resultados

Análisis de varianza

El análisis de varianza mostró diferencias al 1% entre genotipos y en la interacción genotipo por densidad para los ocho caracteres estudiados. Las repeticiones mostraron diferencias al 1% en cuatro variables, y en un carácter las diferencias fueron al 5%, siendo no significativas las diferencias para diámetro de mazorca (DMZ) lo que indica variación en fertilidad de suelo y que el utilizar bloques permitió identificar dicha variación existente. El encontrar diferencias estadísticas significativas para genotipos indica que su rendimiento fue distinto y que al tener variación entre bloques el terreno tenía variantes en fertilidad, además de que el tener interacciones significativas implica que los genotipos respondieron de manera diferente al variar las densidades de siembra.

Cuadro 3 Análisis de varianza para seis genotipos de maíz. Loma Bonita, Oaxaca, México

	Media	CV	Rep	Den	Gen	Int G*D	E	W
APL	181.68	7.01	526.8*	323.5ns	15761.7**	3574.7**	165.8	2988.4
DFM	66.03	5.0	61.99**	299.8**	425.3**	65.8**	0.15	72.5
DFF	70.93	4.7	829.4**	2725.17**	2863.97**	662.01**	0.11	72.9
PMZ	157.6	21.6	74544.8**	17106.1**	27425.5**	24887.5**	1160.8	19829.0
LMZ	14.81	9.9	21.90**	48.13**	28.88**	14.08**	2.12	16.90
DMZ	4.4	8.5	5.9**	0.2ns	4.9**	1.9**	0.14	1.5
GPM	395.3	20.9	60543.3**	34534.6*	153072.2**	71984.4**	6852.3	44355.3
P100G	29.2	19.9	1414.8**	249.8**	351.6**	200.9**	34.2	243.5
REN	5147.9	24.9	88574933.1**	166936297.9**	45562307.2**	34136160.1**	1652183.0	25487244.3
RHS	1101.6	29.4	839711.3*	10628802.2**	3361020.0**	1301511.9**	187989.4	1592035.5

CV= coeficiente de variación (%); E= error parcelar; W= error intraparcelar APL=Altura de la planta (cm), DFM=Días a floración masculina, DDF= Días a floración femenina, PMZ=Peso de mazorca (g), LMZ=Longitud de mazorca (cm), DMZ=Diámetro de mazorca (cm), GPM=Numero de granos por mazorca (g), P100G= Peso de cien granos (g), REN= rendimiento de grano (ha⁻¹), RHS= Rendimiento de hoja seca (kg ha⁻¹).

Para densidades existieron diferencias al 1% para PMZ, GPM, REN y RHS, en granos por mazorca esas diferencias fueron al 5% y para altura y diámetro de mazorca no existieron tales diferencias. Nótese que en la interacción genotipo por densidad se tuvieron diferencias al 1 y 5%, respectivamente (Cuadro 3). La presencia de diferencias estadísticas detectadas sugiere la existencia de variación en fertilidad de suelo, y entre genotipos, además de que los híbridos de maíz respondieron de manera diferencial a las condiciones climáticas que se tuvieron en el ciclo otoño-invierno en que se efectuó el trabajo.

Prueba de comparación de medias

Se analizaron variables fenológicas, morfológicas y fisiológicas de los genotipos, por considerar que tienen una contribución directa o indirecta en la expresión del rendimiento. También se analizó el comportamiento de los genotipos provenientes de cruces entre líneas y una variedad sintética, en relación con el comportamiento un híbridos comercial sobresalió en rendimiento de grano, durante esta investigación.

La prueba de comparación de medias indicó que el híbrido H520 fue superior en rendimiento en cinco caracteres en estudio seguido de los híbridos DK357 y H564C tal como se muestra en el (Cuadro 4). Por su parte el genotipo HE1A17 presentó rendimientos más bajos para la mayoría de los caracteres en estudio.

El rendimiento de grano osciló entre 5736.2 y 5993.3 kg ha⁻¹. Los mayores rendimientos de grano se obtuvieron en los genotipos DK357 y el H-20 (Tukey; p<0.05). Mientras que el menor rendimiento lo presentó la variedad HE1A17. La mayor altura de mazorca se registró en la variedad sintético VS-536. Mientras, que la menor altura de planta la presentó el H520. La floración masculina osciló entre 65.83 y la floración femenina 70.3 días. Sierra *et al.*, (2008) menciona que los 54 días a floración masculina y 53 a floración femenina. La mayor precocidad se presentó en el híbrido H564C. En tanto, que el genotipo más tardío fue la VS536. Mientras que Cruz *et al.*, (2009) reporta híbridos con la floración entre 52 y 57 días.

Otros autores han reportado rendimientos de 6000.96 kg ha⁻¹ en el híbrido H-520, Sierra *et al.*, (2008) valor muy similar a lo obtenido en el presente ensayo, por su parte el híbrido H-564C en otros trabajos promedió 5000.91 kg ha⁻¹ Sierra *et al.*, (2011), Valor muy cercano al obtenido en esta investigación (5060 kg ha⁻¹), lo que se atribuye a que es un genotipo adaptable a diferentes tipos de climas, las floraciones masculina y femenina observadas permitió confirmar la precocidad de los híbridos en evaluación, lo que otorga una ventaja importante para los productores que siembran en fechas retrasadas. En trabajos sobre componentes morfológicos de maíz se contabilizó entre 11.5 y 16 hileras por mazorca, con 38 a 49 granos por hilera, aportando un estimado de 435 a 560 granos por elote (Sharara *et al.*, 2005).

La longitud de mazorca (LMZ) alcanzó valores de 14.3 a 17.8 cm, lo que da poca variación en esta variable debido quizás porque en el proceso de selección esta característica no fue favorecida. Sin embargo, el LMZ supero de los valores de los testigos. El diámetro de mazorca mostró valores de 3.9 a 4.5 cm entre genotipos, que no fue superado por el testigos, lo cual se atribuye a que la mazorca de los nuevos materiales es de forma más cilíndrica.

Manuel y Esquivel (2004) reportan que la longitud de mazorca varió de 17.7 a 19.7 cm, tuvieron los valores más altos, lo cual se puede deber a que en esta raza existen colectas con mazorca grande y con grano cristalino, que tienen buena combinación genética con materiales de los valles altos centrales y por lo general, heredan este carácter a su descendencia. El diámetro de mazorca varió de 4.9 a 5.8 cm en general, mientras que en los genotipos seleccionados los valores variaron de 3.9 a 4.5 cm, por lo que se puede decir que los materiales seleccionados están en un rango aceptable.

Cuadro 4 Prueba de comparación de medias para seis genotipos de maíz. Loma Bonita, Oaxaca, México

	DMS	DK357	H564C	H520	HE1A17	NH5	VS536
APL	5.49	191.48b	177.27cd	178.73c	167.18e	172.4de	203.02a
DFM	0.16	64.78e	68.44a	65.83d	68.1b	62.6f	66.4c
DDF	0.14	70.0e	73.2a	70.3d	72.77b	68.02f	71.22c
PMZ	14.54	162.92ab	167.94ab	176.56a	125.6c	157.08b	155.52b
LMZ	0.62	14.70b	17.03a	14.72b	14.11b	14.37b	14.12b
DMZ	0.1615	4.55a	4.37ab	4.55a	3.95c	4.57a	4.4ab
GPM	35.3	456.82a	417.07b	400.87b	338.8d	394.93bc	363.33cd
P100G	2.49	29.17c	27.19c	31.69a	26.73c	30.34ab	30.59ab
REN	548.23	5736.2a	5060.0b	5993.3a	3951.2c	5172.4b	4974.1b
RHS	184.93	1081.42b	1009.46bc	1304.89a	850.57c	1007.33bc	1355.76a

CV= coeficiente de variación (%); E= error parcelar; W= error intraparcelar APL=Altura de la planta (cm), DFM=Días a floración masculina, DDF= Días a floración femenina, PMZ=Peso de mazorca (g), LMZ=Longitud de mazorca (cm), DMZ=Diámetro de mazorca (cm), GPM=Numero de granos por mazorca (g), P100G= Peso de cien granos (g), REN= rendimiento de grano (ha⁻¹), RHS= Rendimiento de hoja seca (kg ha⁻¹).

Referencias

Elizondo, J., y Boschini, C. (2002). Producción de forraje con maíz criollo y maíz híbrido. *Agronomía Mesoamericana*. (13) ,13-17.

Sierra, M.M., Becerra, L.E.N., Palafox, C.A., Rodríguez, M.F., Espinosa, C.A., Valdivia, B.R. (2010). Tropical corn (*Zea mays* L.) genotypes with high yield and tolerance to corn stunt disease in the Gulf of Mexico region.

Tropical and Subtropical Agroecosystems, (12):485-493.

Castillo, J.M., Rojas, B.A., WingChing, J.R. (2009). Valor nutricional del ensilaje de maíz cultivado en asocio con vigna (*Vigna radiata*). *Agronomía Costarricense*. 33:133-146.

Njontie, C., Foueillasse, X., Chistov, N.K., Hüskén, A. (2011). The impact of GM seed admixture on the non-GM harvest product in maize (*Zea mays* L.). *Euphytica*, (180) ,163-172.

Sierra, M.M., Márquez, S.F., Valdivia, B.R., Córdoba, O.H., Lezama, G.R. y Pescador R.A. (2004). Uso de probadores en la selección de líneas para formar híbridos de maíz (*Zea mays* L.), *Agric. Téc. Méx*, 30(2) ,169-181.

Aragón, C.F., Taba, S., Castro, G.H.F., Hernández, C.J.M., Cabrera, T.J.M., Osorio, A.L., Dillanés, R.N. (2005). *In situ conservation* and use of local maize races in Oaxaca, Mexico: A participatory and decentralized approach. In: Taba, S. (ed.). *Latin American Maize Germplasm Conservation: Regeneration, In situ conservation, Core Subsets, and Prebreeding*; Proceedings of a Workshop held at CIMMYT, April 7-10, (2003). CIMMYT, México, D. F. 26-38.

Vilaboa, A.J., Díaz, R.P., Ruíz, R.O., Platas, R.D.E., González, M.S., Juárez, L.F. (2009). Caracterización socioeconómica y tecnológica de los agroecosistemas con bovinos de doble propósito de la región del Papaloapan, Veracruz, México. *Trop Subtrop Agroecosystems*, (10) ,53-62.

Sánchez, H.M.A., Valenzuela, J.N., Aguilar, M.C.U., Jiménez, R.M.C., Sánchez, H.C., Hernández, B.J., Joaquín, T.B.M. (2008). Rendimiento de maíces forrajeros en Loma Bonita, Oaxaca, México. XXII Congreso Nacional y II Internacional de Fitogenética. *Universidad Autónoma Chapingo*. México.

Castillo, G.F., E, Herrera, C., J, Romero, R.A., Ortega, P.M.M., Goodman y M.E Smith. (2000). Diversidad genética del maíz y su aprovechamiento *in situ* a nivel regional. *Colegio de Postgraduados, Chapingo, México*. 7 p.

Núñez, H. G., Contreras, G.E.F. y Faz, C.R. (2003). Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. *Téc. Pecu. Méx*. 41:37-48.

Nadal, A. (2000). El caso del maíz mexicano en el NAFTA: Variabilidad genética y liberalización comercial. *Biodiversidad*, (24) ,3-12.

Peña, R.A., González, C.F., Núñez, H.G., Jiménez, G.C. (2004). Aptitud combinatoria de líneas de maíz para alta producción y calidad forrajera. *Rev. Fito. Mex*, (27) ,1-6.

González, H.A., Vázquez, G.L.M., Sahagún, C.J., Rodríguez, P.J.E. (2008). Diversidad fenotípica en variedades e híbridos de maíz en el Valle de Toluca-Atzacmulco, México. *Rev. Fito. Mex*. (31), 67-76.

Sierra, M.M; Palafox, A; Cano, O; Rodríguez, F.A; Espinosa, A; Turrent, A; Gómez, N; Córdova, H; Vergara, N; Avendaño, R; Barrón, S; Romero, J; Caballero, F; González, M; Betanzos, E. 2001. Descripción varietal de H-519C, H-553C y V-537C, maíces con alta calidad de proteína para el trópico húmedo de México. INI FAP CIRGOC. *Campo Experimental Cotaxtla. Folleto Técnico Núm.30. Veracruz, Veracruz, México.* 21 p.

Cuomo, J.G., Redfearn, D.D., Blouin, C.D. (1998). Plant density effects on tropical corn forage mass, morphology, and nutritive value. *Agronomy J*, (90), 93-96.

Subedi, K.D., Ma, B.L., Smith, D.L. (2006). Response of a Leafy and nonleafy maize hybrid to population densities and fertilizer nitrogen levels. *Crop Sci*, (46) ,1860-1869.

García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto Nacional de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México.

Anónimo. (2005). *Cuaderno Estadístico Municipal de Loma Bonita, Estado de Oaxaca. Aguascalientes, México.* p170.

SAS, (Statistic Analysis Sistem). 2010. Institute Inc. Cary, NC, USA.

Sierra, M.M., Palafox C.A., Rodríguez, M.F.A., Espinosa, C.A., Vásquez, C.G., Zambada, M.A., Rodríguez, R.R., y Barrón, F.S. 2008. H-564C, híbrido de maíz con alta calidad de proteína para el trópico húmedo de México. *Campo Experimental Cotaxtla. CIRGOC-INIFAP. Desplegable técnica. Núm. 6.*

Espinosa, C.A., Gómez M.N., Sierra M.M., Betanzos M., E., y Caballero H., F. 2006. Variedades e híbridos de calidad proteínica. *Revista Ciencia. Academia Mexicana de las ciencias.* 57 (2): 1-10.

Sierra, M.M., Palafox, C.A., Rodríguez, M.F., Espinosa, C.A., Montiel, N.G., Vázquez, G.C., Montiel, G.N., Saben, B.F. 2011. H-564C, híbrido de maíz con alta calidad de proteína para el trópico húmedo de México. *Rev. Fito. Mex.* 1 (2). 71-84.

Sharara, F.A., El-Shahawy, T.A., El-Rocíes, K.G. 2005. Effect of some novel herbicides on the controlling wades associated with maize pants. *J Agron;* 4(2):88-95.

Cruz, L.E., Córdova, O.H., MA Estrada, B.MA., JD Mendoza, P.JD. Gómez, V.A, NP Brito, M.NP. (2009). Rendimiento de grano de genotipos de maíz sembrados bajo tres densidades de población. *División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.* 25(1):93-98.

Manuel, H.C.J. y Esquivel, E.G. (20049). Rendimiento de grano y características agronómicas en germoplasma de maíz de valles altos de México. *Rev. Fito. Mex.* 27(1), 27-31.

Productividad de genotipos de Frijol Negro en condiciones de humedad residual y con estrés hídrico terminal

FRANCISCO-NICOLÁS, Néstor*†, TOSQUY-VALLE, Oscar Hugo y LÓPEZ-SALINAS, Ernesto

Campo Experimental Cotaxtla. CIRGOC. INIFAP. Km 34.5 Carretera Federal Veracruz-Córdoba. C.P. 94270, Medellín de Bravo, Ver., México.

Resumen

El frijol desarrollado durante el ciclo otoño-invierno sufre estrés hídrico por una baja precipitación pluvial, lo que causa bajos rendimientos, ya que la sequía, generalmente ocurre en la etapa reproductiva del cultivo, cuando el frijol es sensible a falta de humedad. El objetivo fue identificar genotipos de frijol con buen comportamiento productivo, bajo condiciones de humedad residual y con estrés hídrico terminal. Durante el ciclo otoño-invierno 2013-2014, se condujo un experimento en campo, en dos localidades ubicadas en el centro y norte de Veracruz y una en el centro de Chiapas. Se evaluaron 11 líneas avanzadas de frijol junto con las variedades Negro Tacaná y Negro Jamapa (testigos regionales), en diseño experimental bloques al azar con tres repeticiones. Se detectaron diferencias altamente significativas entre ambientes de evaluación y genotipos, en días a floración y a madurez fisiológica, así como en el rendimiento de grano. En la Candelaria, Ver. y en el CECECH, Chis., hubo presencia de sequía, por lo que los días a floración y a madurez fisiológica, así como el rendimiento de grano fueron significativamente inferiores a los obtenidos en el CEIXTAC, Ver. SEN-56, SCN-2, SEN-70 y NCB-229, fueron los únicos genotipos en que ocurrió su floración en forma significativamente más temprana, en las tres localidades de prueba, las cuales en promedio florecieron antes de los 35 días después de la siembra. Las tres primeras líneas, también mostraron menor tiempo en llegar a la madurez fisiológica, que en promedio ocurrió entre los 68 y 71 días y obtuvieron un rendimiento mayor a 975 kg ha⁻¹, significativamente superior al de los testigos regionales. SEN-70 fue la línea más productiva, con y sin ocurrencia de sequía terminal.

***Phaseolus vulgaris* L., líneas y variedades, sequía, ciclo vegetativo y rendimiento.**

Abstract

Beans developed during the autumn-winter cycle suffers water stress by low rainfall, which causes low yields, as the drought usually occurs in the reproductive stage of the crop when the bean is sensitive to lack of moisture. The aim was to identify bean genotypes with good productive behavior under conditions of residual moisture and terminal drought stress. During the autumn-winter 2013-2014 cycle, a field experiment was conducted in two localities in the central and northern Veracruz and Chiapas in the center. 11 advanced bean lines were evaluated together with the varieties Black and Black Jamapa Tacaná (regional witnesses) in a randomized block experimental design with three replications. Highly significant differences between environments and genotypes evaluation in days to flowering and physiological maturity as well as grain yield were detected. In Candelaria, Ver. And the CECECH, Chis., There was presence of drought, so the days to flowering and physiological maturity and grain yield were significantly lower than those obtained in the CEIXTAC, Ver. SEN- 56, SCN-2, NSS-70 and NCB-229, were the only genotypes happened flowering in significantly early in the three test locations, which on average produced flowers before 35 days after planting . The first three lines also showed shorter time to reach physiological maturity, which on average was between 68 and 71 days and obtained a higher yield to 975 kg ha⁻¹, significantly higher than the regional witnesses. SEN-70 was the most productive line, with and without occurrence of drought terminal.

***Phaseolus vulgaris* L., lines and varieties, drought, vegetative cycle and performance.**

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: francisco.nestor@inifap.gob.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

El frijol común *Phaseolus vulgaris* L. constituye uno de los granos más importantes para la alimentación humana, por lo que a nivel mundial se siembran aproximadamente 26 millones de hectáreas (Emam *et al.*, 2010). En México, durante el ciclo otoño-invierno 2012-13 con humedad residual, se sembraron 122,840 ha, con un rendimiento promedio de 0.81 t ha⁻¹. En el mismo ciclo de agrícola, en los estados de Chiapas y Veracruz se sembraron 62,055 ha de frijol, equivalente al 50.5% de la superficie sembrada con humedad residual en el país, aunque el rendimiento promedio fue bajo (0.65 t ha⁻¹), inferior al promedio nacional (SAGARPA, 2014).

Los bajos rendimientos obtenidos durante el ciclo otoño-invierno, obedecen en gran medida, al estrés hídrico que sufren las plantas de frijol, provocado por la disminución de la precipitación pluvial, lo que favorece la ocurrencia de sequía, que generalmente coincide con la etapa reproductiva del cultivo, que es cuando el frijol es más sensible a la escasez de humedad (Frahm *et al.*, 2003; Acosta *et al.*, 1999). Aunque el ciclo corto del frijol, favorece su siembra con humedad residual, no se obtiene una productividad favorable. Una forma de abordar este problema, es mediante la aplicación de riego y otra es con mejoramiento genético para tolerancia o resistencia a sequía, que puede lograrse con genotipos con características de resistencia a este factor abiótico (Frahm *et al.*, 2003).

La sequía durante la etapa de floración, provoca aborto de flores y en la etapa de formación de vainas genera aborto y pobre desarrollo de vainas, así como reducción de fotosíntesis que provoca aborto del embrión (Manjeru *et al.*, 2007). Asimismo, la sequía reduce la producción de materia seca y los componentes de rendimiento, a través de la disminución del área foliar y los días de llenado del grano (Emam *et al.*, 2010), se afecta la formación del grano y su tamaño (Acosta-Díaz *et al.* 2011) y se acelera la madurez fisiológica y la senescencia del cultivo, por lo que hay una reducción significativa del rendimiento de grano (Acosta-Díaz *et al.* 2004; Manjeru *et al.*, 2007).

El uso de variedades de frijol tolerantes al estrés hídrico, es una alternativa práctica y económica para disminuir los efectos negativos de la sequía, aunque el frijol es una especie no resistente a la sequía, posee características de escape (precocidad), evasión y tolerancia a la deshidratación (Acosta-Díaz *et al.*, 2011). Por su parte, el mejoramiento genético de frijol ha generado germoplasma adaptado a condiciones de sequía (Acosta *et al.* 1999; Molina *et al.* 2001; Frahm *et al.* 2003; Acosta-Díaz *et al.*, 2004; López-Salinas *et al.*, 2011). Al respecto, Acosta-Díaz *et al.* (2004) mencionan que existe una variación genética entre los genotipos de frijol para las características fisiológicas y fenológicas, que confieren adaptación a las condiciones de sequía terminal. Acosta-Díaz *et al.* (2011) encontraron mayor reducción en rendimiento de grano que para la acumulación de biomasa en el vástago; ya que las condiciones de humedad fueron severas al final del ciclo de cultivo, cuando la biomasa del vástago se había definido y el grano aún estaba en formación, lo que afectó adversamente su tamaño. Manjeru *et al.* (2007) encontraron reducción en el número de vainas por planta, causada por la abscisión de flores y vainas pequeñas o por falla en la fertilización por polen inviable.

En Veracruz, en trabajos experimentales realizados con frijol negro, bajo condiciones de riego-sequía, se determinó que los genotipos, en promedio disminuyen en 10 días la madurez fisiológica, en 50% el número de vainas, y en 62% el rendimiento de grano, con respecto a genotipos cultivados con riego durante todo su ciclo (López-Salinas *et al.*, 2011). En siembras comerciales de frijol, las pérdidas de rendimiento son de 20% hasta 100%, de acuerdo con la duración y magnitud de la sequía (López *et al.*, 2008). El objetivo del trabajo fue identificar genotipos de frijol con buen comportamiento productivo, bajo condiciones de humedad residual y con estrés hídrico terminal.

Materiales y métodos

El estudio se realizó durante el ciclo otoño-invierno 2013-2014, en tres localidades de evaluación. La primera fue La Candelaria, municipio de Medellín de Bravo, ubicada en el centro de Veracruz, a 18° 55' 19.41" de latitud norte (LN), 96° 11' 57.10" de longitud oeste (LO), a una altitud de 22 m. En esta localidad, el clima es cálido subhúmedo Aw0 (w)(g), con una precipitación pluvial anual de 1400 mm y temperatura media anual de 25.4 °C (García, 1987; Díaz *et al.*, 2006). La segunda localidad fue el Campo Experimental Ixtacuaco (CEIXTAC), ubicado en el municipio de Martínez de la Torre, en el norte de Veracruz, a 20° 02' 17.9" LN y 97° 05' 47.0" LO, a una altitud de 92 m. Su clima es cálido húmedo Af(m)(e), con una precipitación pluvial anual de 1743 mm y temperatura media anual de 24.0 °C (García, 1987; Díaz *et al.*, 2006). La tercera localidad fue el Campo Experimental Centro de Chiapas (CECECH), municipio de Ocozocoautla de Espinosa, en el centro de Chiapas, a 16° 46' 50.3" LN y 93° 24' 13.2" LO, a una altitud de 805 m. Su clima es cálido húmedo (A) C (w1) ig' con abundantes lluvias en verano, una precipitación pluvial anual que varía entre los 800 y 1000 mm, con una media de 898 mm, temperatura media anual de 23.6 °C y media mensual superior a 18°C (García, 1987; Serrano *et al.*, 2006).

En cada sitio de prueba se condujo un ensayo uniforme de rendimiento, en el que se evaluaron 11 líneas seleccionadas en ensayos de riego-sequía, establecidos durante el ciclo invierno-primavera 2013, las cuales fueron: NGO-17-99, ELS-9-27, NGO-07022, Jamapa Plus, CIAT-103-25, SEQ-344-21, SCN-2, SEN-56, SEN-70, NCB-229 y X02-33-153, junto con las variedades Negro Tacaná, y Negro Jamapa (testigos regionales). Los ensayos se sembraron en el mes de octubre a una densidad de 250,000 plantas ha⁻¹, en los que hubo una germinación mayor a 90% en los 13 genotipos de frijol, en los tres sitios experimentales. Se utilizó el diseño experimental bloques completos al azar con tres repeticiones y parcelas de tres surcos de 5 m de longitud, donde la parcela útil correspondió al surco central.

El manejo agronómico del cultivo incluyó una fertilización mineral con la dosis 40-40-00 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, utilizando como fuentes de fertilizante: urea y fosfato diamónico, grado 18-46-00. Además, se realizó una fertilización foliar a base de N-P-K y elementos menores a razón de 2 L ha⁻¹ de producto comercial.

En el CECECH y en CEIXTAC, las malezas de hoja ancha y angosta se controlaron manualmente con azadón, mientras que en La Candelaria, el control se realizó con los herbicidas fomesafén y fluazifop butil, en dosis de 750 + 750 mL ha⁻¹ de producto comercial, cuyo control se complementó con una labor de cultivo realizado a los 27 días después de la siembra (Esquivel *et al.*, 1997). La presencia de doradilla (*Diabrotica balteata*) en los ensayos del CECECH y La Candelaria se controló con dos aplicaciones de cipermetrina en dosis de 200 mL ha⁻¹ de producto comercial, en tanto que, en el CEIXTAC la misma plaga y la chicharrita (*Empoasca kraemeri*), se controlaron con dos aplicaciones de insecticida a base de imidacloprid + betacyfluthrin, en dosis de 200 mL ha⁻¹ de producto comercial y una de cipermetrina con 100 mL ha⁻¹ de producto comercial.

Las variables explicativas fueron la precipitación pluvial y la humedad del suelo durante el ciclo del cultivo. El registro de la precipitación pluvial en los sitios experimentales, se realizó en pluviómetros de PVC, haciendo las lecturas en probetas. La humedad del suelo se obtuvo con el método gravimétrico, en muestras tomadas una vez por semana, en los estratos de 0-15, 15-30 y 30-45 cm, durante el ciclo del cultivo. Los datos de humedad del suelo se expresaron como humedad aprovechable y se realizó un balance de humedad para determinar el grado de sequía, en la cual se desarrollan los genotipos de frijol, en los tres sitios experimentales.

Las variables de respuesta fueron: días a floración media de los genotipos, la cual se cuantificó a partir de la siembra hasta que 50% de las plantas tenían por lo menos una flor abierta; días a madurez fisiológica que se midió a partir de la siembra hasta que en 50% de las plantas de cada genotipo, sus vainas cambiaron de color verde a amarillo o morado, así como rendimiento de grano en kilogramos por hectárea ajustado al 14% de humedad.

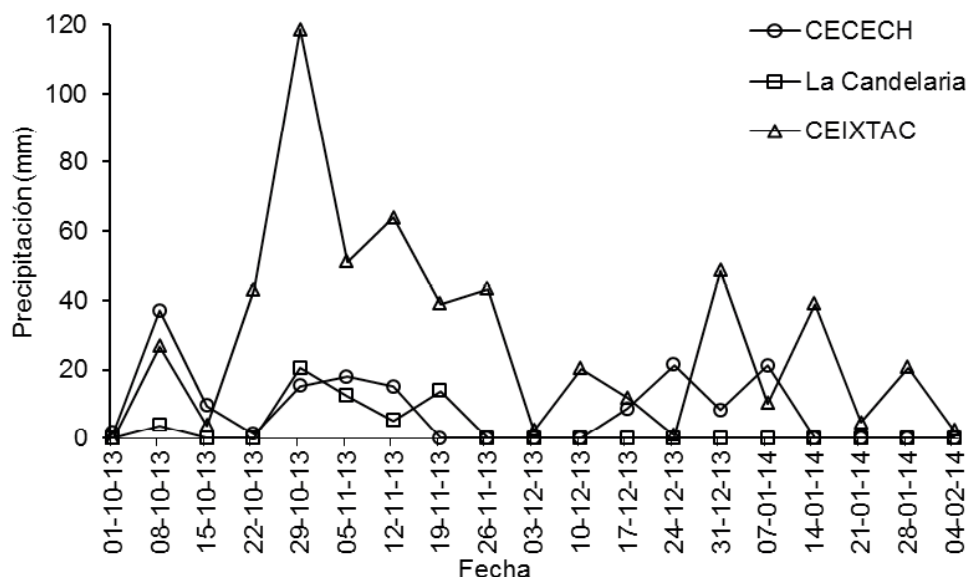
Se realizaron análisis de varianza de las variables de respuesta por localidad de prueba y análisis de varianza combinado (localidades-genotipos), para identificar las líneas más sobresalientes bajo condiciones de humedad residual en los estados de Veracruz y Chiapas. La comparación de medias se realizó con la prueba basada en la diferencia mínima significativa (DMS) al 5%.

Resultados

Precipitación pluvial ocurrida en los sitios experimentales

En la Figura 1 se muestra la precipitación pluvial ocurrida en los sitios en donde se estableció el ensayo uniforme de rendimiento, durante el ciclo otoño-invierno 2013-2014. En el CEIXTAC, se registraron lluvias frecuentes durante el ciclo referido, con una precipitación pluvial acumulada durante el ciclo del cultivo de 414.5 mm, por lo que prácticamente las plantas de frijol se desarrollaron sin estrés por humedad; en tanto que, en el CECECH y en La Candelaria, en ese periodo de desarrollo se tuvieron precipitaciones pluviales acumuladas de 157.2 y 52.1 mm, respectivamente, con restricciones de humedad, principalmente durante la etapa reproductiva del cultivo (Figura 1), lo cual fue deseable para seleccionar los genotipos que mostraran una mejor respuesta en el rendimiento de grano, bajo condiciones de estrés por humedad.

Figura 1 Precipitación pluvial semanal ocurrida en los sitios experimentales en donde se estableció el ensayo uniforme de rendimiento, durante el ciclo otoño-invierno 2013-2014



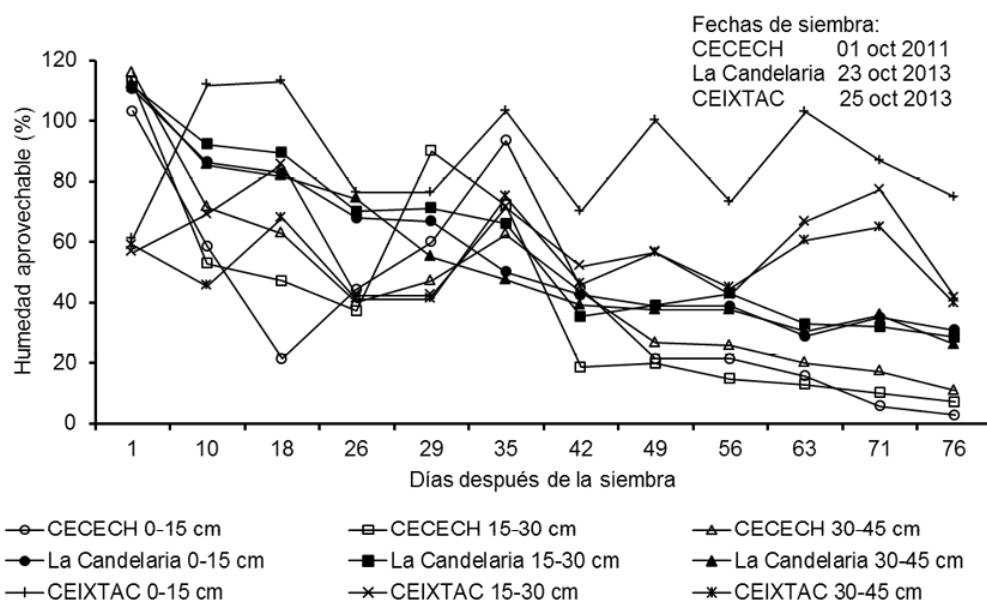
Balance de humedad del suelo

Los suelos en los cuales se estableció el ensayo uniforme presentaron una capacidad de campo (CC) de 23.6, 20.3 y 13% en los sitios La Candelaria, CEIXTAC y CECECH, respectivamente, con un punto de marchitez permanente (PMP) de 12.5, 10.8 y 6.0%, en los mismos sitios de prueba, lo que permitió una humedad aprovechable de 11.1, 9.5 y 7.0%. Con estos indicadores, la humedad del suelo se expresó como humedad aprovechable para el cultivo, correspondiendo 0% a la humedad del PMP y 100% a la humedad de CC (Hillel, 1980).

La Figura 2 muestra el comportamiento de la humedad aprovechable del suelo en los sitios CECECH, La Candelaria y CEIXTAC, desde la siembra hasta la madurez fisiológica del cultivo de frijol. En el sitio de La Candelaria se observó poca variación de la humedad aprovechable del suelo dentro de la misma fecha de muestreo, con un descenso paulatino de ésta, desde la siembra hasta la madurez fisiológica del frijol, lo cual se asocia al comportamiento de la precipitación pluvial ocurrida en ese sitio de prueba. A su vez, en el CECECH se tuvo un comportamiento irregular, con alta variación de la humedad aprovechable del suelo entre las diferentes fechas de muestreo, sobretodo antes de la floración de los genotipos; después de la floración hasta la etapa de madurez fisiológica se observó sequía en los tres estratos de suelo, la cual fue más severa que en La Candelaria, por la baja capacidad de retención de humedad del suelo.

En el CEIXTAC, el comportamiento de la humedad aprovechable durante todo el ciclo del cultivo fue muy variable dentro y entre fechas de muestreo, observándose mayor humedad en el estrato 0-15 cm, con promedio de 87.5%, que en los estratos 15-30 cm y 30-45 cm, en donde se obtuvieron promedios de 58.4 y 53.4%, respectivamente; en esta localidad se tuvieron mejores condiciones de humedad para el cultivo, que en los otros dos sitios de evaluación, cuya humedad aprovechable en la etapa de madurez fisiológica, en promedio de los tres estratos fue de 51.9%, en tanto que en La Candelaria y en el CECECH la humedad aprovechable promedio en la misma etapa fue de 28.5 y 6.9%, respectivamente.

Figura 2 Humedad aprovechable del suelo en el Campo Experimental Centro de Chiapas (CECECH), La Candelaria y Campo Experimental Ixtacuaco (CEIXTAC), durante el ciclo otoño-invierno 2013-2014



La humedad aprovechable promedio de los tres estratos del suelo (0-45 cm) desde la siembra hasta la floración de la mayoría de los genotipos (42 días después de la siembra, dds) fue de 73.2, 67.0 y 61.9%, equivalente a una humedad del suelo de 20.6, 17.2 y 10.3%, en los sitios de La Candelaria, CEIXTAC y CECECH, respectivamente. Después de este período, hacia la etapa terminal del cultivo, la humedad aprovechable promedio prevaeciente en los sitios respectivos fue de 34.3, 65.9 y 15.5%, equivalente a una humedad del suelo de 16.3, 17.1 y 7.1%. Este comportamiento pone de manifiesto que en el CEIXTAC no hubo diferencia en la humedad del suelo antes y después de floración; mientras que, en La Candelaria y en el CECECH, las diferencias en humedad aprovechable antes y después de floración fueron de 38.9 y 46.4%, respectivamente, lo que indica que en estos dos sitios experimentales prevaecieron condiciones de sequía terminal (Doorenhos y Pruit, 1976), favorables para una selección apropiada de los genotipos de frijol.

Después de floración, en el estrato 0-15 cm, la humedad aprovechable promedio fue de 87.5, 34.5 y 13.4, en el CEIXTAC, La Candelaria y CECECH, respectivamente. En el estrato 15-30 cm, en esos mismos sitios, tal humedad fue de 56.9, 35.1 y 12.9%, en tanto que, en el estrato 30-45 cm, fue de 53.2, 33.5 y 20.1%. En los sitios La Candelaria y CECECH, los contenidos de humedad fueron más o menos uniformes en los tres estratos; en cambio, en el CEIXTAC sobresale que en el estrato superficial se obtuvo mayor contenido de humedad, respecto a los estratos 15-30 y 30-45 cm, comportamiento no esperado, ya que normalmente a mayor profundidad del suelo existe mayor humedad (Hillel, 1980).

Los resultados del balance de humedad aprovechable del suelo, demuestran que los genotipos de frijol evaluados en los sitios de La Candelaria y en el CECECH, sufrieron estrés hídrico terminal, condiciones de humedad favorables, para identificar los genotipos con mejor respuesta en el rendimiento de grano bajo condiciones de deficiencia de humedad, mientras que, en el CEIXTAC, las condiciones de humedad que prevalecieron durante el ciclo de cultivo, no permitieron el estrés hídrico de los genotipos de frijol.

Floración media, madurez fisiológica y rendimiento de grano

En las tres localidades de estudio se detectó significancia estadística entre tratamientos ($p \leq 0.01$), en las variables: días a floración media y a madurez fisiológica, lo que indica que los genotipos de frijol mostraron variación significativa en el número de días en que ocurrió 50% de la floración y la madurez fisiológica. Respecto al rendimiento de grano, solo en las dos localidades de Veracruz se encontró efecto significativo entre tratamientos ($p \leq 0.01$) (Cuadro 1), por lo que se infiere que en esas dos localidades, los genotipos mostraron diferente potencial productivo, bajo las condiciones de humedad residual en que fueron evaluados.

Cuadro 1 Cuadrados medios y significancia estadística de días a floración media, días a madurez fisiológica y rendimiento de grano de genotipos de frijol negro evaluados en dos ambientes de Veracruz y uno en Chiapas. Ciclo otoño-invierno 2013-2014

FV	GL	La Candelaria, Ver.	Campo Experimental Ixtacuaco, Ver.	Campo Experimental Centro de Chiapas, Chis.
Días a floración media				
Tratamientos	12	32.363281 **	13.324219 **	8.564453 **
Bloques	2	0.027344	0.691406	3.873047
Error	24	0.414388	1.414876	2.288249
Total	38			
C.V. (%)		1.70	3.00	4.62
Días a madurez fisiológica				
Tratamientos	12	26.195313 **	4.076823 **	15.635417 **
Bloques	2	0.101563	2.484375	4.023438
Error	24	3.242188	0.904297	2.054036

Total	38			
CV (%)		2.60	1.18	2.12
Rendimiento de grano				
Tratamientos	12	82329.33 **	97751.33 **	11772.08 ns
Bloques	2	5542.00	13418.00	6462.00
Error	24	17784.83	27835.66	7389.96
Total	38			
CV (%)		13.38	13.86	15.01

Las líneas SEN-56, NCB-229, SCN-2 y SEN-70, fueron los únicos genotipos en que ocurrió su floración en forma significativamente más temprana, en las tres localidades de prueba. De acuerdo al análisis combinado, los días en que ocurrió la floración variaron significativamente entre ambientes de evaluación y genotipos. En la localidad de CEIXTAC, se tuvo el mayor número de días a la floración media, el cual fue significativamente superior, a los obtenidos en las otras dos localidades. En el factor genotipo, las variedades Negro Tacaná y Negro Jamapa, junto con siete líneas, conformaron el grupo con el mayor número de días a la floración media, los cuales fueron estadísticamente superiores al de las cuatro líneas arriba indicadas, que en promedio presentaron su floración antes de los 35 días después de la siembra (Cuadro 2).

Cuadro 2 Floración media (d) de genotipos de frijol negro evaluados en dos ambientes de Veracruz y uno en Chiapas. Ciclo otoño-invierno 2013-2014

No.	Genotipo	La Candelaria, Ver.	C. E. Ixtacuaco, Ver.	C. E. Centro de Chiapas, Chis.	Promedio
1	NGO 17-99	40.3 *	40.3 *	32.7 *	37.8*
2	ELS 9-27	40.0 *	41.3 *	31.7	37.7*
3	Jamapa Plus	40.0 *	41.0 *	34.0 *	38.3*
4	NGO 07022	40.0 *	40.3 *	33.7 *	38.0*
5	CIAT-103-25	40.0 *	39.7 *	34.0 *	37.9*
6	SEQ-344-21	40.0 *	41.7 *	35.0 *	38.9*
7	SCN-2	33.0	37.7	31.3	34.0
8	SEN-56	33.0	34.7	29.3	32.3
9	SEN-70	33.0	39.0	31.7	34.6
10	NCB-229	33.7	36.7	31.3	33.9
11	X02-33-153	39.0	40.7 *	32.0	37.2*
12	N. Tacaná	40.3 *	41.7 *	34.0 *	38.7*
13	N. Jamapa	40.0 *	40.3 *	35.0 *	38.4*
	Promedio	37.9	39.6 *	32.7	36.7
	DMS (0.05)	1.085	2.005	2.549	2.202

*Genotipos estadísticamente superiores, según la Diferencia Mínima Significativa (0.05).

En los sitios de La Candelaria y CECECH en los que hubo ocurrencia de sequía, las líneas SCN-2, SEN-56 y SEN-70 fueron los genotipos más precoces, los cuales alcanzaron su madurez fisiológica entre los 63 a 67 días después de la siembra; en el segundo sitio, también se observó menor tiempo a la madurez fisiológica en las líneas NCB-229, NGO 07022 y X02-33-153 (Cuadro 3). A su vez, en el CEIXTAC, sólo las líneas SEN-56 y SEN-70, mostraron un tiempo significativamente menor a la madurez fisiológica que el resto de los genotipos. Generalmente la precocidad en la floración se asocia a un adelanto en los días a madurez fisiológica de los genotipos (Acosta-Díaz *et al.*, 2004; Manjeru *et al.*, 2007), premisa que se cumplió en forma parcial en este estudio, ya que sólo en los dos sitios en que hubo estrés hídrico terminal, la mayoría de los genotipos que mostraron precocidad a la floración, también lo hicieron a la madurez fisiológica, lo cual no ocurrió en la localidad de CEIXTAC, en donde no hubo estrés hídrico durante el ciclo del cultivo, ya que todos los genotipos arriba mencionados mostraron menor precocidad. De acuerdo con Acosta-Díaz *et al.* (2011), el criterio de la precocidad es una característica de escape importante para la selección de genotipos tolerantes a sequía.

En el análisis combinado también se detectó significancia en esta variable en los factores ambientes y genotipos ($p \leq 0.01$). En la localidad de CEIXTAC, la madurez fisiológica ocurrió en forma significativamente más tardía, que en los otros dos sitios de evaluación (Cuadro 3), lo cual se debió principalmente, a que en esa localidad se tuvieron mejores condiciones de humedad durante todo el ciclo del cultivo, que favorecieron un mayor tiempo a la madurez fisiológica (Ramírez y Kelly, 1998). A su vez, en el CECECH y en La Candelaria, la madurez ocurrió antes de los 70 días, debido a las condiciones de deficiencias de humedad que se presentaron, principalmente después de la etapa de floración del cultivo, lo que provocó adelanto en la madurez fisiológica, que de acuerdo con Rosales-Serna *et al.* (2001), el aceleramiento de la madurez ocurre cuando la sequía se prolonga durante la fase reproductiva y no se presentan condiciones favorables para la recuperación.

En promedio de los tres ambientes de evaluación, las líneas SEN-70, SEN-56 y SCN-2, presentaron un número significativamente menor de días a la madurez, a los del resto de los genotipos, incluidas las variedades Negro Tacaná y Negro Jamapa (Cuadro 3). La precocidad de estas líneas se ha documentado en otros estudios de evaluación realizados en el sureste de México (López *et al.*, 2012b), la cual es muy deseable, debido a que las plantas de frijol pueden escapar a la falta de humedad (Acosta-Díaz *et al.*, 2004), ocasionada por la ocurrencia de sequía terminal, que reduce el rendimiento de frijol, en las siembras comerciales de humedad residual de los estados de Veracruz y Chiapas (López *et al.*, 2008).

Cuadro 3 Madurez fisiológica (d) de genotipos de frijol negro evaluados en dos ambientes de Veracruz y uno en Chiapas. Ciclo otoño-invierno 2013-2014

No.	Genotipo	La Candelaria, Ver.	C. E. Ixtacuaco, Ver.	C. E. Centro de Chiapas, Chis.	Promedio
1	NGO 17-99	71.7 *	81.3 *	70.3 *	74.4*
2	ELS 9-27	68.7 *	82.0 *	69.0 *	73.2*
3	Jamapa Plus	70.0 *	81.7 *	69.3 *	73.7*
4	NGO 07022	71.7 *	81.0 *	66.0	72.9*
5	CIAT-103-25	69.7 *	81.0 *	69.3 *	73.3*
6	SEQ-344-21	70.0 *	81.3 *	69.7 *	73.7*
7	SCN-2	67.0	80.7 *	64.0	70.6
8	SEN-56	63.7	78.0	65.0	68.9
9	SEN-70	63.0	79.0	66.0	69.3
10	NCB-229	71.7 *	80.7 *	64.7	72.3*
11	X02-33-153	69.7 *	81.3 *	66.7	72.6*
12	N. Tacaná	71.7 *	81.7 *	69.7 *	74.3*
13	N. Jamapa	71.3 *	82.0 *	69.7 *	74.3*
	Promedio	69.2	80.9 *	67.6	72.6
	DMS (0.05)	3.034	1.603	2.415	2.653

*Genotipos estadísticamente superiores, según la Diferencia Mínima Significativa (0.05).

Con respecto al rendimiento de grano, el promedio más alto se obtuvo en la localidad de CEIXTAC (Cuadro 4), debido principalmente a una mayor y mejor distribución de la lluvia durante el ciclo del cultivo, y por consiguiente una mayor humedad aprovechable del suelo para las plantas de frijol (Figuras 1 y 2); por el contrario, el menor rendimiento promedio se obtuvo en el CECECH, debido principalmente a dos factores: 1. A que el suelo tuvo menor capacidad de retención de humedad, lo que implicó una humedad aprovechable baja para el cultivo (Figura 2) y 2. A que del total de precipitación pluvial que se presentó en el ciclo del cultivo, sólo el 37.8% ocurrió durante la etapa reproductiva (Figura 1), lo que afectó adversamente el rendimiento de grano. En La Candelaria, aunque la precipitación pluvial fue menor que en el CECECH, se obtuvo mayor rendimiento, debido principalmente a una mayor retención de humedad en el suelo (Figura 2).

En el mismo Cuadro 4, se observa que un grupo de siete líneas sobresalieron por su alto rendimiento promedio, el cual fue significativamente superior a los del resto de los genotipos, incluidas las variedades Negro Tacaná y Negro Jamapa (testigos regionales); de este grupo destaca la línea SEN-70, la cual mostró la mayor productividad, tanto en los ambientes en que hubo ocurrencia de sequía, como en la localidad de CEIXTAC, en donde no hubo estrés hídrico terminal. Cabe indicar, que además de su alto rendimiento y precocidad, el grano de esta línea es de color negro, opaco y de tamaño pequeño, características que demandan los productores y consumidores de frijol de los estados de Veracruz y Chiapas (López *et al.*, 2012a).

Cuadro 4 Rendimiento de grano (kg ha⁻¹) de genotipos de frijol negro evaluados en dos ambientes de Veracruz y uno en Chiapas. Ciclo otoño-invierno 2013-2014

No.	Genotipo	La Candelaria, Ver.	C. E. Ixtacuaco, Ver.	C. E. Centro de Chiapas, Chis.	Promedio
1	NGO 17-99	1141.3 *	1279.3 *	622.7	1014.4*
2	ELS 9-27	719.7	998.0	510.7	742.8
3	Jamapa Plus	1218.3 *	1263.0 *	530.7	1004.0*
4	NGO 07022	1034.0 *	1329.3 *	624.0	995.8*
5	CIAT-103-25	998.0	840.0	501.3	779.8
6	SEQ-344-21	1009.3	885.7	613.3	836.1
7	SCN-2	1043.7 *	1271.3 *	625.3	980.1*
8	SEN-56	1057.3 *	1262.0 *	606.7	975.3*
9	SEN-70	1253.3 *	1427.3 *	686.7	1122.4*
10	NCB-229	840.7	1241.3 *	568.0	883.3
11	X02-33-153	1044.3 *	1337.0 *	538.7	973.3*
12	N. Tacaná	747.0	1199.7 *	468.0	804.9
13	N. Jamapa	854.3	1318.0 *	549.3	907.2
	Promedio	997.0	1204.0 *	572.7	924.6
	DMS (0.05)	224.744	281.167	ns	198.502

*Genotipos estadísticamente superiores, según la Diferencia Mínima Significativa (0.05).

Conclusiones

Se identificó un grupo de líneas con productividad significativamente mayor que el de las variedades comerciales Negro Tacaná y Negro Jamapa, bajo condiciones de humedad residual; la línea SEN-70 fue la más productiva con y sin estrés por humedad, y su precocidad le permitió escapar a la sequía terminal.

Referencias

- Acosta, J.A., Acosta, E., Padilla, S., Goytia, M. A., Rosales, R., y López, E. (1999). Mejoramiento de la resistencia a la sequía del frijol común en México. *Agronomía Mesoamericana*, 10 (1), 83-90.
- Acosta-Díaz, E., Trejo-López, C., Ruíz-Posadas, L.M., Padilla-Ramírez J.S., y Acosta-Gallegos, J.A. (2004). Adaptación del frijol a sequía en la etapa reproductiva. *Terra Latinoamericana*, 22 (1), 49-58.
- Acosta-Díaz, E., Hernández-Torres, I., Rodríguez-Guerra, R., Acosta-Gallegos, J.A., Pedroza-Flores, J., Amador-Ramírez, M.D., y Padilla-Ramírez, J.S. (2011). Efecto de la sequía en la producción de biomasa y grano de frijol. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2 (2), 249-263.

Díaz, P. G., Ruiz, C.J.A., Cano, G.M.A., Serrano, A.V., y Medina, G.G. (2006). Estadísticas climatológicas básicas del estado de Veracruz (período 1961-2003). *Libro Técnico Núm. 13. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México.* 292 p.

Doorenhos, J., y Pruitt, W. O. (1976). Las necesidades de agua de los cultivos. (1rd. ed.). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 193 p.

Emam, Y., Shekoofa, A., Salehi, F., and Jalali, A.H. (2010). Water stress effects on two common bean cultivars with contrasting growth habits. *American-Eurasian Journal Agricultural and Environmental Science*, 9 (5), 495-499.

Esquivel, V.A., Cano, O., y López, E. 1997. Control químico de malezas en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el estado de Veracruz. *Agronomía Mesoamericana*, 8 (1), 53-58.

Frahm, M., Rosas, J.C., Mayek, N., López, E., Acosta, J.A., y Kelly, J.D. (2003). Resistencia a sequía terminal en frijol negro tropical. *Agronomía Mesoamericana*, 14 (2), 143-150.

García, E. (1987). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4ª. ed. UNAM. México, D. F. 130 p.

Hillel, D. (1980). Applications of soil physics. (1rd. ed.). Academic Press. 385 p.

López, S.E., Tosquy, V.O.H., Ugalde, A.F.J., y Acosta, G.J.A. (2008). Rendimiento y tolerancia a sequía de genotipos de frijol negro en el estado de Veracruz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31 (Núm. Especial 3), 35-39.

López-Salinas, E., Tosquy-Valle, O.H., Acosta-Gallegos, J.A., Villar-Sánchez, B., and Ugalde-Acosta, F.J. (2011). Drought resistance of tropical dry black bean lines and cultivars. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14 (2011), 749-755.

López, S.E., Tosquy, V.O.H., Jiménez, H.J., Salinas, P.R.A., Villar, S.B., y Acosta, G.J.A. (2012a). Rendimiento y adaptación de la variedad de frijol Negro Comapa en dos regiones de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35 (4), 309-315.

López, S.E., Tosquy, V.O.H., Rodríguez, R.R., y Villar, S.B. (2012b). *Informe técnico anual de actividades de mejoramiento genético de frijol negro opaco Mesoamericano en Veracruz y Chiapas*. Proyecto Desarrollo de Variedades de Frijol de Alto Rendimiento, Tolerantes a Sequía, Resistentes a Patógenos y con la Calidad que Demanda el Consumidor. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Medellín de Bravo, Ver. 12 p.

Manjeru, P., Madanzi, T., Makedredza, B., Nciizah, A. and Sithole, M. (2007). Effects of water stress at different growth stages on components and grain yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *African Crop Science Conference Proceedings*, 8, 299-303.

Molina, J.C., Moda-Cirino, V., Fonseca, J.N.S., Faria, R.T., and Destro, D. (2001). Response of common bean cultivars and lines to water stress. *Crop Breeding Applied Biotechnology*, 1 (4), 363-372.

Ramírez-Vallejo, P., y Kelly, J.D. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. *Euphitica*, 99 (2), 127-136.

Rosales-Serna, R., Ochoa-Márquez, R., y Acosta-Gallegos, J.A. (2001). Fenología y rendimiento del frijol en el altiplano de México y su respuesta al fotoperiodo. *Agrociencia*, 35 (5), 513-523.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). (2014). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Producción agropecuaria. Producción anual. Cierre de la producción agrícola por estado. *Anuario estadístico de la producción agrícola*. (En línea). Consultado 04 junio 2014. Disponible en: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>

Serrano, A.V., Díaz, P.G, López, L.A., Cano, G.M.A., Báez, G.A.D., y Garrido, R.E.R. (2006). Estadísticas climatológicas básicas de Chiapas (período 1961-2003). Libro técnico Núm. 1. SAGARPA. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozocoautla de Espinosa, Chis., México. 186 p.

Rendimiento, calidad nutrimental y rentabilidad de girasol en función al nitrógeno y densidad de población

ARENAS-JULIO, Yasmani Rafael*†, ESCALANTE-ESTRADA, José Alberto y SALVADOR-SOSA-MONTES, Eliseo''

Programa de Botánica, Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Km 36.5 Carretera México- Texcoco, 56230. Teléfono 01(595) 952 02 00 ext. 1330. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

''Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. 56230.

Resumen

El girasol, considerado como una oleaginosa de gran importancia por su alto contenido de aceite, ha tomado auge en los últimos años por la calidad del grano. Los nutrimentos juegan un papel importante en el crecimiento y desarrollo del cultivo. Entre los nutrimentos el nitrógeno (N), es uno de los principales elementos que mejoran los procesos metabólicos que a base de la proteína conduce a un aumento en el crecimiento vegetativo y el rendimiento de grano. La densidad de plantas por unidad de área, determina las condiciones óptimas que permite a la planta, adquirir los elementos esenciales que influyen en el rendimiento de grano. El objetivo del estudio fue determinar el rendimiento, calidad nutrimental y rentabilidad económica de grano del girasol por efecto del nitrógeno y densidad de población. La siembra de girasol Victoria se realizó en Montecillo, México, el 25 de mayo. Los tratamientos fueron 0, 50 y 100 kg de N ha⁻¹ y densidades de población 40, 80 y 120 mil plantas ha⁻¹. Durante el estudio las temperaturas máximas y mínimas oscilaron entre 27°C y 10°C, respectivamente, con precipitación pluvial de 388 mm. La ocurrencia de las etapas fenológicas fue similar entre tratamientos. Así, la emergencia ocurrió a los 8 días después de la siembra (dds), la floración a los 65 dds y a los 130 dds la madurez fisiológica. Con N100 y DP120 se presentó el mayor rendimiento de grano (440 g m⁻²), resultado de un mayor peso de 100 semillas, área de capítulo. Con el N se incrementó la concentración de proteínas, disminuyeron fibras y carbohidratos. La mayor ganancia económica se generó con N100 y DP120.

Biomasa total, Rendimiento de grano, Calidad nutrimental, Análisis económico.

Abstract

Sunflower, considered an oil of great importance for its high oil content, it has flourished in recent years for the quality of the grain. Nutrients play an important role in the growth and development of the crop. Among the nutrients nitrogen (N), it is one of the main elements that enhance metabolic processes based protein leads to an increase in vegetative growth and grain yield. The density of plants per unit area determines the optimal conditions that allows the plant to acquire the essential elements that influence the grain yield. The aim of the study was to determine the yield, nutritional quality and profitability of sunflower grain effect of nitrogen and population density. Victoria sunflower sowing was conducted in Montecillo, Mexico, on 25 May. The treatments were 0, 50 and 100 kg N ha⁻¹ and population densities of 40, 80 and 120 thousand plants ha⁻¹. During the study, the maximum and minimum temperatures ranged between 27 ° C and 10 ° C, respectively, with rainfall of 388 mm. The occurrence of phenological stages was similar between treatments. Thus, the emergency occurred 8 days after sowing (das), flowering at 65 and 130 dds dds physiological maturity. DP120 with N100 and the highest grain yield (440 g m⁻²), a result of higher weight of 100 seeds, area chapter was presented. With N protein concentration increased, they decreased fibers and carbohydrates. The largest economic gain was generated with N100 and DP120.

Total biomass, grain yield, nutritional quality, economic analysis.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: arenas.yasmani@colpos.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

El girasol (*Helianthus annuus* L.), considerado como una oleaginosa de gran importancia por su alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados, ha tomado auge en los últimos años por la calidad de su semilla Ahmad *et al.* (2009). El nitrógeno (N) es el elemento requerido en mayor cantidad en la producción agrícola; es componente de compuestos orgánicos como la clorofila, aminoácidos y ácidos nucleicos, principalmente, es necesario en la fijación de N atmosférico, entre otras funciones, por lo que son determinantes en el rendimiento de los cultivos (Fageria y Baligar, 2005).

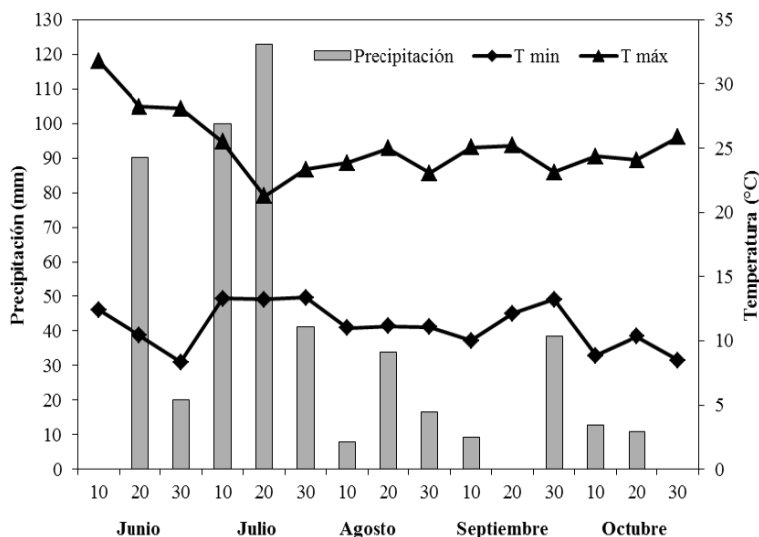
La productividad por unidad de área de girasol está determinada por muchos factores, incluyendo la población de plantas y variedad. La densidad de plantas por unidad de área determina las condiciones óptimas que permite a la planta adquirir los elementos esenciales para el crecimiento que influyen en la productividad de materia seca y por lo tanto en el rendimiento de grano (Basha, 2000).

Los nutrientes juegan un papel importante en el crecimiento y desarrollo del cultivo. Entre estos, el nitrógeno (N) es uno de los principales elementos que mejoran los procesos metabólicos que a base de la proteína conduce a un aumento en el crecimiento vegetativo y el rendimiento de grano. Niveles crecientes de N aumentaron de manera estable el rendimiento, contenidos de proteína y de ácido linoleico en el aceite. Al mismo tiempo, el rendimiento de aceite del cultivo permaneció positivamente relacionado al suministro de N (Ali y Ullah, 2012).

Süzer, (2010), reportan que el nitrógeno y al aumentar la densidad de población en girasol se incrementa el rendimiento de grano, el porcentaje de aceite y componentes del rendimiento. Ali *et al.*, (2012), mencionan incremento en el rendimiento de grano de girasol con una densidad de 8.33 plantas m^{-2} y 150 kg de N ha^{-1} . El objetivo del presente estudio fue determinar el rendimiento, calidad nutricional y rentabilidad económica de grano del girasol en función del nitrógeno y densidad de población.

Materiales y métodos

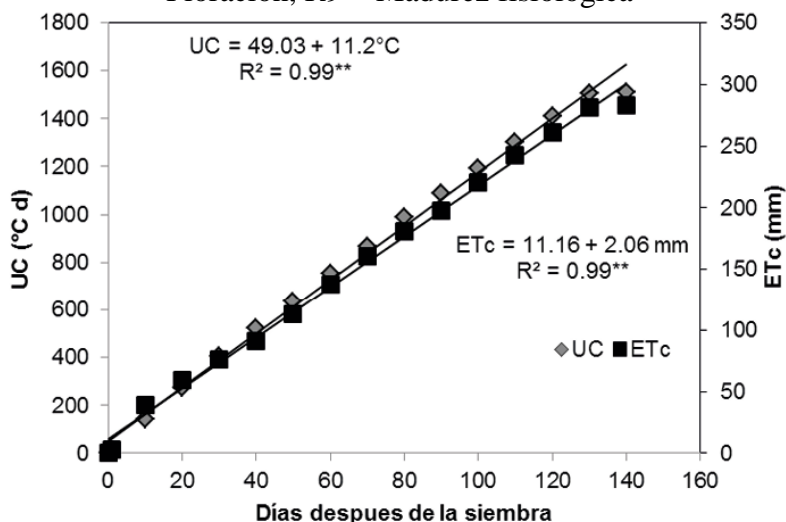
La investigación se estableció en un lote experimental del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México, (19° 29' norte; 98° 54' oeste y 2250 msnm), bajo condiciones de temporal. El clima es de tipo BS1 que corresponde al menos seco de los áridos con lluvias en verano, una temperatura media anual de 14.6°C y precipitación media anual de 500 mm (García, 2005). El suelo es de textura franco arenoso, pH de 7.1 y CE de 0.49 dS m^{-1} . La siembra del girasol cv. Victoria se llevó a cabo el 25 de mayo. Los tratamientos consistieron en tres niveles de nitrógeno 0, 50 y 100 kg ha^{-1} , (N0, N50 y N100) y tres densidades de población (DP) 40, 80, y 120 mil plantas ha^{-1} (D40, D80 y D120), esto generó 9 tratamientos. El diseño experimental fue de bloques completamente al azar con arreglo en parcelas divididas y cuatro repeticiones. Durante el ciclo del cultivo se registraron las etapas fenológicas, de acuerdo a los criterios presentados por Schneiter y Miller (1981).



Unidades Calor

La acumulación de las unidades calor (UC) en relación con la fenología del cultivo se presenta en la figura 2. El requerimiento térmico del cultivo bajo condiciones de clima templado fue similar entre tratamientos. Así, las UC fueron 144°C a la emergencia, 866°C al inicio de antesis (R5) y de 1510°C a madurez fisiológica (R9). Olalde *et al.*, (2000) encontraron resultados para el cv. Victoria en un clima cálido (Cocula, Guerrero), donde la acumulación de UC para las etapas fenológicas fue de 120°C, 1266°C y 1744°C para la emergencia, inicio de floración y madurez fisiológica, lo cual difirió con los resultados encontrados en este estudio. Dicho comportamiento se relaciona con las diferencias tan contrastantes en los climas en donde se realizó el estudio. Por otra parte, Morales *et al.*, (2006), encontraron para el cv. Victoria en clima templado (Montecillo, México), que para la emergencia, inicio de floración y madurez fisiológica se requiere de 105°C, 840°C y 1521°C UC.

Figura 2 Unidades calor (UC) y Evapotranspiración (ETc) acumuladas de girasol cv. Victoria, Montecillo, Méx. Verano 2011. E = Emergencia, Vn = Etapa vegetativa, R5 = Floración, R9 = Madurez fisiológica



Evapotranspiración (ETc)

En la Figura 2, que relaciona la evapotranspiración acumulada del cultivo (ETc), se observa que el periodo de siembra a emergencia, la ETc fue de 39 mm, en el periodo de emergencia a antesis la ETc fue de 121mm y de antesis a madurez fisiológica fue de 122 mm. La ETc acumulada durante todo el ciclo del cultivo fue de 282 mm. Así mismo, Morales *et al.* (2006), al evaluar el girasol cv. Victoria en un clima templado encontraron que de la siembra a emergencia la ETc fue de 15 mm, de emergencia a antesis fue de 185 mm y de antesis a madurez fisiológica fue de 80 mm. Teniendo una ETc acumulada durante todo el ciclo del cultivo de 280 mm. Por otra parte, Olalde *et al.*, (2000) al evaluar el girasol cv. Victoria en un clima cálido encontró que la ETc de la siembra a emergencia fue de 22 mm, de emergencia a inicio de floración fue de 234 mm, y de inicio de floración a madurez fisiológica fue de 97 mm. La ETc acumulada durante todo el ciclo del cultivo fue de 353 mm.

Biomasa total (BT)

Durante el desarrollo del cultivo, la BT mostró un incremento significativo debido a la adición de N100 y al aumento en la densidad de población (Figura 3). Así, la BT a los 96 dds, fue de 896 (D40), 1542.9 (D80) y 2164 (D120) g m⁻². Lo anterior puede atribuirse a una mayor fotosíntesis, debida al crecimiento del dosel vegetal que proporciona mayor intercepción de luz y mayor aprovechamiento de los recursos hídricos y nutrimentales (Aguilar *et al.*, 2005; Escalante, 1999).

Cuadro 1 Biomasa total, índice de cosecha, rendimiento de grano, peso de 100 semillas y área de capítulo en función al nitrógeno (N) y densidad de población (DP). Verano 2011

N	DP	BT	IC	RG	P100S	AC
Kg ha ⁻¹	Miles de plantas ha ⁻¹	g m ⁻²	%	g m ⁻²	g	cm ²
0	40	637 e	22 d	226 c	7 c	341 b
	80	1326 cd	22 d	345 b	7 c	310 c
	120	1699 b	26 c	385 b	8 b	307 c
50	40	713 e	35 a	241 c	8 b	388 b
	80	1412 c	24 c	358 b	8 b	334 b
	120	1886 b	22 d	424 a	8 b	337 b
100	40	896 e	31 b	279 c	9 a	452 a
	80	1542 c	23 d	371 b	9 a	340 b
	120	2164 a	20 e	440 a	8 b	324 b
Prob. F	N	**	**	*	*	**
	DP	**	**	**	NS	**
	N*DP	*	**	*	NS	*
DMS		8.2	9.5	4.6	0.3	2.7
C.V		4.09	4.02	3.01	5.2	9.01

*= P≤ 0.05, **= P≤ 0.01, P≤ 0.001, NS= Diferencias no significativas a P≤ 0.05.

BT= Biomasa total; IC= Índice de cosecha; REN= Rendimiento; P100S= Peso de 100 semillas; AC= Área de capítulo.

Rendimiento de grano (RG) y sus componentes

Los tratamientos ocasionaron cambios significativos para el RG y sus componentes, así con la aplicación de 50 y 100 Kg de N ha⁻¹ y 8 y 12 plantas m⁻² el RG fue de 440 y 424 g m⁻² mientras que el testigo fue de 385 g m⁻². Al elevar la densidad a 12 plantas m⁻², el área del capítulo se redujo en un 29 % con N100 respecto a la densidad de 4 plantas m⁻². Dato similares fueron encontrados por Aguilar et al. (2005) al evaluar diferentes densidades de población en girasol.

Calidad nutrimental del grano del girasol

El N provocó cambios significativos en el contenido de extracto etéreo y fibra cruda, mientras que DP modificó el contenido de minerales, proteína, extracto etéreo y carbohidratos y en la interacción N*DP a los minerales, proteína, extracto etéreo, fibra cruda, y carbohidratos (Cuadro 2). En promedio 100 g de grano aportan 4.0% de minerales, 22.1% de proteínas, 36.6% de grasa, 23% de fibra cruda y 14% de carbohidratos solubles (Cuadro 3). Estos valores son similares a los encontrados por Alli y Ullah (2012). Por lo que es un alimento rico en proteína superior al frijol común, el cual presenta un porcentaje de 19% (Salinas *et al.*, 2013). La fertilización de N aumentó la digestibilidad del grano, al disminuir el contenido de fibra cruda (Cuadro 3). Tendencias similares se reportan en girasol, ya que con la fertilización disminuyó el contenido de fibra cruda en 0.5% (Alli y Ullah, 2012). Con N100 se mejoró el contenido de minerales, proteínas, grasas, en detrimento de carbohidratos (Cuadro 2). En este sentido, Mollashahi *et al.*, (2013), menciona que el N mejora las características cuantitativas y cualitativas en la calidad del girasol. Con las combinaciones de N100 y DP120 el grano de girasol logró el mayor contenido de minerales y proteínas y la más baja concentración de fibra cruda y carbohidratos (Cuadro 3). Así, con estos tratamientos, además de generarse los mayores RG, se eleva el contenido de proteína.

Cuadro 2 Análisis nutrimental (en % de peso seco) del grano seco de girasol en función del nitrógeno y densidad de población

FACTOR	Minerales	Proteína	Extracto etéreo	Fibra cruda	carbohidratos
N0	3.9 b	20.1 c	32.8 c	20.7 c	22.3 a
N50	4.0 b	22.1 b	36.8 b	23.2 b	13.7 b
N100	4.33 a	24.3 a	40.2 a	25 a	6 c
DMS	0.20	0.48	0.46	0.63	1.14
DP40	4.2 a	22.8 a	38.9 a	24.2 a	9.7 c
DP80	4.0 b	22.4 b	36.6 b	23 b	13.8 b
DP120	4.0 b	21.4 c	34.3 c	21.7 c	18.5 a
DMS	0.17	0.38	0.37	0.40	0.67
C.V.	4.0	1.69	0.99	1.82	5.15

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según Tukey ($\alpha = 0.05$) *, ** = $P \leq 0.01$ y 0.05 , respectivamente. DMS = diferencia mínima significativa, C.V = coeficiente de variación. N = nitrógeno, DP = densidad de población.

Cuadro 3 Análisis nutrimental (en % de peso seco) del grano seco de girasol en función del nitrógeno y densidad de población

N	DP	Minerales	Proteína	Extracto etéreo	Fibra cruda	Carbohidratos
	40	3.7 b	21 c	35 d	22.2 cd	18 c
0	80	4 b	20.5 c	33.5 e	21.2 d	20.7 b
	120	4 b	19 d	30 f	18.7 e	28.2 a
	40	4 b	23 b	39.7 b	24.5 b	8.7 e
50	80	4 b	22 b	36.7 c	23 c	14 d
	120	4 b	21.1 c	34 e	22.2 cd	18.5 c
	40	5 a	24.5 a	42 a	26 a	2.5 g
100	80	4 b	24.4 a	39.7 b	25 ab	6.7 f
	120	4 b	24 a	39 b	24.2 b	8.7 e
	Media general	4.0	22.1	36.6	23	14
	DMS	0.40	0.90	0.86	1.0	1.73
	N	**	**	**	**	**
Prob. F	DP	*	**	**	**	**
	N*DP	**	NS	**	*	**
	C.V.	4.0	1.69	0.99	1.82	5.15

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según Tukey ($\alpha = 0.05$) *, ** = $P \leq 0.01$ y 0.05 , respectivamente. DMS = diferencia mínima significativa, C.V = coeficiente de variación. N = nitrógeno, DP = densidad de población.

Rentabilidad económica

En el Cuadro 4, se presenta el análisis económico para el rendimiento de grano del girasol. El mayor RG se presentó con la aplicación de 100 kg de N ha⁻¹ y a una densidad de 12 plantas m⁻² (4400 kg ha⁻¹ para RG). Sin embargo, generó el mayor costo total (CT, \$13,970), mismo que se amortizó con el ingreso total (IT, \$88,000); de tal manera que generó el mayor ingreso neto (IN, \$74,040). La aplicación de este tratamiento de fertilización incrementó el IN en \$39,040 respecto al testigo. La dosis mínima con la que se incrementa de manera considerable el IN es con N50 y DP120 con \$ 36,640 respecto al testigo. Por último, la ganancia por peso invertido (GPI) es de \$ 3,43 cuando no se aplica N, de \$ 3.03 cuando se aplica 50 kg N ha⁻¹ y de \$ 3.37 cuando se aplica 100 kg N ha⁻¹, es decir, que conforme se incrementa la aplicación de N, también se incrementa la GPI.

Cuadro 4 Rendimiento (RG), ingresos totales (IT), costos fijos (CF), costos variables (CV) y costos totales (CT), ingresos netos (IN) y ganancia por peso invertido (GPI) en girasol en función al nitrógeno (N) y densidad de población (DP). Verano 2011

N	DP	RG	IT	CF	CV	CT	IN	GPI
Kg ha ⁻¹	Miles de plantas ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	\$	\$	\$	\$	\$	\$
	40	2260	45200	9600	600	10200	35000	3.43
0	80	3450	69000	9600	1200	10800	58200	5.39
	120	3850	77000	9600	1800	11400	65600	5.75
	40	2410	48200	9600	2360	11960	36240	3.03
50	80	3580	71600	9600	2960	12560	59040	4.70
	120	4240	84800	9600	3560	13160	71640	5.44
	40	2790	55800	9600	3160	12760	43040	3.37
100	80	3710	74200	9600	3760	13360	60840	4.55
	120	4400	88000	9600	4360	13960	74040	5.30

IT = RG * precio por kg de girasol (\$ 20.00). CF = incluye costo de preparación del terreno, siembra, riego, manejo de maleza. CV = incluye el costo, fertilización y cosecha de girasol. CT = CF + CV. IN = IT - CT. GPI = IN / CT.

Conclusiones

La fertilización nitrogenada y la densidad de población no modificaron el tiempo a ocurrencia de las etapas fenológicas, pero sí la biomasa total y rendimiento de grano. El mayor rendimiento de grano se logra con 100 kg de N ha⁻¹ y 12 plantas m⁻². La fertilización nitrogenada y la densidad de población aumentaron el contenido de minerales y proteínas, en detrimento de fibras y carbohidratos. El mayor ingreso neto se logró con N100 y DP120.

Referencias

- Aguilar C. L.; Escalante E. J. A.; Fucikovski Z. L.; Tijerina C. L.; Mark E. E. 2005. Área foliar, tasa de asimilación neta, rendimiento y densidad de población en girasol. *Terra*. Vol. 23. Núm. 3. Pp 303-310.
- Ahmad S. H., Ahmad R., Ashraf M. Y., Ashraf M., Waraich E. A. 2009. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) response to drought stress at germination and seedling growth stages. *Pak. J. Bot.* 41(2): 647-654.
- Ali A., and Ullah S. 2012. Effect of nitrogen on achene protein, oil, fatty acid profile, and yield of sunflower hybrids. *Chilean Journal of Agricultural Research* 72(4): 564-567.
- Ali A., Ashfaq A., Khaliq T., Afzal M., Iqbal Z., Qamar F. 2014. Plant Population and Nitrogen Effects on Achene Yield and Quality of Sunflower (*Helianthus Annuus* L.) Hybrids *International Conference on Agricultural, Environmental and Biological Sciences* (AEBS-2014) April 24-25.
- Escalante J. A. 1999. Área foliar, senescencia y rendimiento del girasol de humedad residual en función del nitrógeno. *Terra* 17: 149-157.
- García, E. 2005. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª. Edición. Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México. 217 p.
- Hossam M. I. 2012. Response of Some Sunflower Hybrids to Different Levels of Plant Density APCBEE Procedia 4 (2012) 175 – 182
- Süzer, S. 2010. Effects of nitrogen and plant density on dwarf sunflower hybrids. *HELIA*, 33, Nr. 53, p.p. 207-214
- Basha H.A 2000. Response of two sunflower cultivars to hill spacing and nitrogen fertilizer levels under sandy soil conditions. *Zagazig. Agric Res*; 27: 617-633.
- Fageria, N. K. and V.C. Baligar. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Elsevier Inc. 88:97-185.
- Merrien A. 1986. Cahier technique turnesol. Physiologie. *CETIOM. Paris*. Pp. 1-47.

Mollashahi M., Hamidreza G., Fanae H. 2013. Effect of different levels of nitrogen and potassium on yield, yield components and oil content of sunflower. *Intl J Farm & Alli Sci.* Vol., 2 (S): 1237-1240, 2013.

Morales R. E. J., Escalante E. J. A., Tijerina C. L., Volke H. V., Sosa M. E. 2006. Biomasa, rendimiento, eficiencia del agua y de la radiación solar del agrosistema girasol-frijol. *Terra.* (24) (1):55-64

Olalde G. V. M.; Escalante E. J- A.; Sánchez G. P.; Tijerina C. L.; Mastache L. A. A.; Carreño R. E. 2000. Crecimiento y distribución de biomasa en girasol en función del nitrógeno y densidad de población en clima templado. *Terra.* Vol. 18. Num. 004. Pp. 313-323

Salinas R. N., Escalante E. J. A. S., Rodríguez G. M. T., Sosa M. E. 2013. Rendimiento, calidad nutrimental y rentabilidad del frijol ejotero de temporal en San Pablo Ixayoc, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 19(3): 333-342

SAS Institute (2003) SAS/STAT user's guide Release 9.1. SAS Institute. Cary, NC, USA.
Schneiter, A. and Miller, J.F., 1981. Description of sunflower growth stages. *Crop Sci.* 21: 901-903

Sosa PE (1979) Manual de procedimientos analíticos para alimentos de consumo animal. Departamento de zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo, México. 115 pp

Volke, H. V. 1982. Optimización de Insumos de la Producción en la Agricultura. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México. 61 p.

Severidad de falsa cenicilla en cártamo a través de análisis de imágenes digitales

BORBÓN-GRACIA, Alberto^{*†}, SAUCEDA-ACOSTA, Carlos Patricio^{''}, LUGO-GARCÍA, Gabriel Antonio^{''}, SAUCEDA-ACOSTA, Raúl Hipólito['], QUINTANA-QUIROZ, J. Guadalupe^{''} y GARCÍA-ENCINAS, Jesús Alejandra^{''}

'Campo Experimental Valle del Fuerte- Centro de Investigación Regional del Noroeste- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

''Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte-Universidad Autónoma de Sinaloa.

Resumen

Realizar una medición cuantitativa que conocer las características de las lesiones la falsa cenicilla enfermedad, el presente estudio tuvo como objetivo desarrollar una metodología para evaluar de la severidad de falsa cenicilla en cártamo a través análisis de imágenes digitales obtenidas con escáner de cuatro líneas de cártamo. La imágenes a color de los brácteas de los capítulos florales se procesaron y analizaron con el programa libre ImageJ 1.49b. El proceso se automatizó mediante una rutina. Se midió el área de las brácteas y área dañada por falsa cenicilla (mm²), tamaño (mm²), número total y el diámetro de las lesiones. Se calculó la severidad y el número de lesiones por cm². Hubo diferencias significativas entre el número de lesiones total por capítulo el cultivar PI-209290 presento el mayor número con 286 lesiones. El tamaño medio de las lesiones fue de 2.05 a 3.2 mm², el diámetro de las lesiones fue desde 0.5 hasta 10.7 mm. El número total de lesiones presento una estrecha relación cuadrática con el tamaño de las mismas. Es factible evaluar de la severidad de falsa cenicilla en cártamo a través análisis de imágenes digitales obtenidas con escáner, debido a que se elimina la subjetividad y los datos presentan repetitividad; además, con este método se obtienen mucha más información sobre las características de las lesiones que con la estimación visual.

***Ramularia cercosporelloides*, severidad, lesiones.**

Abstract

A quantitative measurement to know the characteristics of lesions false mildew disease, this study aimed to develop a methodology for assessing the severity of false mildew in safflower through digital image analysis obtained with scanner four lines of safflower. The color images of the bracts of the flower heads were processed and analyzed with ImageJ 1.49b free program. The process is automated through a routine. Bracts area and false mildew damaged area (mm²) size (mm²), total number and diameter of lesions was measured. The severity and number of lesions per cm² was calculated. There were significant differences between the total number of injuries chapter PI-209 290 cultivar had the highest number with 286 injuries. The average lesion size was 2.05 to 3.2 mm², the diameter of lesions was from 0.5 to 10.7 mm. The total number of lesions presented a quadratic narrow relative to the size thereof. It is feasible to assess the severity of false mildew in safflower through digital image analysis obtained with scanner, because subjectivity is removed and the data are repeatability; Furthermore, this method is much more information on the characteristics of the lesions are obtained with the visual estimation.

***Ramularia cercosporelloides*, severity, injuries**

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: borbon.alberto@inifap.gob.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

En México la producción de cártamo ha sido afectada en los últimos años por una enfermedad denominada “falsa cenicilla del cártamo”. El agente causal de esta fue recientemente identificado como el hongo *Ramularia cercosporelloides* U. Braun & Crous (Huerta–Espino *et al.*, 2006). La aparición de dicha enfermedad generó grandes pérdidas económicas en el ciclo agrícola 2003-04 en el Sur de Sonora, la pérdida en producción se estimó en 55%, lo que representó una reducción de 133 mil toneladas con un valor de 440 millones de pesos (Ramírez *et al.*, 2008). Aunado a las mermas directas a la producción se suman el incremento de los costos de producción; debido a que los productores realizan la aplicación de fungicidas y de esta manera afectando también el medio ambiente.

La evaluación de la severidad de esta enfermedad se realiza de manera visual y es una tarea importante para la toma de decisiones en la adopción de estrategias y técnicas de control de una enfermedad (Bade y Carmona, 2011), así mismo Kranz (1988) menciona que la evaluación permite analizar los factores que afectan el desarrollo de una enfermedad, evaluar eficacia de fungicidas y en la definición de umbrales económicos. Bock *et al.* (2010) indican que la “estimación” de la severidad de una enfermedad se hace mediante una evaluación visual; mientras que la “medición” de la severidad de la enfermedad, se obtiene con métodos más precisos como el análisis de imágenes.

La estimación de la severidad de enfermedades se realiza de manera cualitativa y cuantitativa, a menudo con la ayuda de escalas visuales y claves de evaluación (James, 1971). Dichas escalas se siguen empleando pero al mismo tiempo que se emplean nuevos métodos de medición de enfermedades. Debido a su sencillez, rapidez y bajo costo se utiliza la evaluación visual de la severidad (Navarro y Arauz, 1999), pero es propensa a errores (Bock *et al.*, 2008a), Bade y Carmona (2011) señalan que el problema con los métodos visuales es la difícil repetitividad, la imprecisión y, por lo tanto, presentan menos confiabilidad.

Para medir la severidad de manera cuantitativa, un método confiable consiste en tomar imágenes de las hojas e imprimirlas, después se recortan y separan las áreas enfermas de las sanas y se pesan por separado con una balanza de precisión (Nita *et al.*, 2003; Nieto *et al.* 2001). Sin embargo, en este método, como en cualquier otro, existe la posibilidad de que el operador cometa errores; por ejemplo, en la definición exacta del punto donde termina la zona enferma y comienza el tejido sano (Bock *et al.*, 2010).

La medición real de la severidad es factible y cada vez más utilizada debido al desarrollo de tecnologías, como el procesamiento y análisis de imágenes digitales para la identificación y cuantificación de las enfermedades (Cui *et al.*, 2010; Chaudhary *et al.*, 2011; Patil y Kumar, 2011; Barbedo, 2013; Dhaygude y Kumbhar, 2013; Zhang, 2013), que permite obtener resultados consistentes, es bastante preciso y puede ser no destructivo (Bock *et al.*, 2008b; Velázquez *et al.*, 2011). Existen diferentes analizadores de imágenes, de uso general, que se han empleado para medir severidad en follaje; así también hay analizadores específicamente desarrollados para cuantificar enfermedades en plantas (Lamari, 2005; Wijekoon *et al.*, 2008; Bock *et al.*, 2010).

Mediante el análisis de imágenes es posible conocer el número, tamaño, color y forma de las lesiones (Rathod *et al.*, 2013), útil para los fitomejoradores y fitopatólogos que utilizan el tamaño de las lesiones y su posterior crecimiento para evaluar la resistencia de algunos cultivares a varios patógenos (Berger *et al.*, 1997; Bock *et al.*, 2010); además, se elimina la subjetividad y los errores inducidos (Patil y Bodhe, 2011). Así mismo, esta metodología se ha utilizado para desarrollar escalas diagramáticas para evaluar la severidad de roya en soya (Godoy *et al.*, 2006) para antracnosis en papaya (Zavala y Alejo, 2012).

Dado la importancia de la falsa cenicilla en cártamo y a la necesidad de realizar una medición cuantitativa que permita conocer las características de las lesiones de esta enfermedad, el presente estudio tuvo como objetivo desarrollar una metodología para evaluar de la severidad de falsa cenicilla en cártamo a través análisis de imágenes digitales obtenidas con escáner.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el Campo Experimental Valle del Fuerte, Guasave, Sinaloa. El 08 de diciembre de 2013 se hizo la siembra de los genotipos de cártamo, la aparición de hojas con síntomas provocados por el patógeno fue en forma natural y ocurrió durante la tercera semana de febrero. El muestreo se realizó el 11 de abril, en las líneas avanzadas de cártamo PI-560201, QUIRIEGO´88/3/KINO´76/POI CC1245-3-1-0Y, PI-208667, PI-209290, en las cuales se colectaron al azar muestras de capítulos, después se digitalizó el material fresco mediante un escáner de cama plana, marca Epson Stylus modelo CX4700, donde se colocaron las brácteas con el haz hacia abajo.

El formato utilizado para guardar las imágenes fue jpeg a color RGB (Red, Green, Blue) con 24 bits por pixel, con una resolución de 300 ppp (pixel por pulgada), un tamaño de 2544 (ancho) x 3508 (alto) pixeles. La escala de las imágenes fue de 11.6 pixeles por mm.

El procesamiento de las imágenes fue en forma directa con el programa de uso libre Imagej Ver. 1.48r (Rasband, 2014), el cual admite establecer y calibrar la escala en cualquier unidad espacial (mediante una medida de referencia), por lo que la precisión es confiable, presenta la opción de analizar partículas por el tamaño y su forma, de esta manera restringe del análisis objetos fuera de interés, que se digitalizan al escanear.

El procesamiento de las imágenes constó de dos pasos, a) análisis del área total de las brácteas, que consistió en establecer la escala de las imágenes, luego convertir la imagen a binaria; es decir, a blanco y negro (*Process/Binary/Make Binary*), posteriormente con la función análisis de partículas (*Analyze/Analyze particles*) se midió el área de las brácteas (mm^2), con restricción del área de 4 a 500 mm^2 (el mayor tamaño individual fue de 44.57 cm^2) y la forma se dejó sin ajuste (de cero a uno), finalmente se deshicieron los cambios en la imagen (*Edit/Undo*), para dejarla original y proseguir con la identificación del área dañada; b) discriminación entre área sana y dañada, la cual se llevó a cabo mediante la segmentación del color de las imágenes (*Image/Adjust/Color Threshold*), lo cual consistió en transformar la imagen RGB original al espacio de color HSB (Hue=tono, Saturation=Saturación, Brightness=Brillo).

El cual ofrece una mejor representación de la imagen y facilita el análisis de la misma (González y Woods, 2007); es decir, la identificación y localización de las lesiones (Figura 1), posteriormente se ajustaron los umbrales mínimo y máximo para obtener la diferenciación entre el área sana y la enferma, de esta manera se obtuvo que para el tono el umbral mínimo fue de 12 y el máximo de 20, para Saturación 0 y 255, para Brillo 0 y 140.

Para medir el área ocupada por lesiones causadas por cenicilla (mm^2), tamaño (mm^2), número total y el diámetro de las lesiones se utilizó el análisis de partículas (*Analyze/Analyze particles*), con la restricción de 0.2 a 300 mm^2 y se ajustó por la forma (0.2 a 1.0), la cual es medida de cero a uno, donde 0=no esférica, 1=esférica. Con Microsoft Excel 2013[®] se calculó el número de lesiones por cm^2 (total de lesiones*100/área total de la muestra) y la severidad (área dañada/área total*100). Para automatizar y facilitar todo el proceso del análisis se creó una rutina (macro) con la función grabar (*Plugins/Macros/Record*) de Imagej.

La rutina analiza de forma automática todas las imágenes contenidas dentro de una carpeta, los resultados se pueden guardar en un solo archivo de Excel o bien por separado, etiquetados con el nombre del archivo jpeg para facilitar su identificación. El código detallado de la rutina está disponible bajo petición.

Los datos fueron analizados mediante correlaciones simples de Pearson; se utilizó el procedimiento UNIVARIATE para comprobar la normalidad de los datos; se realizó el análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis; el estadístico de prueba fue una aproximación a la χ^2 de Pearson al 1% ($K-W \approx \chi^2$), para demostrar diferencias significativas entre genotipos y métodos de estimación de severidad se utilizó la prueba de la Suma de Rangos de Wilcoxon para todos los pares posibles de tratamientos, con el procedimiento NPARIWAY de SAS v. 9.2 (SAS Institute, 2008).

Resultados

El número de lesiones por capítulo presento diferencias altamente significativas entre cultivares ($P < .0001$), el genotipo PI-209290 presento el mayor número de éstas con 221 y fue diferente al resto de los materiales (DMS=87.37), PI-560201 presento en promedio 92 lesiones. El área dañada, la severidad, el tamaño, las lesiones por cm^2 , el perímetro y la forma (0=polígono alargado, 1=círculo perfecto) no presentaron diferencias estadísticas (cuadro 1).

El número de lesiones total por capítulo fue de hasta 286 y lo presento el cultivar PI-209290. El tamaño medio de las lesiones fue de 2.05 a 3.2 mm^2 . El diámetro de las lesiones fue desde 0.5 hasta 10.7 mm, dichos valores son más amplios a los reportados por Hostert y colaboradores (2006) desde 3 hasta 10 mm de diámetro. Pero una vez que las lesiones se unieron presentaron un diámetro de 20.43 mm.

El menor tamaño de las lesiones fue de 0.2 mm^2 hasta 138.3 mm^2 , en el cultivar PI-560201 el mayor tamaño fue de 66.95 mm^2 , en QUIRIEGO´88/3/KINO´76/POI CC1245-3-1-0Y de 105.28 mm^2 , en PI-208667 de 69.07 y en PI-209290 de 138.32 mm^2 .

El número total de lesiones presento una estrecha relación cuadrática con el tamaño de las lesiones (Figura 1), lo cual está influenciado por el tamaño de las lesiones; es decir, cuando se detectan pocas lesiones es porque éstas se agruparon y forman una área más grande, en cambio cuando son pequeñas se detectan individualmente.

El número de lesiones de cenicilla y el tamaño promedio de éstas presentan una tendencia positiva hasta 150 lesiones por capítulo, después el tamaño de las lesiones tiende a disminuir (Figura 2), lo anterior puede atribuirse al hecho de que las lesiones eventualmente se agrupan y forman áreas irregulares. La circularidad fue baja, el 18.5% de las lesiones presento circularidad por arriba del 0.65.

Cuadro 1 Características de las lesiones de falsa cenicilla en cuatro líneas de cártamo, en el norte de Sinaloa, ciclo O-I, 2013/2014

Cultivar	Area dañada	Severidad	Lesiones de cenicilla				
			Núm.	Tam. medio	cm ⁻²	Perimetro	Circularidad
PI-560201	215.64	6.42	92 B	2.05	3.28	6.23	0.47
QUIRIEGO '88/3/KINO '76/POI CC1245-3-1-0Y	321.76	8.26	97 B	3.20	2.55	7.92	0.48
PI-208667	295.56	6.42	118 B	2.51	2.31	6.75	0.45
PI-209290	471.40	9.26	221 A	2.14	4.20	6.69	0.45
Media	326.09	7.59	131.96	2.48	3.09	6.90	0.46
C.V.	50.63	65.37	32.32	41.94	44.87	16.88	5.76
DMS (0.01)	NS	NS	87.37	NS	NS	NS	NS

Figura 1 Relación entre el número de lesiones y el área dañada por falsa cenicilla en cuatro líneas de cártamo, en el norte de Sinaloa, ciclo O-I, 2013/2014

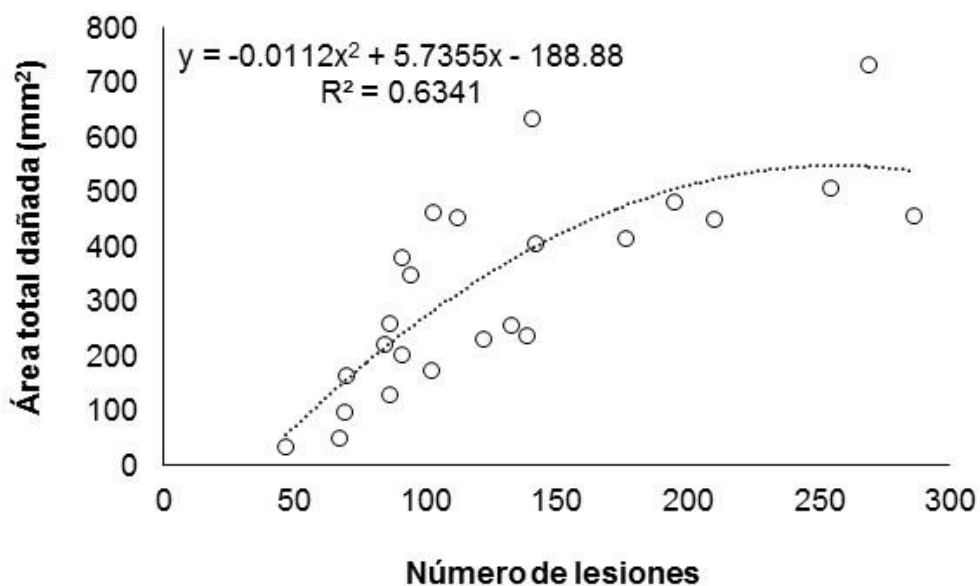
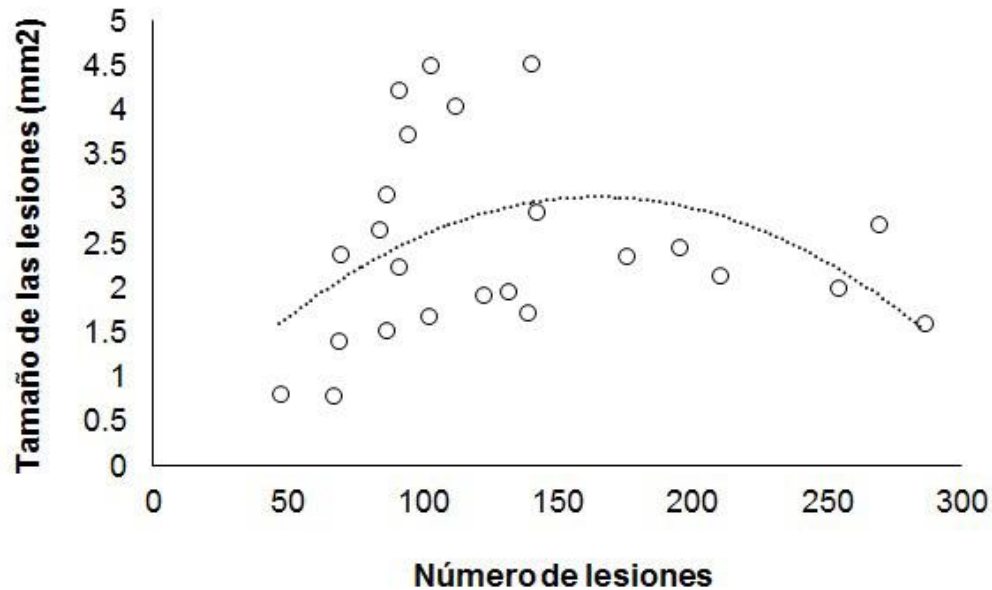


Figura 2 Relación entre el número de y el tamaño de las lesiones de falsa cenicilla en cuatro líneas de cártamo, en el norte de Sinaloa, ciclo O-I, 2013/2014



Conclusiones

Es factible evaluar de la severidad de falsa cenicilla en cártamo a través análisis de imágenes digitales obtenidas con escáner, debido a que se elimina la subjetividad y los datos presentan repetitividad; además, con este método se obtienen mucha más información sobre las características de las lesiones que con la estimación visual.

Referencias

Bade C I A, M A Carmona (2011) Comparison of methods to assess severity of common rust caused by *Puccinia sorghi* in maize. *Tropical Plant Pathology* 36(4): 264-266.

Barbedo, J G A (2013) Digital image processing techniques for detecting, quantifying and classifying plant diseases. SpringerPlus. 2:660.

Berger R D, F A Bergamin, L Amorim (1997) Lesion expansion as an epidemic component. *Phytopathology* 87:1005-1013.

Bock C H, P E Parker, T Gottwald (2010) Plant disease severity estimated visually, by digital photography and image analysis, and by hyperspectral imaging. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 29, 59–107.

Bock C H, P E Parker, A Z Cook, T R Gottwald (2008a). Visual rating and the use of image analysis for assessing different symptoms of citrus canker on grapefruit leaves. *Plant Disease* 92:530–541.

Bock C H, P E Parker, A Z Cook, T R Gottwald (2008b). Characteristics of the perception of different severity measures of citrus canker and the relations between the various symptom types. *Plant Disease* 92:927–939.

Chaudhary P, A K Chaudhari, A N Cheeran, S Godara, (2012) Color Transform Based Approach for Disease Spot Detection on Plant Leaf. *International Journal of Computer Science and Telecommunications*. 3(6):65-70.

Cui D, Q Zhang, M Li, G L Hartman, Y Zhao (2010) Image processing Methods for Quantatively Detecting Soybean Rust from Multispectral Images. *Biosystems Engineering*. 107:186-193.

Dhaygude S B, N P Kumbhar (2013) Agricultural plant Leaf Disease Detection Using Image Processing. *Agricultural plant Leaf Disease Detection Using Image Processing*. 2(1):599-602.

Godoy, Cláudia V., Koga, J Lucimara, M G Canteri (2006) Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. *Fitopatologia Brasileira*, 31(1), 63-68.

Huerta E. J., Constantinescu O., Velásquez C., Herrera F. S. A., Figueroa L. P. (2006). First report of *Ramularia cercosporelloides* on *Carthamus tinctorius* in Northwestern Mexico. *Plant Disease* 90: 1552.

James W C (1971) An illustrated series of assessment keys for plant diseases, their preparation and usage, *Canadian Plant Disease Survey*. 51(2):39-65.

Kranz, J (1988) Measuring Plant Disease. In: J. Kranz, and J.Rotem, (eds.). *Experimental Techniques in Plant Disease Epidemiology*, Berlin: Springer, pp. 35-50.

Lamari, L. (2005) *ASSESS: Image Analysis Software for Plant Diseases*. St Paul, MN, USA: APS Press.

Navarro J R, L F Arauz (1999) Exactitud y repetitividad de dos métodos para la evaluación de la severidad de enfermedades fungosas en el fruto de la papaya (*Carica papaya*). *Agronomía Costarricense*. 23(1):89-96.

Nieto, A. D., Acosta, R. M., Valencia, A. M., y Mena, N. G. (2001) Estudios de Efectividad Biológica con Fungicidas. pp. 106-129. In: Bautista-Martínez, N., y Díaz-Gómez, O. (eds.). *Bases Para Realizar Estudios de Efectividad Biológica de Plaguicidas*. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 150 p.

Nita, M., Ellis, M. A., and Madden, L. V. (2003). Reliability and accuracy of visual estimation of Phomopsis leaf blight of strawberry. *Phytopathology* 93, 8; ProQuest Biology Journals.

Patil S B, S K Bodhe (2011) Leaf disease severity measurement using image processing. *International Journal of Engineering and Technology*. 3 (5): 297-301

Patil J K, R. Kumar (2011) Advances in Image processing for Detection of Plant Diseases. *Journal of Advanced Bioinformatics Applications and Research*. 2(2):135-141.

Ramírez A. J. A., Figueroa L. P., Armenta C. C. M., Cantúa A. J. A., Montoya C. L., Cabrera C. F., Ocho B. F., Valenzuela B. J. R. y Beltrán F. M. (2008). Control químico de la falsa cenicilla del cártamo (*Ramularia carthami*) en el sur de Sonora. Folleto técnico Num. 58. Primera Edición 2008.

Rathod A N, B A Tanawal, V H Shah (2013) Image Processing Techniques for Detection of Leaf Disease. *Inter. Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering* 3(11):397-399.

Velázquez L N, Y Sasaki, K Nakano, J M Mejía, E Romanchik (2011) Detección de cenicilla en rosa usando procesamiento de imágenes por computadora. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 17(2):151-160.

Wijekoon, C.P., Goodwin, P.H., and Hsiang T. (2008) Quantifying fungal infection of plant leaves by digital image analysis using Scion Image software. *Journal of Microbiological Methods*, 74 (2-3), pp. 94-101.

Zavala L M J, J Cristobal, (2012) Escala logarítmica diagramática de severidad de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) en papaya (*Carica papaya*). *Fitosanidad* 16 (2): 83-86.

Zhang F (2013) Feature Extraction Method for Wheat Diseases Based on Multi-fractal Spectrum. *Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Science and Electronics Engineering*. Paris, France. pp: 3061-3064.

Tasa de crecimiento, biomasa y rendimiento de maíces criollos en temporada de lluvias y clima templado

ROJAS-VICTORIA, Néstor Jorge^{*†}, ESCALANTE-ESTRADA, José Alberto Salvador[´] y RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, María Teresa

Programa de Botánica, Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Km 36.5 Carretera México-Texcoco, 56230. Teléfono 01(595) 952 02 00 ext. 1330. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

Resumen

El conocimiento de la dinámica de acumulación de materia seca del maíz es una herramienta útil para conocer su comportamiento en diferentes condiciones ambientales. El objetivo del estudio fue evaluar la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y tasa de asimilación neta (TAN) de los maíces criollos y un híbrido bajo condiciones de lluvia en clima templado. El estudio se realizó en el Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México, con tres cultivares de maíz criollo raza chalqueño de color azul, amarillo y negro y un Híbrido (HS-2). La densidad fue 5 plantas m⁻². La fecha de siembra fue el 23 de mayo y la cosecha el 26 de noviembre de 2013. Se evaluó durante el ciclo del cultivo la tasa de crecimiento del cultivo (TCC, g m⁻² día⁻¹), tasa de asimilación neta (TAN, g m⁻²día⁻¹) y a la cosecha final la biomasa (MS total; g m⁻², BT), el índice de cosecha (IC) y el rendimiento de grano (RG, 10% de humedad, g m⁻²). La precipitación estacional fue de 512 mm. Los cultivares en estudio presentan diferencias en las tasa de crecimiento, en la biomasa y el índice de cosecha. El rendimiento en grano fue similar entre los cultivares de maíz criollo y el maíz híbrido.

***Zea mays* L., Materia seca, tasa de crecimiento del cultivo, tasa de asimilación neta, índice de cosecha.**

Abstract

Knowledge of the dynamics of dry matter accumulation of corn is useful to know its behavior under different environmental conditions tool. The aim of the study was to evaluate the rate of crop growth (TCC) and net assimilation rate (NAR) of landraces and a hybrid under conditions of temperate rain. The study was conducted at the Graduate College, Montecillo, Edo. of Mexico, with three cultivars of native maize Chalqueño race blue black, yellow and and a hybrid (HS-2). The density was 5 floors m⁻². The planting date was May 23 and the harvest on 26 November 2013. The crop growth rate (TCC, g m⁻² d⁻¹), net assimilation rate was evaluated during the crop cycle (TAN , g m⁻²day⁻¹) and the final harvest the biomass (total MS; g m⁻², BT), harvest index (IC) and grain yield (RG, 10% humidity, g m⁻²). The seasonal rainfall was 512 mm. The cultivars under study differ in growth rate, biomass and harvest index. The grain yield was similar between native maize cultivars and hybrid maize.

***Zea mays* L., dry matter, crop growth rate, net assimilation rate, harvest index**

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: nerovic@colpos.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

El maíz representan parte de la dieta básica de la población rural en México con una amplia gama de cultivares criollos. Los estudios detallados del crecimiento de las plantas permiten cuantificar diferentes aspectos del mismo, la duración del ciclo, definición de etapas de desarrollo y distribución de fotoasimilados por órgano y es básico para comprender los procesos fisiológicos que determinan la producción vegetal (Escalante-Estrada 1995). Montemayor *et al.* (2004) señalan que dentro de las bases fotosintéticas para incrementar el rendimiento, se debe contemplar una mayor distribución de materia seca hacia la estructura del rendimiento agronómico (semilla), lo que se conoce como índice de cosecha (Escalante y Kohashi, 1993). El área foliar es la medida usual del tejido fotosintético de un cultivo. El tamaño y la duración del aparato fotosintético está relacionado con el rendimiento. Asimismo, el mayor crecimiento del dosel vegetal proporciona una mayor intercepción de luz, lo cual incrementa la fotosíntesis y producción de biomasa. Así, la acumulación de materia seca depende del índice de área foliar (IAF), duración del área foliar (DAF) y tasa de asimilación neta (TAN) (Escalante-Estrada, 1995.).

El objetivo del estudio fue determinar las tasas de la producción de biomasa, índice de cosecha y rendimiento de cultivares de maíces criollos y un híbrido bajo condiciones de lluvia estacional.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México (19° 28' 4" N, 98° 53' 42" O, a 2250 m de altitud), con un bajo condiciones de lluvia estacional durante el año de 2013. El clima de la región es temporal (García, 2014), con periodo libre de heladas de 170 días, el suelo es de textura arcillo-limosa, con pH de 7.8, conductividad eléctrica de 1.7 dSm⁻¹, contenido de materia orgánica es de 3.4% y N total de 4 %. La siembra se realizó el 24 de mayo de 2013, con tres cultivares de maíz criollo raza chalqueño de color azul (MAZ), amarillo (MA) y negro (MN) y un maíz Híbrido HS-2. La densidad de población fue de 5 plantas por m⁻². La unidad experimental consistió de tres surcos de 5 m de longitud con orientación este a oeste, los dos surcos centrales se utilizaron como parcela útil. El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones. Durante el desarrollo del cultivo se registró la temperatura (°C) máxima (T_{máx}) y mínima (T_{mín}), promedio decenal, la suma de la precipitación (PP); además los días a ocurrencia de las fases fenológicas como: emergencia (E), floración (R1) y madurez fisiológica (R6) según el criterio presentado en Hanway (1963). Durante el desarrollo del cultivo se realizaron muestreos de plantas para registrar el área foliar y la materia seca y calcular la tasa de crecimiento del cultivo (TCC, g m⁻² día⁻¹) mediante la ecuación $TCC = (MS2 - MS1) / (T2 - T1)$ y la tasa de asimilación neta (TAN, g m⁻² de AF día⁻¹) mediante la ecuación $TAN = \{ (MS2 - MS1) (\ln AF2 - \ln AF1) \} / \{ (AF2 - AF1) (T2 - T1) \}$; donde MS2, MS1, AF2, AF1, T2 y T1 son el peso de la materia seca, área foliar en los tiempos 2 y 1 para diversos periodos de crecimiento (Escalante y Kohashi, 1993). A la cosecha de maíz se evaluó biomasa (MS total; g m⁻², BT), índice de cosecha (IC) con la relación $IC = RG / BT$ y el rendimiento de grano (RG, 10% de humedad, g m⁻²). A los datos de las variables en estudio se les aplicó un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de tratamientos de Tukey $\alpha = 0.05$.

Resultados

Fenología y elementos del clima

Los días de la ocurrencia de las fases fenológicas fue similar entre los cultivares, la emergencia (E) fue a los 10 días después de la siembra (dds), R1 a los 69 dds y la R6 a los 148 dds; durante la etapa vegetativa (EVG) y reproductiva (ER) del cultivo. La precipitación (PP) estacional fue de 512 mm, de la cual el 41% ocurrió en la EVG y el 59 % de la ER (Figura 1). Los resultados obtenidos son similares a los reportados por Vargas (2004) quien trabajo en análisis de crecimiento y rendimiento de 8 distintos cultivares de maíz para la región de Texcoco, México. Por otra parte, se observó que la durante las etapas vegetativa y reproductiva, la temperatura máxima y mínima promedio fue de 35°C y 5°C y 25°C y 7°C, respectivamente.

Por lo anterior se puede señalar que la temperatura más alta en promedio fue de 36 °C la cual se registró durante las etapas de crecimiento de los cultivos. Quiroz y Douglas (2003), mencionan que las temperaturas altas favorecen un mayor tamaño del dosel vegetal.

Biomasa, índice de cosecha, Rendimiento de grano y tasas de crecimiento

El Híbrido HS-2, el Criollo Azul y amarillo presentaron la mayor BT y RG. La BT más baja correspondió al Criollo Amarillo. El RG entre los cultivares de maíz fue similar estadísticamente (Cuadro 1). El C más alto correspondió al maíz Azul (49 %) y Criollo Negro. El más bajo correspondió al Criollo Amarillo y al HS-2 (Cuadro 1).

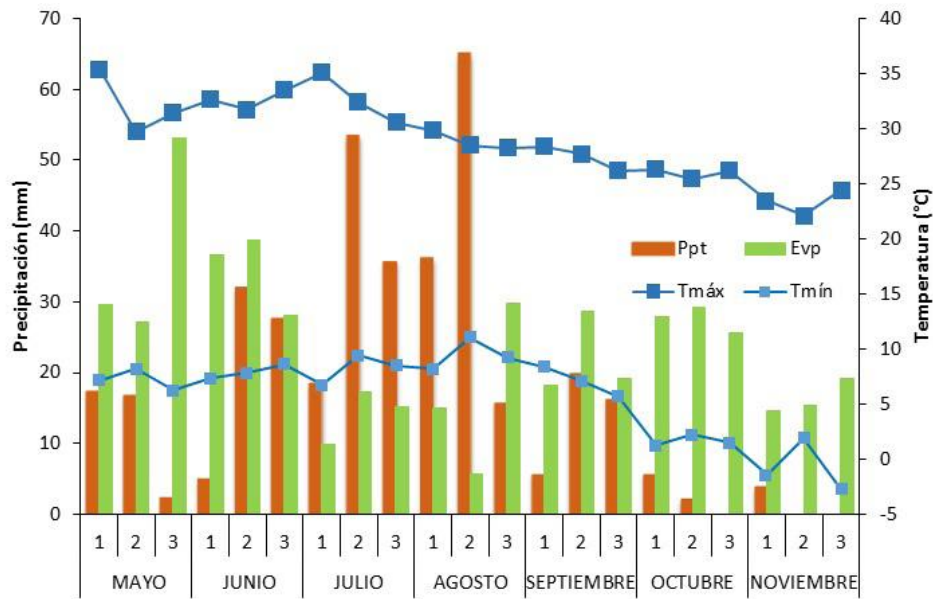
Cuadro 1 Biomasa total, índice de cosecha y rendimiento en maíz

Cultivar	BT gm ²	IC %	RG gm ⁻²
MA	2293a	43c	663a
MN	1897b	48a	671a
MAZ	2321a	49a	674a
HS-2	2564a	42c	681a
CV%	12.3	5.4	16.5

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales, prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). BT: Biomasa total; IC: Índice de cosecha; RG: Rendimiento de grano. MA: maíz Amarillo; MN: Maíz Negro; MAZ: Maíz Azul; CV (%)= es el coeficiente de variación.

Figura 1 Temperatura máxima, mínima (media decenal) y precipitación (suma decenal) durante el ciclo de los cultivos de maíz. Montecillo, Méx. ciclo 2013; Fases fenológicas de los cultivos de maíz S=siembra; E=Emergencia, Ev=Etapa vegetativa R1=floración y R6=madurez fisiológica

S	E	EV	R1	R6



En cuanto a las tasas de crecimiento, la TAN más alta se observó en el período de los 70 a 90 dds, para disminuir posteriormente conforme avanzó el ciclo de crecimiento hasta llegar a la madurez fisiológica (Figura 2). El maíz Azul, seguido del Amarillo e Híbrido HS² mostraron la TAN más alta que el cv. Negro. Tendencias similares se observaron para la TCC (Figura 3). Estos resultados indican que las diferencias en la BT entre cultivares de maíz, son producto de las diferencias en la TCC y la eficiencia en la producción de materia seca del dosel medida a través de la TAN. No obstante, los cultivares en estudio presentan diferencias en la asignación de materia seca hacia el grano medido con el IC, lo que generó RG estadísticamente similar. Resultados similares para criollos de maíz fueron reportados previamente por Escalante *et al.* (2011).

Figura 2 Tasa de Asimilación Neta de cultivares de maíz

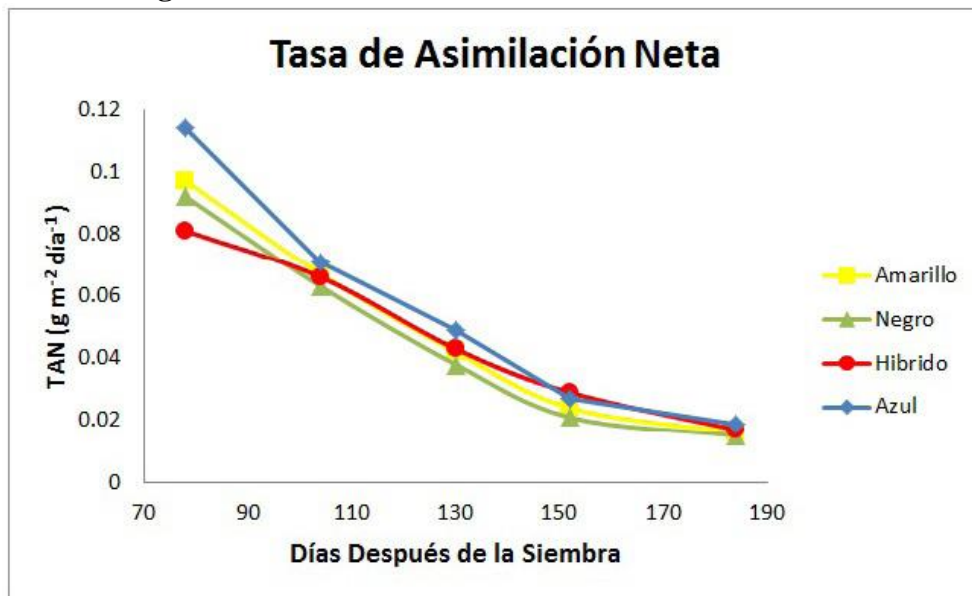
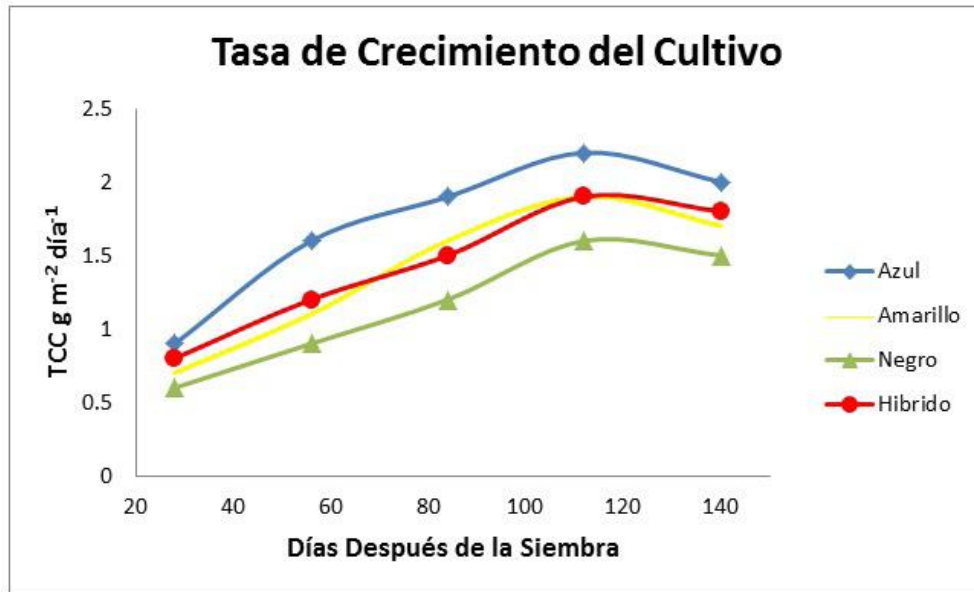


Figura 3 Tasa de Crecimiento de cultivares de maíz



Conclusión

Los cultivares en estudio presentan diferencias en las tasa de crecimiento, en la biomasa y el índice de cosecha. El rendimiento en grano fue similar entre los cultivares de maíz criollo y el maíz híbrido.

Referencias

Delgado M.R., Escalante E. J.A.S., Díaz R. R., Trinidad Santos A.; Morales R. E., Sosa M. E. (2014). Defoliación en maíz y su efecto sobre el rendimiento de frijol-maíz en asociación. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol. 5 núm. 6:1015-1027.

Escalante Estrada J. Alberto y J. Kohashi Shibata.1993. El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para toma de datos. Colegio de Postgraduados. Montecillo. Mpio. De Texcoco Méx. 84 pág.

Escalante E. J. A. S. (1995). Aprovechamiento del recurso agua en cultivo de secano. *Agroproductividad* 1:28-32.

Escalante Estrada José Alberto Salvador, María Teresa Rodríguez González y Yolanda Isabel Escalante Estrada. 2011. Índices de análisis de crecimiento y rendimiento de maíz. En: Investigación en Economía, Matemáticas, Física y sus aplicaciones. Coordinador. Daniel Sepúlveda Jiménez. Capítulo 12:137-143. ISBN: 978-607-12-0231-4.

García E. L. (2004). Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 4^a ed. UNAM, D.F. México 217 p.

Hanway, J.J. (1963). Growth stages of corn (*Zea mays* L.) *Agronomy Journal* 55:487-492.

Mejía C. J.A. y Molina G. J.D. 2003. Cambios de estabilidad en el rendimiento de variedades tropicales de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* 26(2):89-94.

Montemayor T., J.; J. Zermeño; J. Ramírez; R. Aldaco; M. Fortis; E. Salazar; J. Cruz; y C. Vázquez. (2006). Efecto de la densidad y estructura del dosel de maíz en la penetración de la radiación solar. *Int. Jour. Exp. Bótany.* 75:47-53

El presente tomo compila los avances de investigación en las disciplinas abordadas por la Universidad Autónoma Chapingo: Matemáticas aplicadas a la Economía y Medio ambiente: Producción y Comercialización: Ciencias Sociales y Humanidades, así como Tecnología aplicada a la Agronomía. Avances enriquecidos con los aportes de investigadores de otras instituciones con afinidad de intereses profesionales y que anualmente se exponen en un encuentro planeado para ello.

En cada trabajo se incluye un resumen, una introducción. Los materiales y métodos empleados: así como los resultados obtenidos y las conclusiones respectivas. A ello se agregan las referencias bibliográficas: es decir son aportaciones útiles para los interesados en las temáticas aludidas. Proyectos de investigación para diagnosticar y proponer respuestas a problemáticas vigentes y con ello mostrar la importancia social y el compromiso del quehacer de las instituciones públicas. Todos con casos específicos y donde aprecia una rigurosa metodología para identificar la validez del conocimiento universitario.

