

AHORA
en línea!

scientia

CUCBA

DICIEMBRE DE 2008

1-2

NÚMERO 10

VOLUMEN



Universidad de
Guadalajara
Centro Universitario de
Ciencias Biológicas y
Agropecuarias

COORDINACIÓN DE
INVESTIGACIÓN

CONTENIDO

Visitantes florales en *Agave valenciana* Cházaro & A. Vázquez (AGAVACEAE) en Mascota, Jalisco, México

Karla Carolina Magaña G., J. Antonio Vazquez-García, Jesús G. González Gallegos y Oscar Reyna Bustos **1**

Micropropagación de *Agave tequilana* Weber cv. Azul: Problemas y perspectivas
Fernando Santacruz-Ruvalcaba, Martha Isabel Torres Morán y Liberato Portillo **7**

El control de la respuesta motivada a través del procesamiento de aprendizaje
incentivo en la corteza orbitofrontal

Francisco Abelardo Robles Aguirre, Marisela Hernández González, Paulina Haro Magallanes y Miguel Ángel Guevara **21**

Efecto del doble cenit solar en la producción de maíz y frijol II. Componentes del
rendimiento de grano

Raúl Pérez Pérez y Salvador Miranda Colín **29**

Línea base de susceptibilidad del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E.
Smith) al baculovirus SfNPV cepa de Paraná, Brasil

José Trinidad López Pérez, Marcelino Vázquez García y Jorge Rafael Vázquez Reyes **61**

Conducta invernal del ganso nevado (*Chen caerulescens*, Linnaeus 1758) en la
subcuenca Sayula, Jalisco, México

Guillermo Barba Calvillo y Héctor Martínez Sánchez **65**

continúa en la contraportada

CONTENIDO *(continuación)*

Banco de Semillas en el Suelo de un Bosque Mesófilo de Montaña en la Sierra de Manantlán, México

Claudia Ortiz-Arrona, Angela Saldaña Acosta, Lázaro R. Sánchez-Velásquez y Brenda J. Castillo Navarro **81**

Reseña del libro "Manual de maleza del cultivo de *Agave tequilana* en Jalisco"

Servando Carvajal **95**

DICIEMBRE DE 2008

1-2

NÚMERO

10

VOLUMEN



Consulte esta y otras publicaciones vía internet en
www.cucba.udg.mx/new/publicaciones

scientia-CUCBA es el órgano oficial de difusión científica del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara. Es una publicación interdisciplinaria de ciencias biológicas, agropecuarias y ambientales que se da a la luz cada seis meses.

Editor Jefe: Servando Carvajal.

Comité Editorial

Óscar Aguirre Calderón. Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
oaguirre@fcf.unnl.mx

Esther Albarrán Rodríguez. Departamento de Medicina Veterinaria, CUCBA. Zapopan, México.
ealbarra@cucba.udg.mx

Jacinto Bañuelos Pineda. Departamento de Medicina Veterinaria, CUCBA. Zapopan, Jalisco, México.
jpineda@cucba.udg.mx

Anatoli Borodanienko. Instituto de Ciencias Agrícolas (ICA), Universidad de Guanajuato, México.
anatolib@dulcinea.ugto.mx

Sara Caballero Chacón. Departamento de Fisiología y Farmacología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
saracachas@hotmail.com

Miguel Ángel Carmona Medero. Facultad de Veterinaria, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
medero48@hotmail.com

Servando Carvajal. Departamento de Botánica y Zoología CUCBA. Zapopan, Jalisco, México.
scarvaja@cucba.udg.mx

Alejandro Castillo Ayala. Universidad de Texas A & M, U.S.A.
a-castillo@tamo.edu

Luis Eduardo Chalita Tovar. Colegio de Posgraduados, Chapingo, México.
chalita@colpos.colpos.mx

Ir. Daniel G. Debouck. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.
d.debouck@ceglar.org

Eric Esteve. Centro Mas Bove. Tarragona, España.
eric.esteve@irta.es

René Funes Rodríguez. CICIMAR-IPN, Baja California, México.
rfunes@ipn.mx

Edmundo García Moya. Colegio de Posgraduados de Chapingo, México.
edmundo@colpos.mx

Steve Gliessman. Universidad de California, Campus Santa Cruz, usa.
gliess@zxc.ucsc.edu

Rafael Gómez Kasky. Universidad de Las Villas, Cuba.
suspen@ibp.edu.cu

Eduardo González Izquierdo. Universidad de Pinar del Río, Cuba.
eduardo@af.upr.edu.cu

David Hansen. Midamerican International Agricultural Consortium, Iowa State University, U.S.A.
miac@iastate.edu

Clemente Lemus Flores. Instituto de Medicina Veterinaria de la Universidad Autónoma de Nayarit, México.
clemus@nayar.mx

Rogelio Lépiz Ildefonso. Departamento de Producción Agrícola, CUCBA. Zapopan, Jalisco, México.
rlépiz@cucba.udg.mx

Ángel Luque Escalona. Universidad de Las Palmas, Gran Canaria, España.
aluque@dbio.ulpgc.cs

Jorge Manzo. Laboratorio de Neurociencias, Universidad Veracruzana, México.
jmanzo@altavista.net

Jaime Morales Hernández. Programa Universitario de Medio Ambiente y Desarrollo. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente (ITESO), Jalisco, México.
jaimem@iteso.mx

Xavier Navarro Acebes. Department of Biología Celular, de Fisiología i d'immunología, Bellaterra, España.
Xavier.Navarro@uab.es

Guillermo A. Navarro. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) - Turrialba, Costa Rica.
gnavarro@catie.ac.cr

Michael F. Notan. Collage of Agriculture, Food & Natural Resources, University of Missouri, Columbia, U.S.A.
agmike@muccmail.missouri.edu

Alejandro Ortega Corona. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Ciudad Obregón, Sonora, México.
aoc@cirno.inifap.conacyt.mx

Daniel Ortuño Sahagún. Departamento de Biología Celular y Molecular, CUCBA. Zapopan, Jalisco, México.
dortunos@cucba.udg.mx

José Manuel Palma García. Universidad de Colima, México.
palma@cgic.ucol.mx

Alfonso Peña Ramos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP-Ags.), Aguascalientes, México.
apena@pabellon.inifap.gob.mx

Enrique Pimienta Barrios. Departamento de Producción Agrícola, CUCBA. Zapopan, Jalisco, México.
enriquep@cucba.udg.mx

Oliver Prateval Algels. Centro de Tecnología de la Carne. Monells (Girona) España.
mariaangeles.oliver@irta.es

Ruperto Quesada Monge. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
rquesada@itcr.ac.cr

José Luis Quintanar Stephano. Departamento de Fisiología y Farmacología, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, México.
jlquinta@correo.uaa.mx

Javier Ramírez Juárez. Colegio de Posgraduados, Campus Tecamachalco, Puebla, México.
rjavier@colpos.colpos.mx

continúa en la tercera de forros

Comité Editorial (continuación)

J. Antonio Rentería Flores. Centro Nacional de Investigación en Fisiología Animal. INIFAP. Ajuchitlan, Querétaro. México. rent0021@hotmail.com

Eduardo Ríos Jara. Departamento de Ecología, CUCBA. Zapopan, Jalisco, México. edurios@cucba.udg.mx

José de Jesús Sánchez González. Departamento de Producción Agrícola, CUCBA. Zapopan, Jalisco. México. jjsanche@cucba.udg.mx

Juan de Jesús Taylor Preciado. Departamento de Medicina Veterinaria, CUCBA. Zapopan, Jalisco. México. jjtaylor@cucba.udg.mx

Joan Tibau. Centro de Control Porcino. Monells (Girona) España. joan.tibau@irta.es

Francisco José Trigo Tavera. División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. México. trigo@servidor.unam.mx

Enrique Trovo Diéguez. CIBNOR, Baja California, México. etrovo@cibnor.mx

Raúl E. Vargas García. Departamento de Medicina Preventiva, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. México. revg@servidor.unam.mx

Mario Abel Vázquez García. Departamento de Producción Agrícola, CUCBA. Zapopan, Jalisco, México. mgarcia@cucba.udg.mx

Alejandro Velásquez Martínez. Colegio de Posgraduados de Chapingo, México. alevela@colpos.mx

Enrique Verdú Navarro. Departament de Biologia Cel·lular, de Fisiologia i d'immunologia, Bellaterra, España. Enric.Verdu@uab.es

Francisco Villalpando Ibarra. Organización Meteorológica Mundial (OMM), Ginebra, Suiza. fvillalpando@bliuwin.ch



DIRECTORIO DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Marco Antonio Cortés Guardado

RECTOR GENERAL

Miguel Ángel Navarro Navarro

VICERRECTOR EJECUTIVO

José Alfredo Peña Ramos

SECRETARIO GENERAL

Juan de Jesús Taylor Preciado

RECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

Enrique Pimienta Barrios

SECRETARIO ACADÉMICO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

Servando Carvajal

COORDINADOR DE INVESTIGACIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

scientia-CUCBA (ISSN: 1665-8493) es una publicación semestral (junio, diciembre) y está disponible mediante suscripción que puede hacerse a la Coordinación de Investigación del CUCBA, U. de G., km 15.5 Carretera Guadalajara a Nogales, Las Agujas, Zapopan, 45110, Jalisco, México. Tel.: (0133) 3777 1155; Fax.: (0133) 3777 1150.

CERTIFICADO DE RESERVA DE DERECHOS AL USO EXCLUSIVO NÚMERO: 04-2003-101714124100-102

La opinión que se expresa en los artículos es responsabilidad de los autores. Se autoriza la reproducción total o parcial de los trabajos, siempre y cuando se cite la fuente y no sea con fines de lucro.

Auxiliar en la edición

MICHELLE ANN MERRITT WALTHER

Coordinación General de Cooperación e Internacionalización. Unidad de Lenguas. Universidad de Guadalajara.

Diseño e impresión

ORGÁNICA DISEÑO EDITORIAL | TAGIT :: TECNOLOGÍA Y APLICACIONES GRÁFICAS

Saulo Cortés | José Manuel Sánchez

Enrique Díaz de León 514-2b

Guadalajara 44170, Jalisco.

TEL. (33) 3825•8528 FAX (33) 3825•8545

tagit@idex.com.mx | tagit.idex.com.mx



ORGÁNICA
DISEÑO EDITORIAL

Visitantes florales en *Agave valenciana* Cházaro & A. Vázquez (AGAVACEAE) en Mascota, Jalisco, México

Karla Carolina Magaña G.¹, J. Antonio Vázquez-García¹, Jesús G. González Gallegos¹ y Oscar Reyna Bustos²

¹Laboratorio de Ecosistemática, Instituto de Botánica, Departamento de Botánica y Zoología. ²Laboratorio Laguna de Sayula, Departamento de Ciencias Ambientales. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Apartado Postal 1-139, Zapopan 45110, Jalisco, México.

Resumen: Se realizó un reconocimiento del hábitat de *Agave valenciana* a finales del mes de mayo de 2005, en Mascota, Jalisco, México, para identificar sus posibles polinizantes y visitantes florales diurnos o nocturnos, como un primer acercamiento a la biología reproductiva y ecología de la especie. Como visitantes florales diurnos se observaron numerosos individuos de especies de aves, principalmente colibríes (*Cynathus latirostris*, *Amazilia violiceps*, *A. beryllina*) en la inflorescencia del *Agave* y con una frecuencia menor se observaron tres especies de aves de percha (*Calocitta formosa*, *Piaya cayana* y *Parula pitiayumi*). Dentro de los visitantes nocturnos se capturaron cuatro especies de murciélagos en las cercanías de las inflorescencias, de las cuales tres son nectarívoras (*Glossophaga soricina*, *Anoura geoffroyi* y *Choeroniscus godmani*) y una más es insectívora (*Micronycteris microtis*). Se sospecha que los visitantes diurnos son los que más aprovechan los recursos alimenticios (néctar) y podrían ser los polinizantes más importantes para esta especie de *Agave*, debido a que se observaron en un número mayor que los visitantes nocturnos.

Abstract: Field research of the *Agave valenciana* habitat was conducted at the end of May 2005, in Mascota, Jalisco, Mexico, in order to identify its potential floral pollinators and visitors, both diurnal and nocturnal, as a first approach to the species' reproductive biology and ecology. Diurnal floral visitors included a large number of bird species, mainly nectar feeding hummingbirds (*Cynathus latirostris*, *Amazilia violiceps*, *A. beryllina*) on the agave inflorescence, as well as some perching birds (*Calocitta formosa*, *Piaya cayana* y *Parula pitiayumi*). Among nocturnal visitors four bat species, three nectar feeding species (*Glossophaga soricina*, *Anoura geoffroyi* y *Choeroniscus godmani*) and an insectivorous one (*Micronycteris microtis*) were detected. It is suspected that diurnal visitors play a major role as pollinators for this *Agave* species because they use up more food resources (nectar) and were observed in greater numbers than the nocturnal ones.

El género *Agave* fue descrito en 1753 por el botánico sueco y padre de la taxonomía moderna Carlos Linneo (Nóbel 1998; Granados 1993). Lo conforman plantas perennes con forma de roseta, y hojas suculentas nativas del sudoeste de Estados Unidos, México, Centro América y las Islas Canarias. En el continente Americano se reportan alrededor de 310 especies, de las cuales en México existen 272, esa es la razón de que considere a este país como centro de origen del género. Para el occidente de México se reportan 37 especies

(Vázquez-García et al. 2007). Estas plantas fueron utilizadas desde los primeros pobladores para satisfacer y complementar una serie de necesidades básicas como alimento, forraje, medicamentos, ornato, para construcciones, etcétera; como es sabido, de estas plantas se obtienen bebidas embriagantes, dentro de las cuales sobresale el pulque, que desempeñó un papel social relevante por motivos religiosos, así como el tequila (Granados 1993).

Las plantas del género *Agave* presentan distintos mecanismos de reproducción

por medios sexuales a través de semillas o bien en forma vegetativa formando bulbos aéreos o propágulos hipógeos (hijuelos o vástagos rizomatosos) siendo esta la forma más efectiva de reproducción para algunas especies de *Agave*. Sin embargo, el proceso de reproducción sexual es de importancia debido a que garantiza el mantenimiento de la variabilidad genética en las poblaciones y favorece la colonización de nuevos individuos (Arizaga y Ezcurra 2002).

En la actualidad se han realizado un gran número de estudios sobre las características florales y la importancia de la interacción de los polinizantes sobre diversas especies de aves, entre ellas los agaves (Arizaga et al. 2000; Slauson 2000; De Viana et al. 2001; Kato et al. 2003; Ibarra-Cerdeña et al. 2005; Rocha et al. 2005). Las características florales de las plantas tales como morfología y color de la flor se han interpretado como rasgos adaptativos que se desarrollaron con las presiones selectivas generadas por los polinizantes (Young 2002; Silva-Montellano y Eguiarte 2003). Cuando la abundancia relativa y la eficiencia en la transferencia de polen varían de manera temporal, la selección favorecerá la generalización en el mutualismo planta-polinizante; sólo cuando el polinizante más abundante es también el más eficiente, la selección favorecerá la especialización (Young 2002). Algunos agaves presentan el síndrome de quiropterofilia, pues presentan caracteres morfológicos, bioquímicos y temporales consistentes a éste (inflorescencia en forma de candelabro y flores tubulares, olor a fruta fermentada, tépalos amarillos o con frecuencia rojizos), a tal grado que se han establecido relaciones de mutualismo entre ciertos agaves y los murciélagos (Howell y Schropfer 1981; Granados 1993; Arizaga et al. 2000; Slauson 2000; Silva-Montellano y Eguiarte 2003; Molina-Freaner y Eguiarte 2003; González 2005). Los agaves paniculados de los desiertos tropicales dependen de los murciélagos nectarívoros para su reproducción (Molina-Freaner y Eguiarte 2003). No obstante, numerosas especies de insectos y

aves también visitan las flores de los agaves (Martínez y Eguiarte 1987; Granados 1993; Nóbél 1998; Silva-Montellano y Eguiarte 2003; Molina-Freaner y Eguiarte 2003), esto se debe a que sus flores permanecen abiertas más de 12 horas y permiten la visita de polinizantes diurnos como colibríes (*Eugenes fulgens* Swainson, *Amazilia beryllina* Lichtenstein, *A. violiceps* Gould, *Hylocharis leucotis* Vieillot, *Lampomis clemenciae* Lesson, *Archilochus alexandri* Bourcier & Mulsant, *Cyanthus latirostris* Swainson), aves de percha (*Colaptes auratus* L., *Toxostoma curvirostre* Swainson, *Icterus parisorum* Bonaparte, *Icterus galbula* L.), e insectos (*Xylocopa californica arizonensis* Cresson, *Apis mellifera* L.) (Martínez y Eguiarte 1987; Granados 1993; Young 2002; Silva-Montellano y Eguiarte 2003). Por otra parte, los murciélagos de la subfamilia Glossophaginae, son importantes para el proceso de polinización ya que diferentes especies de plantas como cactáceas son dependientes de éstos (Eguiarte et al. 1987; Valiente-Banuet et al. 1996; Casas et al. 1999; Nassar et al. 2003; Arias-Cóyotl et al. 2006).

Las características de las flores relacionadas con los murciélagos al parecer son flexibles para responder al clima y a los polinizantes, no es predecible lo que se ha experimentado en agaves en su límite norte de distribución. Esta variabilidad puede ser un factor importante que afecta la evolución de caracteres florales más que a un polinizante en particular (Slauson 2000). Silva-Montellano y Eguiarte (2003), señalaron que la cantidad de concentración de néctar es un factor que determina la presencia de polinizantes tanto nocturnos como diurnos. Las flores que producen mayor cantidad de néctar pero con baja concentración de azúcar son visitadas por polinizantes nocturnos; por lo contrario, en las flores que producen una menor cantidad de néctar pero con una alta concentración de azúcares se presentan visitantes diurnos.

Agave valenciana Cházaro & A. Vázquez (Agavaceae), una especie recién-

temente descrita de Jalisco, pertenece al subgénero *Agave* y al grupo *Marmoratae*, su pariente más cercano parece ser *A. marmorata* Roehl de Puebla y Oaxaca, difiere de éste en un mayor diámetro de roseta, menos hojas, pero más largas y anchas, flores mayores y crece en ambientes menos áridos; su período de floración es de marzo a mayo (Apolinar-Gómez com. pers. 2004; Cházaro et al. 2005). Crece en el ecotono del bosque seco tropical con el bosque de encino, en cuevas escarpadas de roca basáltica en barrancas, en el extremo del nordeste de la Sierra Madre del Sur. Es hasta ahora endémico a esta región, aunque la flora de esta cordillera no ha sido bien explorada (Cházaro et al. 2005).

El objetivo del presente trabajo fue identificar a los visitantes florales de *Agave valenciana* (diurnos y nocturnos) y generar una hipótesis sobre su participación en la polinización, así como en el aprovechamiento de recursos alimenticios (néctar) con el fin de disponer de información para estudios posteriores sobre la ecología de la polinización de esta especie de *Agave*.

Metodología

VISITANTES FLORALES

Los visitantes florales fueron observados durante dos días a finales del período de floración (Mayo de 2005), sobre dos escapos florales de dos individuos de *Agave valenciana*, tomados al azar en el coamil del Naranjo, localizado en la barranca del río Mascota. Los visitantes diurnos se observaron de manera directa durante un período de 8 horas sobre las flores del *Agave*, desde las 7:00 (salida del sol) hasta las 15:00 horas; se tomaron fotografías con telefoto como referencia para su identificación posterior.

Para los visitantes nocturnos se colocaron dos redes de niebla de 12 m a una distancia aproximada de 3 m de la floración del agave durante un periodo de 7 ½ horas (de las 19:00 a las 2:30 horas del día siguiente) con intervalos de media hora para revisión de las mismas.

Los individuos capturados se colocaron en bolsas de manta para después identificarlos mediante la "Clave de Campo para Murciélagos de México" (Medellín et al. 1997). Adicionalmente, se tomaron muestras del polen del pelaje para identificarse en el laboratorio de palinología del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), de la Universidad de Guadalajara (U. de G.).

Resultados

VISITANTES DIURNOS

Se observaron numerosas aves, en su mayoría diferentes tipos de colibríes que se alimentaban del néctar de *Agave valenciana*. Las especies de aves observadas como visitantes florales fueron: *Amazilia beryllina*, *A. violiceps*, *Cynanthus latirostris*, *Calocitta formosa* Swainson, *Parula pitayumi* Vieillot, *Piaya cayana* L. (figuras 1 y 2). También se observaron pequeñas avispas que visitaban la inflorescencia del *Agave*, mismas que no fueron determinadas.

VISITANTES NOCTURNOS

Se observó el consumo directo de néctar por parte de las especies de colibríes mas no por parte de las especies de murciélagos debido a la falta de equipo especializado, empero, se capturaron varios individuos por medio de redes de niebla, para su posterior identificación. Las especies identificadas fueron: *Choeroniscus godmani* Thomas, *Anoura geoffroyi* Gray, *Glossophaga soricina* Pallas (nectarívoras) y *Mycronicteris microtis* Miller (insectívora) (figura 3). Se tomaron muestras de polen de las primeras tres especies de murciélagos y se encontró que eran diferentes tipos de polen, entre ellos polen de *Agave valenciana*.

Discusión

Según Young (2002), dos de los factores que determinan la eficiencia de cada especie de polinizante es su abundancia y la



Figura 1. Aves de percha observadas junto a la inflorescencia de *Agave valenciana* Cházaro & A. Vázquez, de izquierda a derecha: *Parula Pitiayumi* (Vieillot), *Calocitta formosa* (Swainson), *Piaya cayana* L. (Fotografías: A-C, J. A. Vázquez-G.).



Figura 2. Colibríes visitando inflorescencias de *Agave valenciana* Cházaro & A. Vázquez, de izquierda a derecha: *Cynanthus latirostris* Swainson, *Amazilia violiceps* (Gould), *A. beryllina* (Lichtenstein) (Fotografías: A-B, J. A. Vázquez-G.; C, D. Uribe).

eficacia con que remueven y depositan el polen. Con base en el primer factor y en los datos obtenidos en las observaciones de individuos que visitan *Agave valenciana*, se sospecha que los visitantes diurnos son los que más aprovechan los recursos alimenticios (néctar) y podrían ser los posibles polinizantes efectivos para esta especie de *Agave*, a causa de que se detectaron

en un número mayor que los visitantes nocturnos, aunque cabe reconocer que las limitaciones metodológicas del estudio no permiten hacer una conclusión firme.

Los murciélagos desempeñan un papel importante en la reproducción sexual de algunas especies de *Agave* (Arita 1991; Arizaga y Ezcurra 2002;). Se reportan como polinizantes a los murciélagos de la



Figura 3. Dos de los murciélagos capturados junto a la inflorescencia de *Agave valenciana* Cházaro & A. Vázquez, izquierda: *Myronictoris microtis* Mille, derecha: *Glossophaga soricina* (Pallas) (Fotografías: A-B, D. Uribe).

subfamilia Glossophaginae, pero también se ha encontrado que las aves participan como polinizante diurnos. Uno de los parientes cercanos de *Agave valenciana* es *A. marmorata* de Puebla y Oaxaca (Cházaro et al. 2005), en el cual Ornelas (2002) registró la visita de 15 especies de aves, siendo las de percha los polinizantes efectivos. En este estudio se registró una cantidad mucho menor de especies de aves de las cuales, ninguna de las de percha observadas coincide con las registradas por él, sin embargo, dos especies de colibríes coincide con las registradas para *A. marmorata* (*Amazilia violiceps* y *Cynanthus latirostris*). Martínez y Eguiarte (1987) en *A. salmiana* Otto ex Salm-Dick realizaron una comparación entre el papel que desempeñan las aves de percha y los colibríes que lo visitan, coincidiendo dos especies de colibríes registradas para *A. valenciana* (*A. violiceps* y *A. beryllina*), éstas presentan el menor número de visitas a la inflorescencia, mientras que las aves de percha representan un papel más importante para *A. salmiana*.

Agradecimientos

Agradecemos a la investigadora Sonia Navarro Pérez, del Departamento de Botánica y Zoología del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara, por el préstamo de material,

su ayuda en el campo y la revisión de este trabajo, así como a Cinthya Araceli Segura Trujillo y a David Uribe Villavicencio, asistentes de investigación, por su ayuda en la captura e identificación de los murciélagos. A Noemí Jiménez Reyes, investigadora del Laboratorio de Palinología, del mismo Departamento y Centro Universitario, por la identificación de las muestras de polen. A Rosa Murguía Araiza por su valiosísima ayuda en el campo.

Literatura citada

- Arias-Cóyotl, E., K. E. Stoner y A. Casas.** 2006. Effectiveness of bats as pollinators of *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) in wild, managed in situ, and cultivate population in the Mixteca Baja, central Mexico. *American Journal of Botany* **93**: 1675–1683.
- Arita, H. T.** 1991. Spatial segregation in long-nosed bat, *Leptonycteris nivalis* and *Leptonycteris curasoe* in Mexico. *Journal of Mammology* **72**(4): 706–714.
- Arizaga, S. y E. Ezcurra.** 2002. Propagation and mechanisms in *Agave macroacantha* (Agavaceae), a tropical arid-land succulent rosette. *American Journal of Botany* **93**(4): 1675–1683.
- Arizaga, S. E. Ezcurra, E. Peters, E. Ramírez De Arellano y E. Vega.** 2000. Pollination ecology of *Agave macroacantha* (Agavaceae) in a Mexican tropical desert. II. The role of pollinators. *American Journal of Botany* **87**: 1011–1017.
- Casas, A., A. Valiente-Banuet, A. Rojas-Martínez y P. Dávila.** 1999. Reproductive

- biology and the process of domestication of the columnar cactus *Stenocereus stellatus* in central Mexico. *American Journal of Botany* **86**: 534–542.
- DeViana, M. L., P. Ortega Baes, M. Saravia, E. I. Badano y B. Schlumberger.** 2001. Biología floral y polinizadores de *Trichocereus pasacana* (Cactaceae) en el parque nacional los Cardones, Argentina. *Revista de Biología tropical* **49**(1): 277–283.
- Chazáro B., M., J. A. Vázquez-García y Y. L. Vargas R.** 2005. *Agave valenciana* (Agavaceae) a new gigantic species from Mascota, Jalisco, México. *Novon* **15**(4): 523–530.
- Eguiarte, L. E., C. Martínez del Río y H. Arita.** 1987. El néctar y el polen como recursos: El papel ecológico de los visitantes a las flores de *Pseudobombax ellipticum* (HBK). *Biotropica* **19**(1): 74–82.
- González, A.** 2005. *Biología reproductiva y genética de poblaciones de Agave garciae-mendozae*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias.
- Granados, D.** 1993. *Los agaves en México*. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 252 pp.
- Howell, D. J. y B. Schropfer.** 1981. Sexual reproduction in agaves: The benefits of bats; the cost of semelparous advertising. *Ecology* **62**(1): 1–7.
- Ibarra-Cerdeña, C. N., L. I. Iñiguez-Dávalos y V. Sánchez-Cordero.** 2005. Pollination ecology of *Stenocereus queratensis* (Cactaceae) a Chiropterophilus columnar cactus, in a tropical dry forest of Mexico. *American Journal of Botany* **92**(3): 503–509.
- Kato, M., A. Takimura y A. Kawakita.** 2003. An obligate pollination mutualism and reciprocal diversification in the tree genus *Glochidion* (Euphorbiaceae). *Pnas*. **100**(9): 5264–5267.
- Martínez del Río, C. y L. E. Eguiarte.** 1987. Bird visitation to *Agave salmiana*: comparison among hummingbirds and perching birds. *The Condor* **89**(2): 357–363.
- Medellín, R. A., H. T. Arita y O. Sánchez.** 1997. *Identificación de los murciélagos de México, clave de campo*. Asociación Mexicana de Mastozoología, A.C. Publicación Especial, No. 2. México.
- Molina-Freaner, F. y L. E. Eguiarte.** 2003. The pollination biology of two paniculate agaves (Agavaceae) from northwestern Mexico: contrasting roles of bats as pollinators. *American Journal of Botany* **90**(7): 1016–1024.
- Nassar, J. M., J. L. Hamrick y T. H. Fleming.** 2003. Population genetic structure of Venezuelan chiropterophilous columnar cacti (Cactaceae). *American Journal of Botany* **90**: 1628–1637.
- Nóbel, P. S.** 1998. *Los incomparables agaves y cactus*. Trillas, México, D.F. 211 pp.
- Ornelas, J. F., M. Ordano, A. Hernández, J. C. López, L. Mendoza y Y. Perroni.** 2002. Nectar Oasis produced by *Agave marmorata* Roehl. (Agavaceae) lead to spatial and temporal segregation among nectarivores in the Tehuacán Valley, Mexico. *Journal of Arid Environments* **52**(1): 37–51.
- Rocha, M., A. Valera y L. Eguiarte.** 2005. Reproductive ecology of five sympatric *Agave littatae* (Agavaceae) species in Central Mexico. *American Journal of Botany* **92**: 1330–1341.
- Silva-Montellano, A. y L. E. Eguiarte.** 2003. Geographic patterns in the reproductive ecology of *Agave lechuguilla* (Agavaceae) in the Chihuahuan Desert. I. Floral characteristics, visitors, and fecundity. *American Journal of Botany* **90**(3): 377–387.
- Slauson, L. A.** 2000. Pollination biology of two chiropterophilous agaves in Arizona. *American Journal of Botany* **87**: 825–836.
- Vázquez-García, J. A., M. Cházaro B., G. Hernández V., Y. L. Vargas-R. y Ma. Pilar Zamora T.** 2007. Taxonomía del género *Agave* en el occidente de México: Una panorámica preliminar. Pp. 38–82. En: Vázquez et al. (eds.). *Agaves del Occidente de México*. Serie Fronteras de Biodiversidad 3. Universidad de Guadalajara, México.
- Valiente-Banuet, M., M. C. Arizmendi, a. Rojas-Martínez y L. Domínguez-Canseco.** 1996. Ecological relationships between columnar cacti and nectar feeding bats in Mexico. *Journal of Tropical Ecology* **12**(1): 103–119.
- Young, H. J.** 2002. Diurnal and nocturnal pollination of *Silene alba* (Caryophyllaceae). *American Journal of Botany* **89**(3): 433–440.

FECHA EFECTIVA DE PUBLICACIÓN

29 DE DICIEMBRE DE 2008

Micropropagación de *Agave tequilana* Weber cv. Azul: Problemas y perspectivas

Fernando Santacruz-Ruvalcaba¹, Martha Isabel Torres Morán¹ y Liberato Portillo²

¹Departamento de Producción Agrícola, ²Departamento de Botánica y Zoología. CUCBA-Universidad de Guadalajara, Apdo. Postal 1-139 Zapopan, Jalisco 45110, México.
Correo electrónico: portillo@cencar.udg.mx

Resumen: El presente documento es el resultado de la experiencia de investigadores del CUCBA en la micropropagación del agave tequilero y resalta la importancia de la misma como herramienta biotecnológica, cuyos aportes son subestimados para la solución de diversos retos, que urge se atiendan en la cadena productiva agave-tequila. Redimensiona los problemas existentes en torno a este proceso y que se han generado gracias a la recurrente carencia y abundancia de la materia prima, así como la sanidad de la misma y la necesaria vinculación que debe corresponder entre las instituciones, investigadores y productores.

Abstract: This document is a result of the experience of CUCBA researchers in the agave-tequila production chain. It highlights the importance of micropropagation as a biotechnological tool, whose contributions to the solution of several challenges that need to be met are underestimated. The document also sheds light on present procedural problems that have been generated thanks to the recurring lack and abundance of the raw material, as well as to its state of sanity and to the links that necessarily exist among institutions, researchers and producers.

Introducción

El agave tequilero (*Agave tequilana* Weber cultivar Azul) es una planta mexicana de la que se obtiene el tequila, bebida alcohólica de gran demanda mundial. La industria tequilera alcanzó en 2004 una cifra record de 109 millones de litros en la exportación de la bebida (Consejo Regulador del Tequila 2004). Esta situación ejerció una presión en productores e industriales para generar la materia prima necesaria que permitiera aprovechar el momento de bonanza para este producto, mismo hecho que convirtió a esta industria en un problema complejo desde diversos puntos de vista: agronómico, tecnológico, social, ecológico y, por ende, económico.

El Consejo Regulador del Tequila detectó en 1997, mediante un inventario en la zona de denominación de origen, el veintidós por ciento de plantas enfermas por

ataques de hongos y o bacterias de un total de 203 millones de plantas cultivadas. En los años posteriores a pesar de no haberse realizado nuevas contabilizaciones, el problema persistió y el agricultor encontró dificultades para satisfacer la demanda que requería la industria (Consejo Regulador del Tequila 2000).

La manera asexual de propagar el agave tequilero durante años, condujo a la clonación de diversos genotipos seleccionados y, por tanto, a encontrar pocas variantes fenotípicas dentro de las poblaciones cultivadas, lo anterior facilitó la incidencia y proliferación de enfermedades (Robert y col. 1992; Fucikovsky 2004).

El mejoramiento genético es una alternativa para hacer frente a los problemas de enfermedades en este cultivo, al generar estirpes de plantas resistentes a

los microorganismos causales, sin embargo, implica algunas dificultades, como son: a) ciclo de vida largo (entre 6 y 12 años), b) limitada fertilidad y, c) arquitectura difícil para realizar hibridaciones controladas (Ruvalcaba-Ruiz y col. 2000). Lo anterior demuestra que la generación de plantas sanas de agave tequilero mejoradas genéticamente, se debe realizar mediante otro tipo de técnicas, en este sentido, deben revisarse las ventajas que representa el cultivo de tejidos vegetales.

El objetivo de este documento es resaltar el apoyo de la micropropagación de *Agave tequilana* para la cadena productiva agave-tequila, mediante la redimensión correspondiente de los problemas existentes en torno a este tema.

CULTIVO IN VITRO DE CÉLULAS, TEJIDOS Y ÓRGANOS VEGETALES

Se conoce como cultivo de tejidos vegetales, a las técnicas que permiten establecer, mantener y desarrollar bajo condiciones artificiales y proporcionalmente controladas, en teoría, cualquier célula, porción de tejido y hasta una planta completa. Es una de las ramas de la biotecnología vegetal de las que México y muchos países del mundo, en especial los desarrollados, obtienen grandes beneficios económicos en áreas como la alimentación y conservación del ambiente. Es una disciplina que en nuestro país cuenta con recursos humanos calificados y con cierta infraestructura en universidades y centros de investigación.

El empleo de estas técnicas en aplicaciones agrícolas puede ser importante en cuatro aspectos fundamentales: la micropropagación de cultivares, la preservación de germoplasma agronómico silvestre, el mejoramiento genético de las especies y en la industria con la producción de metabolitos. La micropropagación también ofrece el saneamiento de plantas y conservación de mutantes de interés comercial (Torres-Morán y col. 2006).

En los últimos años las metodologías para cultivar in vitro células, tejidos y órganos vegetales han tenido un enorme

desarrollo. Las técnicas de propagación in vitro tienen la ventaja de producir altos números de plantas en espacios pequeños durante cualquier época del año; asimismo, el crecimiento de las plantas propagadas in vitro con frecuencia es más vigoroso que el de las plantas propagadas in vivo, debido al rejuvenecimiento de la planta y a la obtención de plantas libres de enfermedades (George 1993).

Con la propagación masiva in vitro o micropropagación, se busca inducir procesos morfogénicos que se dan de manera natural, como lo son la producción de ramas y raíces; y de una manera más sobresaliente la producción de embrioides. Esto es posible gracias al fenómeno llamado totipotencia que es la capacidad de cualquier célula vegetal de producir una planta completa, (Walden y Wingender 1995; Portillo y Santacruz-Ruvalcaba 2004). La expresión de esta capacidad de regeneración celular puede conseguirse por tres diferentes procesos, que son la proliferación de yemas axilares, la organogénesis y la embriogénesis asexual (figura 1).

En la proliferación de yemas axilares se promueve el desarrollo de los puntos de crecimiento ya existentes en las plantas. Esta técnica supone mantener la fidelidad genética de la descendencia con respecto a la planta madre, ya que la variación somaclonal está prácticamente ausente cuando se cultivan estructuras organizadas como meristemos y yemas, por lo que puede considerarse que este es el sistema ideal para la propagación clonal de cultivares (Pérez-Molphe y col. 1999).

Durante el proceso de organogénesis se da la formación de órganos (brotes y raíces) en dos eventos en tiempos diferentes cada uno de ellos, y sugiere mayor probabilidad de no perpetuarse la fidelidad clonal con respecto a la proliferación de yemas axilares.

En la embriogénesis asexual se produce una estructura bipolar definida, es decir la aparición de una planta completa en un solo evento. La probabilidad de pro-

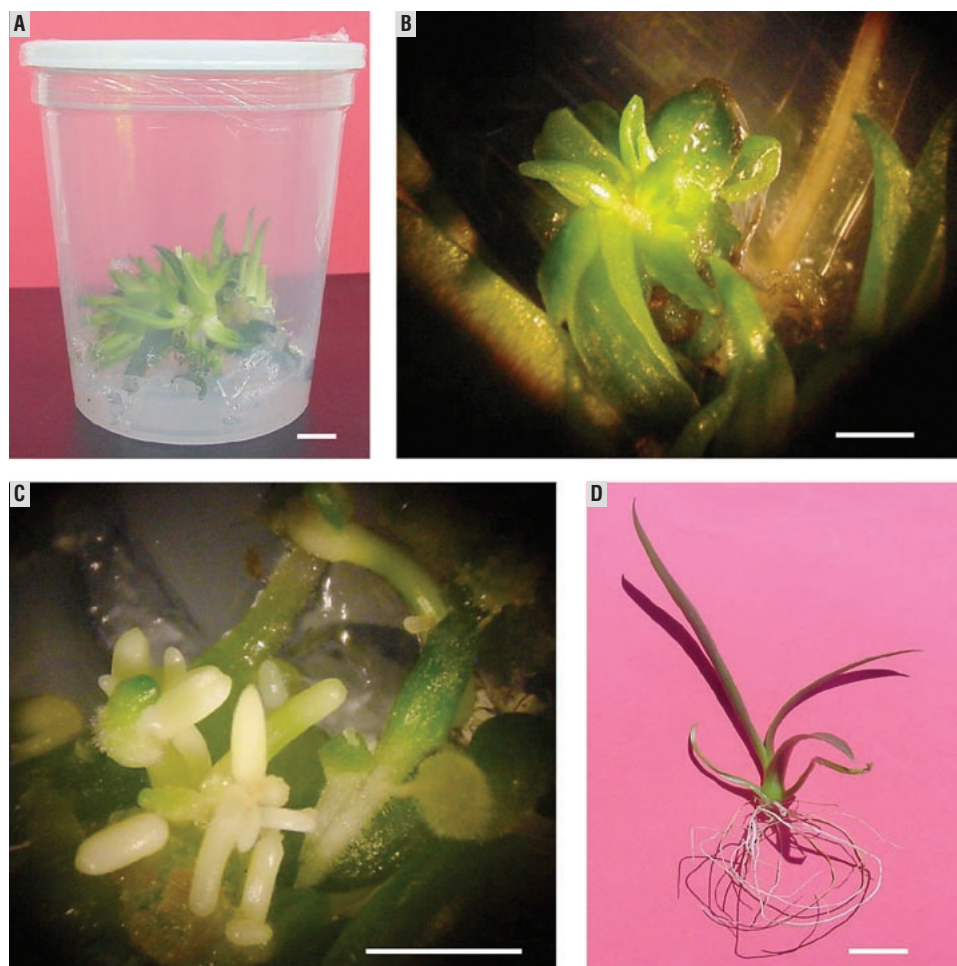


Figura 1. Procesos morfogénicos utilizados en el cultivo in vitro de *Agave tequilana* Weber cultivar azul. A) Proliferación de yemas. B) Organogénesis. C) Embriogénesis somática. D) Plántula generada a partir de un embrión somático. Barra = 1 cm.

ducirse variantes en la descendencia se supone es muy similar a la organogénesis.

La etapa de adaptación a condiciones ex vitro en los cultivos micropropagados, es quizá el paso crucial que marca el éxito de cualquier protocolo. Durante este proceso es necesario que se realicen cambios fisiológicos y estructurales en el explante, para habilitarlo a un nuevo ambiente. Como resultado de lo anterior, las plantas se transforman en autotróficas y se desa-

rollan finalmente de la manera habitual. Según Rohr y col. (2003), el cultivo in vitro produce anomalías anatómicas en las hojas, raíces y brotes de la planta y puede también afectar procesos fisiológicos. Estos cambios pueden reducir la eficiencia de los tejidos a sobrevivir en condiciones diferentes de donde fueron originados. Murashige (1974) fue el primero en mencionar que los factores deberían modificarse en una etapa que llamó "estado preparatorio" a la

aclimatación, recomendó el subcultivo en un medio modificado en su contenido de azúcar y de nutrientes, así como reducir la intensidad luminosa y utilizar auxinas para promover la formación de raíz. Estas medidas estimulan a la planta a recuperar su carácter autotrófico.

CULTIVO IN VITRO DE *AGAVE*

Para el género *Agave* se han reportado diversos trabajos de cultivo in vitro en especies de importancia económica ó interés ornamental, en los cuales casi siempre se buscó la micropropagación mediante las técnicas de organogénesis o la de proliferación de yemas axilares. Groenwald y col. (1977) produjeron organogénesis a partir de algunas semillas de *Agave* sp., en tanto Robert y col. (1987) reportaron además de este mismo proceso de regeneración, el enraizamiento en *A. fourcroydes* Lem. En *A. arizonica* Gentry & J. H. Weber, una especie rara y en peligro de extinción, su propagación se inició a partir de bulbillos de la inflorescencia (Powers y Backhaus 1989) y en las especies *A. cantala* Roxb., *A. fourcroydes* y *A. sisalana* Perrine ex Engelm., se obtuvo proliferación de yemas axilares. Por otra parte, Santacruz-Ruvalcaba y col. (1999) reportaron la eficiente propagación masiva in vitro mediante ese mismo método, en la especie ornamental *A. parrasana* A. Berger. Castro-Concha y col. (1990) tomaron tallos como explantes de *A. tequilana* y desarrollaron una metodología eficiente de propagación al modificar las fuentes de nitrógeno inorgánico, que llevó a reducir en grandes proporciones la cantidad de brotes vitrificados. En 1992, Robert y col. dieron a conocer cuatro etapas de un protocolo eficiente de micropropagación en *A. tequilana* Weber (establecimiento, multiplicación, enraizamiento y adaptación), en las cuales se basan numerosos procesos que se usan en la actualidad para la propagación comercial de esta planta. Para *A. victoria-reginae* T. Moore, Rodríguez-Garay y col. (1996) informaron sobre el primer caso de embriogénesis somática en el género. Este mismo proceso fue desarrolla-

do en *A. sisalana* por Nikam y col. (2003). Por su parte, Portillo (1997) y Santacruz-Ruvalcaba (1997) reportaron los primeros trabajos de obtención de embriogénesis somática a partir de cultivos celulares para *A. tequilana*. Esta metodología se utiliza en la búsqueda del mejoramiento genético in vitro de la especie, mediante el empleo de técnicas de selección celular (Vélez-Gutiérrez 1997), mutagénesis (Loera-Quezada 2000; Rodríguez-Domínguez 2000 citado por Hernández 2004) y la transformación genética (Santacruz-Ruvalcaba 2001). Valenzuela-Sánchez y col. (2006) dieron a conocer la organogénesis indirecta en *A. tequilana*, en tanto que Portillo y Santacruz-Ruvalcaba (2006a y 2006b) presentaron la factibilidad de uso del sistema de inmersión temporal y la obtención de embrioides a partir de raíz para la misma especie. Torres-Morán y col. (2004a; 2006) mencionaron que en el caso del *Agave tequilana* Weber, es necesario que se lleve a cabo un periodo para generar raíces in vitro después de la fase constante de propagación, en la cual también se permite que los tejidos de la hoja tomen consistencia cerosa. También comprobaron que existen diferencias significativas en la adaptación de plantas de agave en medios de cultivo con bajo y alto contenido de nitrógeno, ambos incrementados en sacarosa como fuente de carbono y ausencia de reguladores de crecimiento. Las plantas enraizadas in vitro en un medio con bajo contenido de nitrógeno tuvieron mayor adaptación y mejor calidad que en el otro medio. Por lo anterior, es evidente que existe una marcada influencia del estado de nutrición y el ambiente, tanto de las plantas madres que proveen el explante para iniciar una propagación in vitro, como las condiciones de éstas antes de ser aclimatadas en invernadero.

MEJORAMIENTO GENÉTICO IN VITRO

El mejoramiento genético a escala celular in vitro ofrece ventajas importantes, como la eliminación de los efectos del medio ambiente y la facilidad para manejar un gran

número de individuos en un espacio reducido (Sacristán 1982). Las células vegetales pueden ser modificadas genéticamente mediante diferentes metodologías y entre ellas podemos enumerar: fusión de protoplastos, variación somaclonal (espontánea o inducida), producción de haploides y biobalística. Una vez que se produce la modificación genética es necesario seleccionar las células que expresen el carácter de interés, para luego llevarlas a desarrollarse en una planta completa mediante la embriogénesis somática.

Antes de que una técnica genética celular pueda ser aplicada para el mejoramiento de un cultivo, es de primordial importancia disponer de metodologías de regeneración eficientes y la recomendada es la embriogénesis somática (Evans y col. 1981). Pero uno de los principales problemas a los que se enfrentan la aplicación de estas técnicas, es la necesidad de mano de obra, por lo que la automatización de los procesos se requiere con urgencia (Berthouly y Ethienne 2002). En este sentido los cultivos en medio líquido y ahora los sistemas de inmersión temporal, son una opción que recién comienza a tomar auge entre los investigadores y usuarios del cultivo in vitro de plantas. En *Agave tequilana* hace poco se comenzaron a utilizar biorreactores con inmersión temporal, que de forma preliminar han mostrado una productividad similar a lo obtenido con medio sólido (Portillo y Santacruz-Ruvalcaba 2006a), pero con el ahorro de no utilizar agente gelificante.

INESTABILIDAD GENÉTICA Y FENOTÍPICA

Las plantas sometidas a un proceso de micropropagación, pueden modificar su apariencia debido a variación temporal o definitiva de sus características, llamada variación somaclonal.

Dentro de la variación somaclonal se encuentran casos de poliploidía, aneuploidía y pueden existir a escala celular rompimientos y nuevos arreglos cromosómicos, así como mutaciones (Pérez-Molphe y col. 1999). La variación genética o citogenética

originada en plantas que han sido sometidas a cultivo de tejidos, proviene de células somáticas.

Los cambios fenotípicos en las plantas micropropagadas, pueden ser a causa de una variación temporal que es reversible y transmitida de una generación a otra de células durante el cultivo in vitro, pero no por vía sexual, i.e., que pueden producirse en las plantas cambios estables pero no heredables. Estos cambios son llamados variación epigenética (George 1993; Skirvin y col. 1994).

Una diferencia importante entre la variación genética y la epigenética, es que la primera sucede al azar y con menor frecuencia que la segunda; además, que las mutaciones genéticas son estables y heredables. Las características producidas por variación epigenética pueden transmitirse de una manera estable por mitosis, pero raras veces por meiosis; y el nivel de inducción de características epigenéticas está influida de manera directa por la presión de selección que se realice en las células (Skirvin y col. 1994).

Según Taji y col. (2002) las alteraciones en la carga cromosómica de las plantas originadas a través de cultivo de tejidos, pueden deberse al reducido control sobre la mitosis, uso de reguladores de crecimiento y otros componentes del medio de cultivo, incluso las propias condiciones ambientales del cultivo así como la inestabilidad del genotipo.

La variación somaclonal es una respuesta de la planta al ambiente que le produce el cultivo in vitro, el cual engloba la percepción del estrés por parte del tejido, la señal interna, la activación de factores de transcripción en respuesta, la reprogramación genética y el cambio en las características de las proteínas y el metabolismo. Debido a que el cultivo de tejidos es un proceso no natural, la planta está de continuo expuesta a una combinación de factores que en lo habitual no tiene en el cultivo normal. Resulta admirable la plasticidad del genoma vegetal para poder des-

cifrar y responder a esta clase de estímulos (Cassells y col. 2003).

De acuerdo con lo anterior, puede observarse que son muchas las causas de variación en la producción de cultivos in vitro y esto crea confusión acerca de la efectividad de estas técnicas para reproducir plantas con idénticas características genotípicas y fenotípicas.

La micropropagación del género *Agave* es una práctica que se realiza desde hace alrededor de 20 años; esta actividad dio inicio a causa de la creencia de que muchos de los cultivares de este género eran clones estériles, en ocasiones poliploides que rara vez producen semillas viables. La variabilidad genética en el campo es muy limitada por lo que la micropropagación puede ser una técnica que permita la multiplicación de individuos que se observen en el campo con características favorables (Robert y col. 1992).

Una realidad tangible en el cultivo de agaves es que en la práctica, los productores han reducido la propagación sexual que puede darse en las especies cultivadas, por la razón de que eliminan el escapo floral de las plantas al buscar la acumulación de azúcares en el tallo, actividad previa a la cosecha o jima.

Gil y col. (2001) reportaron al agave tequilero, como uno de los cultivos con más bajo nivel de polimorfismos detectado hasta esa fecha, ya que encontraron 39 plantas isogénicas en una muestra de 40 mediante marcadores moleculares RAPD. Sin embargo, hoy día existen algunas publicaciones que contradicen este hecho. Tal es el caso de la variabilidad genética asexual reportada por Infante y col. (2003) en poblaciones de *Agave fourcroydes* formadas por propagación asexual, en donde se mencionó que existen diferencias genéticas detectadas con marcadores AFLP entre hijuelos producidos por una misma planta madre y entre plantas madre dentro de una misma población. Asimismo, Torres-Morán y col. (2004b) reportaron que explantes de *A. tequilana* establecidos in vitro, mostraban una capacidad diferencial para la produc-

ción de brotes. En ese estudio se advirtió que el comportamiento de esa variable no presentaba una distribución normal, y que esta variabilidad sugería más de un grupo de plantas con diferente capacidad de producción. En otra publicación, los mismos autores señalan que el estudio de la producción de brotes de esta especie, separa los clones en dos grupos, uno con producción de brotes con tendencia lineal y otro con tendencia exponencial, observada a partir de la décima resiembra del material (Torres-Morán y col. 2004c). En un trabajo posterior de Torres-Morán y col. (2005) se demostró mediante marcadores moleculares ISTR, que la variación somaclonal de *A. tequilana* micropropagada por organogénesis fue de 30% entre los regenerantes.

Los antecedentes publicados sobre la variabilidad en la reproducción vegetativa de *Agave tequilana*, datan de fechas muy cercanas, ya que es una especie de reciente inclusión en líneas de investigación asistidas por la biotecnología. Gil y col. (2006) e Infante y col. (2006) encontraron variación asexual en varias especies de *Agave*, entre ellas *A. tequilana*, con lo que se podría asegurar que la actividad de la variación asexual es muy activa en este género. Esta última aseveración tiene también soporte en el trabajo de Cavallini y col. (1996), quienes mencionaron que al tener *Agave* un cariotipo relativamente estable, se espera que en el género la especiación sea mediante mutaciones puntuales y reacomodos del ADN, y se sugiere que los elementos trasponibles son los responsables de esta variación (Osorio y col., 2006; Infante y col. 2006).

Uno de los enfoques biotecnológicos hacia donde se dirigen los esfuerzos de varias instituciones de investigación, es la micropropagación de la especie, pero como aporte biotecnológico en la solución del problema de obtención de plantas de *Agave tequilana* libres de enfermedades, no ha sido validada como método eficaz para mantener la uniformidad de los materiales resultantes del proceso. Existe la inquietud en los agricultores sobre la

inestabilidad fenotípica de los materiales micropropagados (Rubén Rodríguez¹ com. pers.); esta inquietud se muestra a la par en el ámbito científico, que en la actualidad se apoya de las técnicas moleculares para la verificación de la fidelidad genética, uniformidad, estabilidad e investigación sobre los niveles de variación somaclonal de las plantas producidas a través del cultivo de tejidos (Aravanopoulos 2003).

IMPORTANCIA DE LA SANIDAD EN VEGETALES

El cultivo de los vegetales para el beneficio de los humanos involucra cinco actividades fundamentales que son:

1. Selección de plantas (seleccionar o desarrollar tipos específicos de plantas).
2. Propagación de plantas (multiplicar y preservar la calidad de las plantas).
3. Producción del cultivo (desarrollo de plantas bajo condiciones controladas para la máxima producción).
4. Manejo y almacenamiento del cultivo (preservar los cultivos producidos).
5. Tecnología y transformación de los alimentos (transformar y preservar el vegetal para su consumo y o uso) (Hartmann y col. 2002).

En el manejo de cultivo de cualquier especie, es de primordial importancia mantener la sanidad de las plantas para tener éxito, tanto durante la propagación, como en el crecimiento y almacenamiento del material vegetal. Para mantener esta condición durante el proceso, es importante tomar en cuenta el ambiente que rodea al vegetal, como son: factores bióticos (microorganismos, insectos, animales mayores, maleza, etcétera), condiciones climáticas (temperatura, iluminación, humedad, gases) y factores edáficos (nutrición mineral, agua, suelo).

Para considerar una planta como sana, es indispensable que sus funciones fisiológicas se mantengan estables hasta donde le permita su potencial genético; cuando se presentan anomalías en el

funcionamiento se considera a la planta como enferma, estas alteraciones son producidas por la intervención de factores bióticos o abióticos. Dentro de las principales limitantes fisiológicas que se presentan están las anomalías en el crecimiento celular, dificultades en la absorción de agua y de nutrientes del suelo, irregularidades en la fotosíntesis, transpiración, metabolismo y reproducción entre otras (Agrios 2001). Cuando se presenta un factor biótico (hongos, bacterias, virus) que cause un desequilibrio en la planta, se le considera como patógeno.

La presencia de enfermedades puede ser el factor limitante más importante tanto en la propagación como en la producción del vegetal. Por lo que un objetivo primordial en el manejo de un cultivo debe ser la propagación de plantas limpias y libres de patógenos, mismos que alteran los procesos bioquímicos en las plantas susceptibles, las cuales pueden presentar síntomas (fenotípicos) característicos. Sin embargo, la ausencia de síntomas de enfermedad no indica la ausencia del patógeno (Hartmann y col. 2002).

El hombre ha contribuido, a veces en gran medida, en la distribución de las enfermedades y o plagas sin darse cuenta. Se reportan casos de patógenos que han atacado a plantas con resultados en grandes pérdidas y devastaciones. Como es el caso de la papa (*Solanum tuberosum* L.) y el hongo fitopatógeno *Phytophthora infestans* Mont., que produjo en Irlanda grandes pérdidas y devastación al afectar la alimentación de una tercera parte de la población. Otro ejemplo es con la bacteria *Xanthomonas citri* Hasse que atacó los cítricos en Florida y destruyó cerca de 20 millones de árboles (Schumann 1991).

El manejo de plagas y enfermedades depende en gran medida del conocimiento que se tiene del ciclo de vida del patógeno, las condiciones ambientales en las que se cultiva y el manejo de la especie. Se debe evitar la propagación de cultivos que sean susceptibles al patógeno, ya que al hacerlo llevaría consigo mayor uso de agroquími-

¹Productor de agave tequilero, Amatitán, Jalisco.

cos y recursos. Existe toda una gama de técnicas de propagación, algunas de ellas tienen como principal propósito eliminar los patógenos; dentro de ellas se pudieran mencionar: la selección de plantas no infectadas, el cultivo de meristemos y el uso de tratamientos con temperaturas elevadas.

Un propagador de plantas tiene como principal premisa, multiplicar los cultivos seleccionados y hacer que estos mantengan las características genéticas de la población original.

SANIDAD EN EL AGAVE TEQUILERO

Como es de conocimiento general, un uso comercial importante de los agaves es la producción de bebidas alcohólicas, debido a la presencia de azúcares en el tallo; los cuales son extraídos y luego sometidos a procesos de cocimiento, fermentación y destilación para la obtención de bebidas espirituosas. Entre ellas podemos encontrar el tequila, que se produce a partir de la especie *Agave tequilana* Weber cultivar Azul. La preferencia por la especie es a causa de que contiene un alto contenido de azúcares en forma de inulina, un contenido bajo de fibras y algunos componentes químicos que le dan un aroma peculiar a la bebida (Cedeño 1995). En la obtención de la materia prima para la producción de tequila, la industria demanda en la actualidad “piñas” (tallos) de buena calidad y tamaño, sin pudriciones ni infestaciones por insectos.

En años recientes la industria del tequila se ha enfrentado a la recurrente disminución en el rendimiento por daños a los cultivos, sobre todo por la presencia de hongos, bacterias e insectos plaga (figura 2). Este problema cíclico en la obtención de la materia prima, aunado a la mala planeación en el establecimiento de los cultivos, ha llevado a los industriales del tequila a enfrentar épocas de abastecimiento limitado y por lo tanto a arriesgar el cumplimiento de la demanda de la bebida; que se ha incrementado en la última década tanto

en el consumo nacional como internacional (Consejo Regulador del Tequila 2000).

Los agaves pueden propagarse por dos mecanismos: a) la producción de semillas a través de la reproducción sexual; b) por multiplicación vegetativa o clonación, la cual se da por dos distintas vías; una por medio de la producción de bulbilos y la otra por medio de la producción de hijuelos.

Los bulbilos son pequeños brotes aéreos que forman diminutas rosetas en meristemos de la inflorescencia. Los hijuelos son ramificaciones de los meristemos de la parte baja de la roseta o de los rizomas, estos forman nuevas rosetas que emergen en la periferia de la planta madre y producen raíces adventicias, lo que permite su crecimiento independiente (Arizaga y Ezcurra 1995).

Durante un período largo, el agave tequilero se ha propagado de manera convencional por medio de hijuelos de rizoma, por lo que la especie ha experimentado un proceso de reducción de la diversidad genética, lo que favorece la vulnerabilidad a cualquier factor de cambio en el medio en el que se desarrollan (Cavallini y col. 1996).

El agave tequilero se considera en la actualidad un monocultivo, que presenta el riesgo de contraer enfermedades cuando se establece de manera prolongada en el mismo lugar, donde las plagas y enfermedades pueden proliferar en el sitio y colonizar el cultivo. Es importante considerar que un factor que favorece la aparición de enfermedades en el agave es la gran concentración de azúcares que almacena en el tallo, componente muy importante para el desarrollo de ciertos microorganismos, incluidos los patógenos (Fucikovsky 2004).

Otra causa importante en la aparición y proliferación de patógenos, es la sobreoferta de la materia prima, ya que se reducen los precios por kilogramo de agave y por lo tanto, el agricultor se desmotiva y abandona las plantaciones con agaves maduros, lo que propicia que las parcelas se puedan convertir en focos de infección, porque se presentan condiciones idóneas



Figura 2. Plantaciones de *Agave tequilana* Weber cultivar azul. A) Plantación de tres años en buen estado de sanidad. B) Plantación de cinco años con ataque severo de patógenos.

para el desarrollo de microorganismos (Rodríguez-Garay y col. 2004).

De acuerdo con las observaciones de incidencia y severidad de daño, los fitopatógenos reportados como más importantes en el agave tequilero son la bacteria *Erwinia carotovora* (produce la enfermedad llamada “pudrición del cogollo”) y el hongo *Fusarium oxysporum* (que produce la “pudrición seca de la raíz” o “marchitamiento”). Estas enfermedades que afectan el desarrollo de la planta, se reportaron en trabajos de investigación en los últimos 15 años (Valenzuela-Zapata 1994; Luna 1996; Vélez-Gutiérrez 1997; Aceves-Rodríguez 2002; Virgen y col. 2004). También se encontró de forma esporádica la presencia de otros microorganismos patógenos entre ellos se puede mencionar a *Colletotrichum agaves* (Pérez 1980); *Alternaria* sp., *Armillaria melleosa* (Granados 1993) y *Thielaviopsis paradoxa* (Fucikovsky 2004).

Para hacer frente a estos problemas algunos agricultores e investigadores propusieron estrategias para tratar de evitar o aminorar la presencia de dichos patógenos, entre ellas se pueden enumerar las siguientes: 1) Los hijuelos de las plantas madre deben ser cortados y desinfectados con productos químicos; 2) Investigaciones en los temas de ecología y fisiología de los

patógenos y plagas, así como de sus vectores (Fucikovsky 2004); 3) Generación de conocimiento básico en la determinación de los factores que intervienen en la diseminación y desarrollo de las enfermedades para generar estrategias de un manejo integrado (Virgen 2004). 4) Desarrollar técnicas de cultivo in vitro para la producción de plantas micropropagadas (Robert y col. 1992; Santacruz-Ruvalcaba 1997; Portillo 1997) y la búsqueda de material resistente a algunos patógenos mediante mejoramiento genético (Vélez-Gutiérrez 1997; Loera-Quezada 2000).

En este momento los agricultores demandan la producción de hijuelos sanos de plantas madres seleccionadas para realizar sus nuevas plantaciones. Cuando el crecimiento poblacional presiona a los productores agrícolas a incrementar el rendimiento de materiales, es importante usar materiales vegetales libres de enfermedades (Dodds y Roberts 1985).

PROBLEMAS DEL CULTIVO IN VITRO DEL AGAVE TEQUILERO

La micropropagación es el área donde se pueden obtener aplicaciones biotecnológicas a más corto plazo para un cultivo, no sólo por ser una técnica sencilla, sino por que se puede escalar de inmediato a forma

comercial. Su empleo en la multiplicación vegetativa de "plantas elite" y en la producción de cultivares de interés libres de patógenos, puede tener repercusiones de tipo económico muy importantes.

Mediante la biotecnología vegetal no sólo es posible llevar a cabo una propagación masiva de algún cultivar en especial, sino también generar plantas libres de microorganismos; asimismo, llevar a cabo mejoras genéticas que se pueden perpetuar bajo el manejo asexual que se da en condiciones de campo.

La elección del explante depende de los objetivos que se persigan de la especie que se vaya a cultivar (Barba y col. 2001). En el caso del agave tequilero, los trabajos realizados hasta ahora, no mencionan las particularidades de los explantes elegidos, ni metodologías específicas de selección del mismo para cumplir con sus objetivos.

Es conveniente destacar que una planta puede sufrir cambios en sus características, luego de un proceso de regeneración in vitro, los cuales pueden ser positivos, negativos o inadvertidos. Por lo tanto es necesario conocer qué método aplicar para minimizar esta posibilidad, así como

evaluar el material generado antes de liberarlo al productor.

Entre los cultivadores del agave tequilero se tiene la percepción de que el cultivo in vitro no ofrece en realidad una alternativa para solucionar algunos problemas que lo aquejan. El fundamento de esta idea se debe en gran parte a las estrategias mal enfocadas sobre el cultivo de tejidos, las que pueden ir desde pésima selección de explantes, hasta procedimientos incorrectos de propagación.

Otro aspecto importante a considerar, es la poca integración existente entre el investigador y el agricultor en labores importantes, como la selección del material vegetal para micropropagar, ya que es indispensable elegir plantas con características sobresalientes que pudieran solucionar problemas que afectan al productor.

La experiencia en la micropropagación de agave en algunas de las instituciones de nuestro país, muchas veces es subutilizada y no se le da la debida difusión (figura 3). Esto representa un problema serio que se refleja en la duplicidad de trabajos, genera información que no se encuentra disponible, impide la óptima uti-

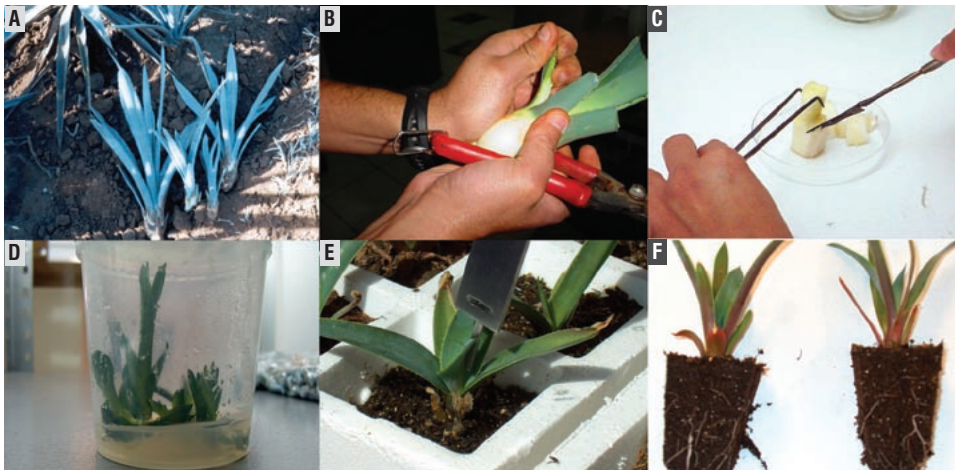


Figura 3. Proceso de micropropagación en *Agave tequilana* Weber cultivar azul. A). Selección de hijuelos en campo. B) Obtención de la yema apical. C) Corte del explante para su establecimiento. D) Multiplicación de brotes in vitro. E) Etapa de adaptación en invernadero. F) Plantas de ocho semanas de adaptación en invernadero.

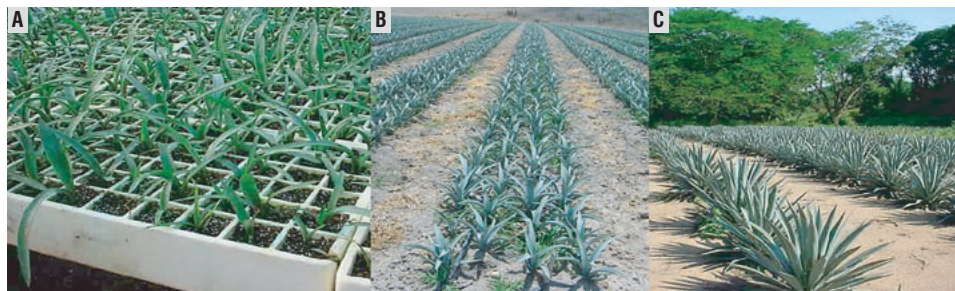


Figura 4. Manejo intensivo en plantas micropropagadas de *Agave tequilana* Weber cultivar azul. A) Adaptación en invernadero. B) Establecimiento en vivero. C) Plantación definitiva de dos años.

lización de recursos para continuar líneas de investigación ya existentes y dificulta el trabajo multidisciplinario.

La transferencia de tecnología hasta el sector productivo en donde se encuentra la necesidad insatisfecha, es por lo regular desfasada, muy limitada y en ocasiones sólo al alcance de grandes empresas con capacidad para pagar o generar sus propias investigaciones.

Dentro de las principales limitantes que se han encontrado para la aceptación en el uso de plantas micropropagadas de agave tequilero por parte de los agricultores, está la modificación en las labores culturales de un sistema completamente tradicionalista, a otro con un manejo intensivo y tecnificado, recomendado para explotar al máximo las plantas micropropagadas. Como ejemplo, el cultivo intensivo en invernadero en la fase de adaptación ex vitro de los materiales producidos in vitro, dicha labor requiere de la capacitación de los agricultores para el manejo de las diversas etapas (figura 4).

En los últimos años, la aplicación de estas técnicas desarrolladas de cultivo in vitro, se enfrenta a una sobreproducción de hijuelos en el campo, lo cual se manifiesta en una barrera en la visión del agricultor para emplearlas como técnicas de propagación, que le ayuden en la obtención de material sano y adecuado para nuevas plantaciones.

Es recomendable que no se deje de lado la aplicación de ciertas normas fitos-

anitarias, como la emitida por el gobierno mexicano en el año 2002, para la producción y movilización de plantas de *Agave tequilana* Weber (NOM-EM-037-FITO-2002). El objetivo principal es prevenir la diseminación del problema de fitopatógenos que persiste en el campo.

En épocas de baja producción de agave tequilero, no se alcanza a cubrir la necesidad de la industria; sin embargo, la demanda de la bebida ejerce presión sobre los industriales que se ven obligados a utilizar azúcares de otra procedencia, como agaves silvestres (Consejo Mexicano de Comercio Exterior 2004), lo que puede poner en riesgo la biodiversidad del género *Agave*. Además esta situación de naturaleza ilegal, al no acatar las normas establecidas (NOM-006-SCFI-1994), ha hecho que algunas empresas tequileras sean sancionadas (Alegría y González 1998).

Tomando en cuenta la proyección nacional e internacional que tiene en este momento el tequila, es recomendable aprovechar al máximo todas las opciones que ofrece el cultivo in vitro como paso inicial, el apego a la regulación de las normas y reglamentos en los procesos de cultivo y transformación, y la disposición de los involucrados en la cadena agave-tequila de mantener la calidad, lo cual se verá reflejado en un tequila de mayor aceptación y reconocimiento.

Agradecimientos

Los autores manifiestan su agradecimiento a dos revisores anónimos sus observaciones y a Servando Carvajal la lectura crítica del mecanoscrito; los comentarios de ellos ayudaron a mejorar y enriquecer el documento.

Literatura citada

- Aceves-Rodríguez, J. J.** 2002. Aislamiento, identificación, incremento e inoculación de patógenos asociados a la marchitez del agave. En: *Análisis agroecológico del Agave tequilana Weber var. azul con énfasis en problemas fitosanitarios en Jalisco*. INIFAP-CIRPAC. Campo Experimental Altos de Jalisco, Pub. Especial, Núm. 1. Tepatitlán, Jalisco, México. pp. 33–41.
- Agrios, G. N.** 2001. *Fitopatología*. 2ª Edición, Uteha-Noriega, México. 838 p.
- Alegria, M. y V. González.** 1998. Mientras el tequila repunta en el mundo, el agave padece enfermedades en su tierra. *Gaceta Universitaria de la Universidad de Guadalajara* del 12 de octubre de 1998. p. 10–11
- Aravanopoulos, F. A.** 2003. Molecular identification of micropropagated plants. *Acta Hort.* **616**: 25–47.
- Arizaga, S., y E. Ezcurra.** 1995. Insurance against reproductive failure in a semelparous plant: bulbil formation in *Agave macroacantha* flowering stalks. *Oecologia* **101**: 329–334.
- Barba, A., V. S. Luna y J. R. Arredondo.** 2001. *Micropropagación de plantas*. Ed. Trillas, México. 1a Edición. 107 p.
- Berthouly, M. y H. Etienne.** 2002. Temporary immersion system: A new concept for use liquid medium in mass propagation. En: *1st Int. Symp. Liquid Systems for in vitro Mass Propagation of Plants*. Ås, Norway. pp. 37–38.
- Cassells, A. C., S. M. Joyce, E. A. O'Herlihy, M. J. Pérez-Sanz y C. Walsh.** 2003. Stress and quality in in vitro culture. *Acta Hort.* **625**: 153–164, ISHS.
- Castro-Concha, L., V. M. Loyola-Vargas, J. L. Chan y M. L. Robert.** 1990. Glutamate dehydrogenase activity in normal and vitrified plants of *Agave tequilana* Weber propagated in vitro. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* **22**: 147–151.
- Cavallini, A., L. Natali, G. Cionini e I. Castorena-Sánchez.** 1996. Cytophotometric and biochemical analyses of DNA in pentaploid and diploid *Agave* species. *Genome* **39**: 266–271.
- Cedeño, M.** 1995. Tequila production. *Crit. Rev. Biot.* **15**: 1–11.
- Consejo Mexicano de Comercio Exterior.** 2004. *Denuncian en Jalisco venta de tequila adulterado*. Circular 80 del 14 de junio de 2004. Consejo Mexicano de Comercio Exterior Bajío. <http://www.comcebajio.org>
- Consejo Regulador del Tequila, A. C.** 2000. *Estadísticas de producción, exportación y consumo de materias primas para la elaboración de tequila*. Guadalajara, Jalisco, México. <http://www.crt.org.mx>
- Consejo Regulador del Tequila.** 2004. *Información estadística Exportaciones, enero-diciembre, 1995-2004*. <http://www.crt.org.mx>
- Dodds, J. H. y R. W. Roberts.** 1985. *Experiments in plant tissue culture*. Ed. Cambridge University Press. 232 p.
- Evans, D. A., W. R. Sharp y C. E. Flick.** 1981. Growth and behavior of cell cultures: Embryogenesis y Organogenesis. En: Thorpe, T. A. (Ed.) *Plant tissue culture methods and applications in agriculture*. Academic Press E. U. A. pp. 45–113.
- Fucikovsky, Z. L.** 2004. *Agave tequilana* Weber var. azul y sus principales problemas fitosanitarios. En: *Avances de la investigación en el agave tequilero*. Consejo Regulador del Tequila A. C. Guadalajara, México. pp. 147–178.
- George, E. F.** 1993. *Plant propagation by tissue culture*. Part 1. The Technology. Exegetics, Limited. England. 574 p.
- Gil, K., M. González, O. Martínez, J. Simpson y G. Vandemark.** 2001. Analisis of genetic diversity in *Agave tequilana* var. Azul using RAPD markers. *Euphytica* **119**(3): 333–341.
- Gil-Vega, C. Díaz, A. Nava-Cedillo y J. Simpson.** 2006. AFLP analysis of *Agave tequilana* varieties. *Plant Science* **170**: 904–909.
- Granados, S. D.** 1993. *Los agaves de México*. Universidad Autónoma de Chapingo. 252 p.
- Groenwald, E. G., D. C. J. Wessels, y A. Koeleman.** 1977. Callus formation and subsequent plant regeneration from seed tissue of an *Agave* species (Agavaceae). *Z. Pflanzenphysiol.* **81**: 369–373.

- Hartmann, H. T., D. E. Kester, F. T. Davies y R. L. Geneve.** 2002. *Plant propagation: principles and practices*. Prentice Hall. 7ª edición. New Jersey, E. U. A.
- Hernández, L.** 2004. Variación genética entre clones de *Agave tequilana* Weber var. azul sometidas a diferentes dosis de radiación gamma. En: *Avances de la investigación en el agave tequilero*. Consejo Regulador del Tequila A. C. Guadalajara, México. pp. 291–330.
- Infante, D., G. González, L. Peraza-Echeverría y M. Keb-Llanes.** 2003. Asexual genetic variability in *Agave fourcroydes*. *Plant Science* **164**: 223–230.
- Loera-Quezada, M. M.** 2000. *Selección in vitro de Agave tequilana Weber var. azul para resistencia a Fusarium oxysporum*. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias en Procesos Biotecnológicos-CUCEI. Universidad de Guadalajara, 98 p.
- Luna, H. G.** 1996. *Pudrición de tallo de Agave tequilana Weber en el estado de Jalisco, México*. Tesis Profesional. Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Murashige, T.** 1974. Plant propagation through tissues. *Annu. Rev. Plant Physiol.* **25**: 135–166.
- Nikam, T. D., G. M. Bansude y K. C. Aneesh kumar.** 2003. Somatic embryogenesis in sisal (*Agave sisalana* Perr. ex. Engelm). *Plant Cell Rep.* **22**: 188–194.
- Norma Oficial Mexicana NOM-006-SCFI-1994.** *Bebidas Alcohólicas-Tequila-Especificaciones*. Diario Oficial de la Federación, 3 de septiembre de 1997.
- Norma Oficial Mexicana NOM-EM-037-FITO-2002.** *Especificaciones fitosanitarias para la producción y movilización de Agave tequilana Weber var. azul*. Diario Oficial de la Federación 20 de junio 2002.
- Osorio Z., M. A., D. Infante y S. Molina M.** 2006. Estudio de la variabilidad genética asexual en *Agave cocoui* Trelease mediante el uso de marcadores moleculares. *Bol. Nakari* **17**(1): 1–7.
- Pérez, S. P.** 1980. Problemas fitosanitarios del maguey pulquero en la Mesa Central de México. *Revista Chapingo* **23**: 24.
- Pérez-Molphe, E. M., R. Ramírez-Malagón, H. G. Núñez-Palenius y N. Ochoa-Alejo.** 1999. *Introducción al cultivo de tejidos vegetales*. Universidad Autónoma de Aguascalientes. 179. p.
- Portillo, L.** 1997. *Embriogénesis somática en Agave tequilana Weber: efecto de auxinas*. Tesis de Maestría. Universidad de Guadalajara. 65 p.
- Portillo, L. y F. Santacruz-Ruvalcaba.** 2004. Totipotencia celular: Una revisión y aplicación del concepto. *Scientia-CUCBA* **6**(1–2): 13–18.
- Portillo, L. y F. Santacruz-Ruvalcaba.** 2006a. Factibilidad de uso de un nuevo sistema de inmersión temporal (Orbitabion®) para embriogénesis somática de *Agave tequilana* Weber cv. Azul. *Bol. Nakari* **17**(2): 43–48.
- Portillo, L. y F. Santacruz-Ruvalcaba.** 2006b. Obtención de embrioides de *Agave tequilana* Weber a partir de explantes de raíz. *Zonas Áridas* **10**: 11–19.
- Powers, D. E. y R. A. Backhaus.** 1989. In vitro propagation of *Agave arizonica* Gentry et Weber. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* **16**: 57–60.
- Robert, M. L., J. L. Herrera, F. Contreras y K.N. Scorer.** 1987. In vitro propagation of *Agave fourcroydes* Lem. (Henequén). *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* **8**: 37–48.
- Robert, M. L., J. L. Herrera, J. L. Chan, y F. Contreras.** 1992. Micropropagation of *Agave* spp. En: Bajaj, Y. P. S. (ed.) *Biotechnology in Agriculture and Forestry*. Vol. 19. High-Tech and Micropropagation III. II. 9. Springer-Verlag, Berlin. pp. 306–329.
- Rodríguez-Garay, B., A. Gutiérrez-Mora, y B. Acosta-Dueñas.** 1996. Somatic embryogenesis of *Agave victoria-reginae* Moore. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* **8**: 37–48.
- Rodríguez-Garay, B., A. Gutiérrez-Mora, E. P. Flores y M. M. Loera-Quezada.** 2004. *Agave tequilana* Weber var. azul: inicio del proceso. En: *Ciencia y tecnología del tequila; avances y perspectivas*. CIATEJ, A. C. Guadalajara, México. pp. 14–34.
- Rohr, R., I. Iliev, A. Scaltsoyiannes y P. Tsoulpha.** 2003. Acclimatization of micropropagated forest trees. *Acta Hort.* **616**: 59–69.
- Ruvalcaba-Ruiz, D., F. Santacruz-Ruvalcaba, y B. Rodríguez-Garay.** 2000. Estudios citogenéticos en *Agave tequilana* Weber variedad azul. En: *XVIII Congreso Nacional de Fitogenética*. Irapuato, Guanajuato, México. pp. 157.
- Sacristán, M. D.** 1982. Resistance responses to *Phoma lingam* of plants regenerated from selected cell and embryogenic cultures of

- haploid *Brassica napus*. *Theor. Appl. Genet.* **61**: 193–200.
- Santacruz-Ruvalcaba, F.** 1997. *Embriogénesis somática en Agave tequilana Weber: efecto de citocininas*. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias en Procesos Biotecnológicos-CUCEI. Universidad de Guadalajara. 61 p.
- Santacruz-Ruvalcaba, F.** 2001. *Transformación genética mediante biobalística en Agave tequilana Weber var. Azul*. Tesis de Doctorado. Universidad de Guadalajara. 87 p.
- Santacruz-Ruvalcaba, F., H. Gutiérrez-Pulido y B. Rodríguez-Garay.** 1999. Efficient in vitro propagation of *Agave parrasana* Berger. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* **56**: 163–167.
- Schumann, G. L.** 1991. *Plant diseases: Their biology and social impact*. APS Press. St. Paul, Minnesota. E. U. A. 397 p.
- Skirvin, R. M., K. D. McPheeters y M. Norton.** 1994. Sources and Frequency of Somaclonal Variation. *HortScience* **29** (11): 1232–1237.
- Taji, A., P. P. Kumar y P. Lakshmanan.** 2002. *In vitro plant breeding*. Food Products Press. 167 p.
- Torres-Morán, M. I., F. Santacruz-Ruvalcaba, L. De la Cruz-Larios, M. A. García-Vázquez, M. García-Contreras, R. Nuño-Romero y J. P. Torres-Morán.** 2004a. Adaptación de plantas de *Agave tequilana* Weber Variedad azul propagadas por cultivo in vitro. *Bol. Nakari* **15**(3): edición digital.
- Torres-Morán, M. I., M. A. García-Vázquez, F. Santacruz-Ruvalcaba, R. Nuño-Romero y J. P. Torres-Morán.** 2004b. Eficiencia de establecimiento in vitro de *Agave tequilana* Weber variedad azul. En: *Memorias del IV Congreso Mexicano y III Latinoamericano y del Caribe de Cactáceas y Otras Suculentas*. p. 171.
- Torres-Morán, M. I., R. Nuño-Romero, J. P. Torres-Morán, F. Santacruz-Ruvalcaba y M. A. García-Vázquez.** 2004c. Establecimiento in vitro y descripción de la producción de brotes de agave tequilero. En: *Memoria del XX Congreso Nacional de Fitogenética*. Sociedad Mexicana de Fitogenética. Toluca, México. p. 390.
- Torres-Morán, M. I., I. Diógenes, J. J. Sánchez-González, M. M. Morales-Rivera y A. Santerre.** 2005. Diversidad genética en *Agave tequilana* Weber var. Azul proveniente de micropropagación. *Bol. Nakari* **16**(3) edición digital.
- Torres-Morán, M. I., M. M. Morales-Rivera, F. Santacruz-Ruvalcaba y A. Rodríguez-Gracia.** 2006. *Micropropagación por organogénesis in vitro de Agave tequilana Weber variedad azul*. Universidad de Guadalajara, 89 p.
- Valenzuela-Sánchez, K. K.; Juárez-Hernández, R. E.; Cruz-Hernández, A.; Olalde-Portugal, V. Valverde, M. E.; Paredes-López, O.** 2006. Plant regeneration of *Agave tequilana* by indirect organogenesis. *In Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant* **42**: 336–340.
- Valenzuela-Zapata, A. G.** 1994. *El agave tequilero: su cultivo e industrialización*. Ed. Ágata. México. 119 p.
- Vélez-Gutiérrez, C.** 1997. *Selección celular para resistencia a filtrados microbianos en Agave tequilana Weber*. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias en Procesos Biotecnológicos-CUCEI. Universidad de Guadalajara. 65 p.
- Virgen, C. G., J. L. Martínez, R. Rodríguez, F. J. Bernal, M. Vázquez-García y E. Pimienta.** 2004. Epidemiología y manejo integrado de problemas fitosanitarios en *Agave tequilana* Weber var. azul. En: *Avances de la investigación en el agave tequilero*. Consejo Regulador del Tequila, A. C. Guadalajara, México. pp. 93–146.
- Walden, R. y R. Wingender.** 1995. Gene-transfer and plant-regeneration techniques. *Trends Biotechnol.* **13**: 324–331.

El control de la respuesta motivada a través del procesamiento de aprendizaje incentivo en la corteza orbitofrontal

Francisco Abelardo Robles Aguirre, Marisela Hernández González, Paulina Haro Magallanes y Miguel Ángel Guevara

Instituto de Neurociencias, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. Francisco de Quevedo 180, Col. Arcos Vallarta, Guadalajara, Jalisco.
Correo electrónico: mguevara@cencar.udg.mx

Resumen: Con el propósito de evaluar el papel de la corteza orbitofrontal (COF) en el control conductual de una tarea sexualmente motivada, se entrenaron sexualmente ratas macho adultas las que fueron asignadas a uno de los siguientes grupos para recibir infusión bilateral en la COF de diferentes soluciones: control, una microinyección de solución salina (0.5 µl); TTX1, una microinyección de tetrodotoxina (TTX) (2.5 ng/0.5 µl), y TTX2 una dosis mayor de TTX (5 ng/0.5 µl). Luego del tratamiento, todos los sujetos fueron sometidos a una prueba de aprendizaje discriminativo y de inversión en un laberinto T utilizando la interacción sexual con una rata hembra receptiva como recompensa. Los parámetros indicadores de la motivación incentiva, tales como la latencia de salida del compartimiento inicial y el tiempo de recorrido del corredor principal, mostraron que los sujetos del grupo TTX2 tardaron significativamente más tiempo, tanto para salir al laberinto como para recorrerlo, que los otros grupos. Los resultados confirman la hipótesis experimental sobre la contribución de la COF en el control de las respuestas conductuales a través del procesamiento de la motivación incentiva.

Palabras clave: Corteza orbitofrontal, motivación sexual, aprendizaje incentivo.

Abstract: This study was carried out to test the role of orbitofrontal cortex (OFC) in the behavioral control of a sexually motivated task in male rats. Adult male rats sexually trained were bilaterally implanted in the OFC and then assigned into one of the following treatment groups: control, which received an infusion of saline solution (0.5 µl); TTX1, which received a microinjection of tetrodotoxin (TTX) (2.5 ng/0.5 µl); and TTX2, receiving a higher dosis of TTX (5 ng/0.5 µl). After treatment, all subjects were submitted to a discrimination and reversal learning tasks in a T-maze test using a sexual interaction with a receptive female rat as reward. The analysis of the parameters indicative of incentive motivation, such as delays to go out of the start box and time to go through the stem of the T-maze, showed that TTX2 group took more time both to leave the maze and to cross the stem than the other groups. These results confirm the experimental hypothesis that OFCs play a main role in the control of behavior through incentive motivation processing.

Key words: Orbitofrontal cortex, sexual motivation, discrimination and reversal learning tasks.

Introducción

En la explicación del fenómeno de conducta dirigida hacia una meta, Dickinson y Balleine (1994) postulan la existencia de dos procesos mediadores, el primero sería aquella asociación de tipo pavloviano entre estímulos contextuales y el reforzador que se presenta, y constituiría el denominado aprendizaje incentivo. El segundo de estos procesos consistiría en la asociación entre la ejecución de una respuesta y la obtención de una recompensa o reforzador y se establecería a través del aprendizaje de contingencia.

Sin embargo, en Balleine y Dickinson (1998), proponen que estos dos procesos forman parte de un sistema de ejecución de conductas dirigidas hacia una meta; y plantean la existencia de otro sistema alternativo a este que denominan el sistema estímulo-respuesta habituada (S-R) que toma control de la conducta luego de la presentación de un alto número de ensayos de una tarea determinada.

La evidencia de la influencia que ejercen las asociaciones de tipo pavloviano en las conductas dirigidas a una meta proviene de estudios de devaluación de la recompensa, mientras que la demostración de la participación del aprendizaje de contingencia se ha explorado en estudios de condicionamiento instrumental con degradación de la relación de contingencia entre reforzador y respuesta (Balleine y Dickinson 1998).

Estos mismos autores, a partir de estudios de lesión en la corteza prefrontal (CPF) de ratas, han podido determinar la funcionalidad contrastante en los dos tipos de aprendizaje, postulados como parte del sistema de ejecución de conductas dirigidas a una meta. Hallaron que el daño del área prelímbica de la CPF medial tiene un efecto adverso en el aprendizaje de contingencia puesto que los sujetos se vuelven insensibles a la degradación de la relación de contingencia, pero no insensibles ante la devaluación, por saciedad, de una recompensa. Por otra parte, la lesión del área

infralímbica de la CPF, generaba insensibilidad a la devaluación de una recompensa, pero no afectaba la discriminación a la degradación de la relación de contingencia (Balleine y Dickinson 1998).

En otro estudio, Balleine y Killcross (1994), plantearon que la conducta instrumental depende de las conductas de aproximación que implican una anticipación de la conducta consumatoria y que se encontrarían bajo el control de asociaciones de tipo pavloviano más que contingentes. De esta manera un déficit en la respuesta de alertamiento o aproximación a un estímulo predictor de la aparición de un reforzador podría también generar como consecuencia un déficit en una tarea de condicionamiento instrumental.

Al lesionar el núcleo accumbens (NAcc) en ratas, detectaron un deterioro generalizado en la frecuencia de la respuesta instrumental pero no asociado a una insensibilidad a la contingencia o al valor incentivo, pues los sujetos eran capaces de realizar tales discriminaciones, sino a una serie de conductas de aproximación indiscriminadas. Este deterioro en la frecuencia de la respuesta instrumental, entonces, no aparecería en primera instancia ni como una insensibilidad a la degradación de la contingencia así como tampoco a la devaluación de una recompensa sino que su expresión sería secundaria, por ejemplo, a la aproximación al lugar de reforzamiento de manera indiscriminada en los sujetos lesionados, independientemente del número de horas que hubiesen sido privados (se esperaría, como sucede con los controles, que a mayor tiempo, mayor número de aproximaciones, pero no sucedió así), o del número de ensayos de entregas no contingentes. De este modo concluyeron que, a diferencia de la CPF, el NAcc no se encontraría directamente involucrado en la integración de la información de los procesos de mediación o aprendizajes, de los cuales depende el sistema de ejecución de una conducta orientada hacia una meta, sino que se hallaría más bien involucrado en cómo el alertamiento afectivo generado

por un estímulo es expresado en una conducta motora (Balleine y Killcross 1994).

Derivado de sus conexiones con estructuras típicamente relacionadas con el aprendizaje afectivo, como la amígdala (Amg), y de las fuertes inervaciones dopaminérgicas (DA) recibidas desde el área tegmental ventral (ATV), es que varios autores han sugerido que el NAcc funciona como una interfase límbico-motora, más que en el procesamiento afectivo de reforzadores (Mogenson y cols. 1980). Así, las señales DA desde el área tegmental ventral (ATV) serían críticas para las respuestas condicionadas preparatorias más que para las consumatorias (Balleine y Killcross 1994) y que serían las estructuras límbicas como la amígdala (Amg) las encargadas de mediar el significado afectivo de eventos ambientales (Balleine y Killcross 1994; Balleine y cols. 2003).

Sin embargo, Parkinson y cols. (1999), hallaron que específicamente el núcleo del NAcc parecería necesario, si no para mediar dicho significado, sí para mantener las asociaciones EC-EI (estímulo condicionado-estímulo incondicionado). Ante la lesión de dicha estructura en ratas que previamente habían aprendido a aproximarse para recibir agua (EI) luego de la presentación de una luz (EC), estas fueron incapaces de realizar una tarea instrumental utilizando el EC anterior como reforzador condicionado (RC).

A este respecto, Balleine y cols. (2003), en una serie de experimentos realizando lesiones en amígdala basolateral (ABL) en ratas, hallaron que estos sujetos eran incapaces de discriminar entre dos estímulos, uno asociado a una recompensa devaluada y otro asociado a una recompensa no devaluada. Ello constituye una evidencia más del tipo de procesamiento relacionado con la asignación de valor incentivo que realiza la Amg hacia un determinado estímulo (por ejemplo un EC) a partir del significado afectivo "transferido" desde una recompensa, de acuerdo a las propiedades hedónicas de esta. Pero además, resultó que también eran insensibles

a la degradación de la contingencia entre el reforzador y una respuesta instrumental. Sin embargo, esta última insensibilidad parecería más bien debida a la incapacidad de los animales lesionados para asociar el EC al valor incentivo o propiedades hedónicas de su recompensa asociada y por tanto a la incapacidad de generar las asociaciones EC-EI. Específicamente, la lesión en ABL provocaría un deterioro en la codificación de las características sensoriales de estímulos con alto valor incentivo que permitirían que esta estructura integrara dicho valor con la respuesta instrumental asociada.

Pero las conexiones entre la ABL y el núcleo del NAcc parecerían ser insuficientes, por su poca densidad, para dar cuenta de la integración necesaria y la capacidad neural asociativa requerida para coordinar ambos sistemas (el S-R y el de conductas dirigidas hacia una meta) (Pitkänen 2000). Una estructura que guarda densas conexiones con ambas y que podría funcionar como integrador y transmisor de la información desde la Amg hasta el NAcc, es la corteza orbitofrontal (COF). Esta región de la corteza ha sido relacionada con la integración de la cualidades sensoriales de los estímulos (Balleine y cols. 2003), quizá debido a la multimodalidad de sus neuronas (Rolls y Baylis 1994) y a la integración entre las características de un estímulo con el estado motivado de un organismo (Rolls y Treeves 2001). Lesiones en esta área deterioran la sensibilidad a la devaluación de un EI en preparaciones de tipo pavloviano en ratas (Gallagher y cols. 1999) y en conjunción con la lesión de Amg parecerían devaluar un reforzador aversivo en monos (Izquierdo y Murray, 2004). Las conexiones recíprocas entre la Amg y la COF proveen la posibilidad de constituir un circuito reverberante relacionado con la asignación de valor incentivo a un estímulo de acuerdo a las características sensoriales de este, tomando en consideración además, las propiedades hedónicas de una recompensa. En diversos estudios Rolls (Rolls y cols. 1999; Rolls y Treeves 2001) ha repor-

tado que existen neuronas de la COF del mono que responden no sólo a las características nutritivas del estímulo sino a la aparición del estímulo si y sólo si el sujeto no se encuentra saciado de ese alimento. Si el sujeto ha sido saciado, es decir, si el estímulo ha sido devaluado, la respuesta de estas neuronas decrece considerablemente (Rolls y cols. 1999). Más aún, reportan la existencia de neuronas que responden ante la confluencia de características de un estímulo desde distintas modalidades sensoriales. Esta codificación, según Schoenbaum y cols. (2003), dependería de la entrada de información desde Amg. En este experimento de registro unitario de neuronas de la COF, Schoenbaum y cols. (2003) mostraron cómo el número de neuronas que respondían ante la presentación de un olor, que funcionaba como señal predictora de la entrega de recompensa, (un EC), se redujo significativamente luego de la lesión en ABL. Sin embargo, las neuronas de la COF que respondían ante la presentación del estímulo oloroso no sólo no menguaron con la lesión en Amg sino que reclutaron un mayor número.

Para Rolls y Treeves (2001), esta asignación de valor incentivo por Amg y la COF ocurre en dos distintas fases del aprendizaje incentivo. La Amg sería una estructura que realizaría la asignación de valor incentivo en etapas más tempranas del procesamiento, desde estímulos reforzadores (EI) hacia estímulos neutros. Mientras que la COF, por otra parte, realizaría una reasignación o un cambio en la asignación de valor incentivo a partir de la información proveniente de la Amg. Esta hipótesis parece robustecerse a partir del estudio de la neurofisiología de las neuronas de Amg y COF realizado por Schoenbaum y cols. (1999). Estos investigadores hallaron que las neuronas de Amg alcanzan una selectividad en su disparo ante la presentación de un estímulo discriminativo y una preferencia por éste en fases cercanas al momento de alcanzar un criterio elevado de respuestas correctas, mientras que las neuronas de la COF no logran esta especificidad de

la respuesta sino hasta después de que el sujeto ha alcanzado el criterio elevado de respuestas correctas. Más aún, esta rapidez en la selectividad del disparo neuronal en ABL parece depender de las entradas de retroalimentación provenientes de la COF (Saddoris y cols., 2005). Así, la lesión de la COF no sólo hace disminuir la flexibilidad o rápida adaptación de las neuronas de Amg sino que disminuye también el número de neuronas que disparan ante el EC y disminuye dramáticamente el número de neuronas que invierten su disparo ante la inversión de la discriminación.

A partir de estos estudios puede deducirse que la COF desempeña un papel crítico en la modificación de una respuesta puesto que participa en el mantenimiento o la eliminación de una respuesta a través de su colaboración en el sostenimiento de la motivación incentiva de un organismo. Es decir, la COF se hallaría participando tanto en el procesamiento de aprendizaje incentivo, como en el control de las respuestas del sujeto por aprendizaje de contingencia, puesto que su actividad es sensible también al incremento de la relación de contingencia.

Método

SUJETOS

En este estudio se sometieron 36 ratas macho adultas de la cepa Wistar con una edad promedio de 80-100 días y un peso de 250-350 gr del bioterio del Instituto de Neurociencias, del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, de la Universidad de Guadalajara. Los sujetos fueron destetados a los 22 días de edad y se hospedaron en cajas de acrílico transparente bajo condiciones de ciclo invertido de luz-oscuridad (12 horas luz / 12 horas oscuridad), con una temperatura de 20-25 °C aproximadamente, con agua y comida ad-libitum.

Se utilizaron también ratas hembra de la misma cepa tratadas con benzoato de estradiol (0.5 µg) cada tercer día con el fin de mantenerlas receptivas al momento

de la interacción sexual requerida con un macho.

APARATO

Los registros experimentales fueron desarrollados en un laberinto "T" hecho de madera que constaba de un corredor principal de 52 cm de longitud, unido uno de sus extremos a un compartimiento inicial cerrado por una puerta manualmente removible (21 × 21 cm), y en el otro extremo, se ensamblaba a otro corredor que constituía los dos brazos laterales (45 cm c/brazo). La altura de las paredes del laberinto era de 10.5 cm. Al final de cada brazo se hallaban también dos compartimientos, del mismo tamaño que el inicial, que permanecían cerrados con puertas de madera removibles. Todo el interior del laberinto incluyendo las paredes de los compartimientos era de color café claro.

Procedimiento

PRUEBAS DE INTERACCIÓN SEXUAL.

Los machos fueron sometidos a pruebas de interacción sexual con hembras receptivas, y se consideraron sexualmente expertos cuando al menos en dos series copulatorias lograron eyacular antes de 15 minutos.

CIRUGÍA PARA FIJACIÓN DE CÁNULA

Los sujetos se sometieron a una cirugía para colocarles bilateralmente en la COF una cánula de acero inoxidable (calibre 23, 11 mm). Las ratas fueron anestesiadas mediante una inyección intraperitoneal de anestésico (pentobarbital sódico, 35 µg/kg) y después se colocaron en el estereotáxico para introducir las cánulas bilateralmente, según las coordenadas estereotáxicas (Ant.: ± 3.70 mm, Lat.: ± 2 mm, y Alt.: 3.5 mm. por debajo de la dura) (Paxinos y Watson 1997). De modo que las puntas de las cánulas quedaron 1 mm por arriba de la COF. Finalmente, las cánulas fueron fijadas al cráneo con acrílico dental.

Posterior a la cirugía, cada rata macho permaneció hospedada en el bioterio en cajas de acrílico transparente y de for-

ma independiente. Después de un período de recuperación posquirúrgica de 5-7 días, cada rata fue sometida a una prueba de interacción sexual con el fin de determinar si la cirugía no afectó la ejecución sexual de la rata macho.

REGISTRO EXPERIMENTAL

Los sujetos fueron divididos al azar en tres grupos hasta completar 12 sujetos por grupo. Aquellos sujetos que fueron asignados al grupo control (SS) recibieron una microinyección bilateral de solución salina (0.5 µl) en la COF; en tanto que los asignados al grupo experimental (TTX1) recibieron una nanodosis de tetrodotoxina (2.5 ng/(0.5 µl sol. sal.)). Finalmente, los sujetos asignados al grupo TTX2 recibieron una dosis de tetrodotoxina mayor (5 ng/(0.5 µl sol. sal.)). La velocidad de la infusión fue de 0.5 µl/1 min. Las agujas se mantuvieron en ese lugar un minuto adicional para permitir la total difusión de la sustancia. Todas las microinyecciones se realizaron a través de las cánulas implantadas bilateralmente en la COF por medio de agujas (calibre 30, 14mm.) acopladas a una jeringa Hamilton de 10 µl.

Treinta minutos después, las ratas de los diferentes grupos fueron sometidas a dos sesiones de siete ensayos cada una. En los siete ensayos de la primera sesión se permitía que los sujetos aprendieran a resolver el laberinto "T" para obtener un refuerzo positivo (una monta o una intromisión con una hembra receptiva) y se designó a esta sesión como de aprendizaje discriminativo.

En la segunda sesión, o de aprendizaje de inversión, se determinaba la capacidad de las ratas para establecer el aprendizaje de inversión del incentivo al invertir el lugar donde estos obtendrían el refuerzo.

Resultados

Como aproximación cuantitativa a los niveles de motivación de la rata durante la tarea, se evaluaron las latencias de salida del compartimiento inicial y el tiempo de

recorrido del corredor principal del laberinto (en segundos) por cada una de las dos sesiones en cada grupo (figuras 1–4).

Para la condición de aprendizaje discriminativo, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos, al compararlos ensayo por ensayo, con una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (figura 1).

En lo que concierne a las latencias de salida, durante la condición de aprendizaje de inversión, solo se encontraron diferencias significativas entre los grupos, con la prueba Kruskal-Wallis (al compararlos ensayo por ensayo), en los ensayos cuatro ($H=9.72$, $p=0.0078$) y cinco ($H=11.07$, $p=0.004$). Los resultados de la aplicación de la prueba U de Mann Whitney mostraron que los sujetos del grupo TTX2 tuvieron una mayor latencia de salida respecto a los sujetos del grupo TTX1 en el ensayo cuatro ($U=23$, $p=0.0032$); y una mayor latencia de salida con respecto a ambos grupos en el ensayo cinco: entre SS y TTX2 ($U=32$, $p=0.0179$), y entre TTX1 y TTX2 ($U=22$, $p=0.003$) (figura 2).

Con respecto al tiempo de recorrido del corredor principal del laberinto, no se encontraron diferencias significativas en el tiempo (en segundos) que tardaron las

ratas de los tres grupos en recorrer el corredor principal durante la condición del aprendizaje discriminativo al compararlos ensayo por ensayo (figura 3).

En cuanto al tiempo de recorrido del corredor principal durante la condición de aprendizaje de inversión, con la prueba Kruskal-Wallis sólo se encontraron diferencias significativas en el tiempo en segundos que tardaron las ratas de los tres grupos en recorrer el corredor principal durante los ensayos tres ($H=7.98$, $p=0.0185$), cuatro ($H=10.35$, $p=0.0057$) y cinco ($H=9.62$, $p=0.0082$). De acuerdo a los resultados de la aplicación de la prueba U de Mann Whitney, estas ocurrieron entre TTX1 y TTX2 en el ensayo tres ($U=28$, $p=0.0011$); entre SS y TTX2 ($U=31$, $p=0.0124$) y TTX1 y TTX2 ($U=22$, $p=0.0026$), en el ensayo cuatro; y entre SS y TTX2 ($U=29$, $p=0.0109$) y TTX1 y TTX2 ($U=27$, $p=0.0077$, en el ensayo cinco (figura 4).

Discusión y conclusiones

Se encontró que la dosis más baja de TTX no tuvo efecto alguno en los parámetros registrados y que sólo la dosis alta de TTX provocó la inactivación deseada y específi-

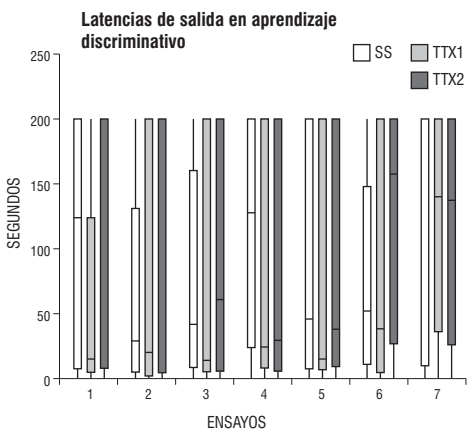


Figura 1. Mediana ± rangos intercuartiles de las latencias de salida durante el aprendizaje discriminativo de los sujetos ensayo por ensayo.

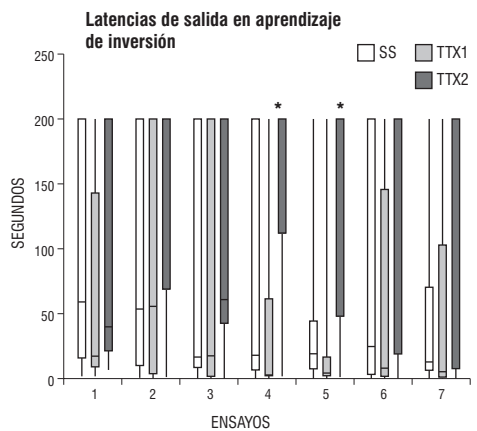


Figura 2. Mediana ± rangos intercuartiles de las latencias de salida durante el aprendizaje de inversión de los sujetos ensayo por ensayo.

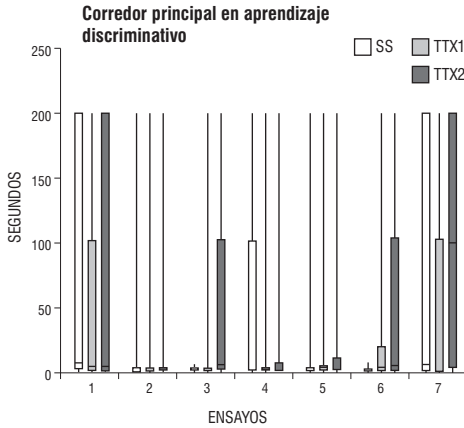


Figura 3. Mediana ± rangos intercuartiles del tiempo de recorrido del corredor principal durante el aprendizaje discriminativo, ensayo por ensayo.

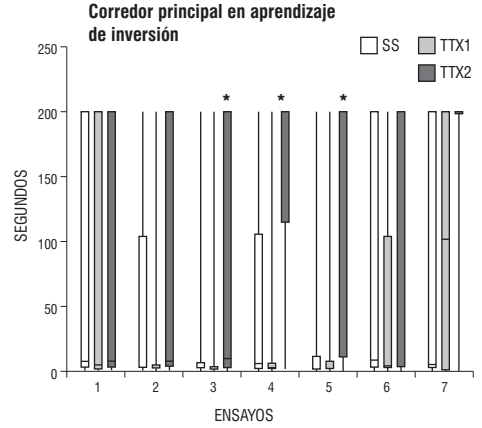


Figura 4. Mediana ± rangos intercuartiles del tiempo de recorrido del corredor principal durante el aprendizaje de inversión, ensayo por ensayo.

ca de la corteza orbitofrontal. Por otro lado, la inactivación de COF no provocó ningún efecto significativo en nuestros registros durante la sesión de aprendizaje discriminativo y se manifestó únicamente durante el aprendizaje de inversión, donde la latencia de salida presentó un incremento significativo, indicándonos un decremento considerable en el valor incentivo de los estímulos visuo-espaciales provenientes del laberinto y que orientaban la respuesta del sujeto hacia la obtención de su recompensa. Esta incapacidad para el mantenimiento de la motivación requerida parece ser crítica durante la fase media de la resolución de la tarea de inversión, es decir, no se manifiesta como una caída de la motivación desde el principio en el grupo con la COF inactiva, pero tampoco hacia el final de la tarea, en donde parece haber un descenso generalizado de la motivación en todos los sujetos de los tres grupos, probablemente debido a la consecución de las recompensas requeridas o un efecto de aproximación a la saciedad propio de las múltiples interacciones sexuales llevadas a cabo.

Este hallazgo de la incapacidad para mantener la motivación manifestado durante la fase de inversión coincide con los

hallazgos de Schoenbaum y cols. (1999), puesto que la adquisición de las primeras respuestas de aproximación y orientación parecen ser más dependientes de estructuras límbicas como la ABL (en este caso, durante la fase de aprendizaje discriminativo), en tanto que la actividad de la COF se halla mejor correlacionada con la mejora de la tarea y la consolidación de una respuesta o su paso al control del sistema S-R (Dickinson y Balleine 1994). Estos resultados son también consecuentes con la propuesta de Rolls y Treeves (2001) puesto que durante la fase de aprendizaje discriminativo, los estímulos visuales internos y externos al laberinto son neutros y sólo después de ejecutar las respuestas de aproximación y de lograr la instrumentación de una respuesta y la obtención de una recompensa contingente, adquieren un valor incentivo importante y este proceso parecería mediado por la Amg, más que por la COF.

De acuerdo a nuestra hipótesis, esta afectación en los parámetros registrados en los sujetos con la COF inactivada, es resultado de la ausencia de actividad de esta estructura y por tanto una incapacidad para mantener los niveles de motivación

adecuados para la resolución de la tarea. Así, como condición para resolver exitosamente esta tarea era necesario que durante el aprendizaje de inversión, los sujetos fueran capaces de actualizar el valor incentivo de los estímulos discriminativos (Saddoris y cols. 2005), pero este procesamiento no ocurrió debido al papel crítico que debería desarrollar una COF intacta (Rolls y Treeves 2001). Esta incapacidad para mantener el nivel motivacional adecuado impidió que la respuesta se consolidara suficientemente y pudiera ser ejecutada por las estructuras encargadas de la codificación del sistema S-R como proponen Balleine y Dickinson (1998). Así, estos datos apoyan la hipótesis del importante papel que juega la COF en el control de las respuestas conductuales a través del procesamiento de la motivación incentiva.

Literatura citada

- Dickinson, A. y B. Balleine.** 1994. Motivational control of goal-directed action. *Animal learning and behavior* **22**(1): 1–18.
- Balleine, B. y A. Dickinson.** 1998. Goal-directed instrumental action: contingency and incentive learning and their cortical substrates. *Neuropharmacology* **37**: 407–419.
- Balleine, B. y S. Killcross.** 1994. Effects of ibotenic acid lesions of the nucleus accumbens on instrumental action. *Behavioural Brain Research* **65**: 181–193.
- Balleine, B., S. Killcross y A. Dickinson.** 2003. The effect of lesions of basolateral amygdala on instrumental conditioning. *The Journal of Neuroscience* **23**(2): 666–675.
- Gallagher, M., R. McMahan y G. Schoenbaum.** 1999. Orbitofrontal cortex and representation of incentive value in associative learning. *The Journal of Neuroscience* **19**(15): 6610–6614.
- Izquierdo, A. y E. Murria.** 2004. Combined unilateral lesions of the amygdala and orbital prefrontal cortex impair affective processing in rhesus monkeys. *Journal of Neurophysiology* **91**: 2023–2039.
- Mogenson, G.J., D.L. Jones y C.Y. Yim.** 1980. From motivation to action: functional interface between the limbic system and the motor system. *Progress in Neurobiology* **14**: 69–97.
- Parkinson, J., M. Olmstead, L. Burns, T. Robbins y B. Everitt.** 1999. Dissociation in effects of lesions of the nucleus accumbens core and shell on appetitive pavlovian approach behavior and the potentiation of conditioned reinforcement and locomotor activity by D-amphetamine. *The Journal of Neuroscience* **19**(6): 2401–2411.
- Pitkänen, A.** 2000. *Connectivity of the rat amygdaloid complex*. Aggleton, J. (Ed.) The amygdala. Oxford: Oxford University Press: pp. 31–115.
- Rolls, E. y L. Baylis.** 1994. Gustatory, olfactory, and visual convergence within the primate orbitofrontal cortex. *The Journal of Neuroscience* **14**(9): 5437–5452.
- Rolls, E., H. Critchley, A. Browning, I. Hernadi y L. Lenard.** 1999. Responses to the sensory properties of fat of neurons in the primate orbitofrontal cortex. *The Journal of Neuroscience* **19**(4): 1532–1540.
- Rolls, E. y A. Treeves.** 2001. *Neural Networks and Brain Function*. Oxford: Oxford University Press. Segunda reimpression.
- Saddoris, M., M. Gallagher y G. Schoenbaum.** 2005. Rapid associative encoding in basolateral amygdala depends on connections with orbitofrontal cortex. *Neuron* **46**: 321–331.
- Schoenbaum, G., A. Chiba y M. Gallagher.** 1999. Neural encoding in orbitofrontal cortex and basolateral amygdala during olfactory discrimination learning. *The Journal of Neuroscience* **19**(5): 1876–1884.
- Schoenbaum, G., B. Setlow, M. Saddoris y M. Gallagher.** 2003. Encoding predicted outcome and acquired value in orbitofrontal cortex during cue sampling depends upon input from basolateral amygdala. *Neuron* **39**: 855–867.

Efecto del doble cenit solar en la producción de maíz y frijol II. Componentes del rendimiento de grano

Raúl Pérez Pérez¹ y Salvador Miranda Colín²

¹Departamento de Botánica y Zoología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. Apartado Postal 1-139 Zapopan, Jalisco 45101.

²Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Carretera México-Texcoco, km 36.5, Montecillo, Texcoco, México, 56230.

Correo electrónico: raulpp@cucba.udg.mx, smiranda@colpos.colpos.mx

Resumen: Con el objeto de medir la eficiencia en el aprovechamiento de la luz solar en los cultivos de maíz y frijol solos y asociados, se evaluaron tres variedades de frijol Negro 150 (N-150), Flor de mayo (FM), Canario 107 (C-107) y las variedades de maíz colecta CP-86 5 # Mex. Grupo 10 raza Chalqueño (CH), criollo regional Nativitas raza Cónico (NAT), Zacatecas 58 (Zac-58), en tres fechas de siembra. Bajo la hipótesis que en condiciones no limitantes de agua y nutrientes la distribución eficiente de la luz por la cubierta incrementa el rendimiento de grano. En maíz se midieron las variables longitud de mazorca (cm), diámetro de mazorca (cm), diámetro de olote (cm), hileras de frutos por mazorca, frutos por mazorca, peso de cien frutos, área foliar (cm²), peso seco (g) y rendimiento de grano (kg/ha). En frijol las variables medidas fueron: vainas normales por planta, vainas vanas por planta, semillas normales por vaina, semillas abortivas por vaina, peso de cien semillas, área foliar (cm²), peso seco (g) y rendimiento de grano (kg/ha). De acuerdo a los resultados se deducen las siguientes conclusiones: 1) Los componentes del rendimiento que guardan correlación con el rendimiento de grano en maíz son: diámetro de mazorca, diámetro de olote, hileras de frutos por mazorca, frutos por mazorca y área foliar, 2) en frijol los caracteres que están correlacionados con el rendimiento de grano son: semillas por vaina, área foliar y peso seco, 3) la variedad Negro 150 incrementó el número de vainas por planta asociado con la variedad Zacatecas 58, 4) la variedad Flor de mayo redujo el área foliar en asociación con maíz debido a la competencia por luz, 5) la variedad Negro 150 incrementó su área foliar en asociación con maíz, 6) las variedades Negro 150 y Flor de mayo incrementaron el peso seco asociados con la variedad Zacatecas 58, 7) la variedad Canario 107 tuvo mayor peso seco en monocultivo, 8) la variedad Zacatecas 58 redujo el peso de 100 frutos en asociación con frijol 9) en la siembra de abril hubo un incremento en algunos caracteres en las variedades de maíz como: longitud de mazorca, diámetro de mazorca, frutos por mazorca, peso de cien frutos, peso seco y área foliar, debido a una mayor intensidad luminosa; en frijol los caracteres que aumentaron por éste efecto son: peso de cien semillas y área foliar y 10) se acepta la hipótesis que a mayor intensidad luminosa existe un incremento en algunos caracteres de maíz y frijol y en el rendimiento de grano.

Palabras clave: Radiación solar, agroastronomía, cultivos múltiples, componentes del rendimiento.

Abstract: With the purpose of measuring the effects of sunlight on bean and maize crops in monoculture and in association, the following bean cultivars were evaluated: Negro 150 (N-150), Flor de mayo (FM) and Canario 107 (C-107). An evaluation was also made of three maize cultivars: CP-86 5 # Méx. Group 10 Chalqueño landrace (CH), regional indigenous cultivar Nativitas (NAT) Conico landrace and Zacatecas 58 (Zac-58), on three sowing dates. The hypothesis to be tested was that in conditions not limited by water and nutrients, efficient light distribution by the vegetal dosel increases grain yield. In

maize, the parameters measured were: ear length, ear diameter, rachis diameters, rows of kernels per ear, kernels per ear, the weight of one hundred kernels, the leaf area, the dry weight and the grain yield. The parameters used in bean were: pods per plant, vain pods per plant, normal seeds per pod, abortive seeds per pod, the weight of one hundred seeds, the leaf area, the dry weight, and the grain yield. From the results, the following conclusions can be deduced: 1) The components correlated with the grain yield in maize were: ear diameter, rachis diameter, rows of kernels per ear, kernels per ear and leaf area, 2) In bean, the parameters correlated with grain yield were: seeds per pod, leaf area and dry weight, 3) The bean cultivar Negro 150 increased the number of pods per plant associated with maize cultivar Zacatecas-58, 4) The cultivar Flor de mayo reduced the leaf area associated with maize due to the effects of light, 5) The cultivar Negro 150 increased its leaf area in association with maize, 6) The cultivars Negro 150 and Flor de mayo increased their dry weight in association with Zacatecas 58, 7) The cultivar Canario 107 increased its dry weight in monoculture, 8) The cultivar Zacatecas 58 decreased the weight of one hundred kernels associated with bean, 9) In the April sowing, there was improvement in some of the parameters in maize cultivars, such as ear length, ear diameters, kernels per ear, the weight of one hundred kernels, the dry weight, and the leaf area in response to greater solar radiation. As for the bean, the parameters that resulted in improvement by means of the same effect are: the weight of one hundred seeds and the leaf area, and 10) The hypothesis that increased solar radiation yields improvement in some characteristics of maize and bean and in grain yield can be accepted.

Key words: Solar radiation, agroastronomy, multiple cropping, yield components.

Introducción

Cuando la disponibilidad de agua y nutrientes en el suelo no son limitantes, el factor que limita la producción de cultivos es la intensidad, duración y calidad de la luz, así como su distribución eficiente en la cubierta vegetal (Monteith 1981). La energía absorbida por la cubierta, depende del tamaño y disposición del área foliar. El uso de arreglos topológicos, densidades de siembra, asociación de cultivos y genotipos con eficiente distribución de la luz en la cubierta, puede mejorar la eficiencia en la intercepción de la luz por el cultivo e incrementar la producción. El índice de área foliar crítico se alcanza cuando la cubierta intercepta 95% de la radiación fotosintética y en el cual se tiene la máxima tasa de crecimiento (Verhagen et al. 1963; Stern y Donald 1971; Williams et al. 1965). En la asociación maíz-frijol la planta de maíz con asimilación de dióxido de carbono C_4 y con diferente ritmo de crecimiento le sirve de soporte al frijol que es un cultivo C_3 ,

esto permite un uso eficiente y una mayor intercepción de la luz a diferentes niveles de la cubierta principalmente en etapas tempranas del desarrollo, lo que se traduce en una mayor acumulación de materia seca y un incremento en el rendimiento de grano (López 1978; Loaiza 1986; Gardiner y Craker 1981).

El sol en su avance hacia el Trópico de Cáncer pasa una vez por el cenit en la primavera y otra vez en el verano en su regreso hacia el Ecuador. En el periodo comprendido entre los dos pasos por el cenit, el sol culmina al norte del cenit, el resto del año culmina al sur del cenit. El doble cenit solar se traduce en un incremento en la temperatura y en la calidad, intensidad y duración de la luz, cuando estos factores coinciden con humedad adecuada del suelo y en determinadas etapas del desarrollo de las plantas es posible observar un mayor crecimiento de los cultivos y un incremento en la producción de grano.

De acuerdo con estos antecedentes y con el fin de buscar una mayor eficiencia en la interceptación de la luz, se estableció éste trabajo bajo la hipótesis que en condiciones no limitantes de agua y nutrientes, la absorción eficiente de la luz por la cubierta incrementa el rendimiento de grano de maíz y frijol, bajo el efecto del doble cenit solar.

El rendimiento de grano de un cultivo está determinado por diferentes caracteres agronómicos. En muchas leguminosas de grano el rendimiento por planta puede considerarse como el producto de tres componentes principales: número de vainas por planta, número de semillas por vaina y el peso medio de la semilla (Pinchinat et al. 1976). Los caracteres que guardan mayor relación con el rendimiento de grano de frijol son: peso de cien semillas, longitud de vaina, días a floración, área foliar, peso total por planta, longitud de guía y altura de planta (Escalante y Kohashi 1993). Se sabe que los componentes del rendimiento en frijol de guía alcanzan su máxima expresión cuando éste se cultiva asociado con maíz, en cambio las variedades arbustivas lo obtienen cuando se siembran en monocultivo (Ramírez 1981; Salinas 1982). Los caracteres en frijol que son modificados en la asociación con maíz son el número de vainas y semillas por planta, tamaño de la semilla y peso de cien semillas (Francis et al. 1978; Guzmán 1980; Gardiner y Craker 1981). En la variedad Canario 107 arbustiva los componentes del rendimiento que son afectados en la asociación con maíz son: número de semillas, vainas e inflorescencias por planta (Ramírez 1981) y el peso de cien semillas (Guzmán 1980). Lépiz (1978) encontró que el número de vainas por planta en frijol fue mayor en monocultivo que en la asociación con maíz, en cambio, el número de semillas por vaina mostró un comportamiento inverso. Fisher (1977) encontró que una reducción en el número de vainas por planta de frijol en asociación con maíz redujo el rendimiento en 31%. En el caso del maíz los componentes del rendimiento que fueron modificados en

la asociación con frijol son: longitud de mazorca y número de frutos por mazorca y por planta. Los caracteres que son poco modificados en la asociación fueron: madurez fisiológica, índice de proliferación y altura de planta (Guzmán 1981). Acosta (1986) observó reducciones en el número de frutos por hilera, frutos por mazorca y longitud de mazorca en maíz asociado respecto a monocultivo.

Materiales y métodos

Esta investigación se condujo en condiciones de campo en el Colegio de Postgraduados, en Montecillo, Texcoco, México. Se establecieron tres fechas de siembra los días 13 de abril, 12 de mayo y 13 de junio de 1995, que corresponden a la fecha de siembra 1, 2 y 3 en el mismo orden. Se usó la fórmula de fertilización 120-60-00 (N-P-K), al aplicar 80-60-00 en la siembra y 40-00-00 en la segunda labor de cultivo. El experimento se mantuvo libre de malas hierbas mediante escardas con cultivadora y deshierbes manuales, así como de plagas del frijol “mosquita blanca” (*Trialeurodes vaporariorum* West.) y “conchuela” (*Epilachna varivestis* Muls.), mediante aplicaciones de Metasystox y Sevin 80 en cada caso. El suelo donde se desarrolló el trabajo se mantuvo en buenas condiciones de humedad, mediante riegos de auxilio antes del inicio del temporal y después cuando fue necesario.

El material genético fueron las variedades del frijol Canario 107 (C-107) arbustivo, determinado tipo I y precoz; Flor de mayo (FM) indeterminado, postrado tipo III a y precocidad media; Negro 150 (N-150) indeterminado, postrado tipo IIIb y tardía; y las variedades de maíz colecta Zacatecas 58 (Zac-58) precoz y porte bajo; criollo regional de Nativitas (NAT) de la raza Cónico, de precocidad y altura media y colecta CP-86 5 # Méx. Grupo 10 de la raza Chalqueño (CH), tardía y porte alto.

Con la combinación de los tres genotipos de maíz y las tres variedades de frijol, más las siembras en monocultivo de

los genotipos de maíz y frijol, se generaron los tratamientos especificados en el cuadro 1. La densidad de población en frijol fue 62,500 plantas/ha, tanto en asociación como en monocultivo por lo que se aclaró a una planta cada 20 cm. La densidad de población de maíz en monocultivo fue de 64,500 plantas/ha y en asociación de 30,000 plantas/ha. En asociación se aclaró a dos plantas de maíz por mata a una distancia de 80 cm y en monocultivo a tres plantas por mata cada 60 cm. Se utilizó un arreglo factorial de tratamientos en parcelas divididas en bloques al azar con cuatro repeticiones, la parcela principal correspondió a las fechas de siembra y la subparcela a los tratamientos. La parcela experimental constó de cuatro surcos de 80 cm de separación y 8.0 m de longitud. La parcela útil fueron los dos surcos centrales, con una superficie de 8.32 m². El análisis estadístico se hizo mediante análisis de varianza, para la comparación de medias se usó la prueba de Tukey al 0.05. Se hicieron análisis de varianza individual

y comparación de medias para cada fecha de siembra. Se realizaron análisis de correlación de los componentes de rendimiento de maíz y de frijol con el rendimiento de grano.

Las variables de maíz medidas fueron: longitud de mazorca (cm), diámetro de mazorca (cm), diámetro de olote (cm), hileras de frutos por mazorca, frutos por mazorca, peso de cien frutos, área foliar por planta (cm²) a los 46, 60 y 83 días de la siembra, peso seco por planta (g) a los 46, 64 y 86 días de la siembra y rendimiento de grano. En frijol los caracteres medidos fueron: vainas normales por planta, vainas vanas por planta, semillas normales por vaina, semillas abortivas por vaina, peso de cien semillas, área foliar por planta (cm²) a los 47, 60 y 75 días de la siembra y peso seco por planta (g) a los 47 y 62 días de la siembra y rendimiento de grano (kg/ha).

Resultados y discusión

LONGITUD DE MAZORCA

En el cuadro 2 y figura 1 se muestra la comparación de medias de las variedades en asociación y monocultivo, en tres fechas de siembra. Hubo diferencias significativas entre variedades ($\alpha=0.05$), la variedad Chalqueño de ciclo tardío y porte alto presenta una mayor longitud de mazorca y Zacatecas 58 precoz y de bajo porte lo valores mas bajos. No existen diferencias significativas entre sistemas de siembra, es decir no hubo efecto de competencia del frijol hacia el maíz en la asociación en ésta variable, asimismo no se aprecia interacción con las tres variedades de frijol, lo que indica que no existe efecto diferencial del tipo de cultivar de frijol en el sistema de siembra en asociación en el tamaño de la mazorca en ninguna variedad de maíz, lo cual no coincide con lo reportado por Guzmán (1981) y Acosta (1986). Respecto al factor fechas de siembra se tienen diferencias significativas, en la tercera fecha se observan valores menores respecto a las dos primeras fechas de siembra en las tres variedades, debido a una menor inten-

Cuadro 1. Lista de tratamientos.

| Número de tratamiento | Tratamiento | |
|-----------------------|--------------|----------------|
| | Maíz | Frijol |
| 1 | Chalqueño | + Negro 150 |
| 2 | Chalqueño | + Flor de mayo |
| 3 | Chalqueño | + Canario 107 |
| 4 | Nativitas | + Negro 150 |
| 5 | Nativitas | + Flor de mayo |
| 6 | Nativitas | + Canario 107 |
| 7 | Zacatecas 58 | + Negro 150 |
| 8 | Zacatecas 58 | + Flor de mayo |
| 9 | Zacatecas 58 | + Canario 107 |
| 10 | Chalqueño | |
| 11 | Nativitas | |
| 12 | Zacatecas 58 | |
| 13 | | Negro 150 |
| 14 | | Flor de mayo |
| 15 | | Canario 107 |

Cuadro 2. Longitud de mazorca (cm) de las variedades de maíz en unicultivo y asociadas, en tres fechas de siembra.

| NUM. DE TRAT. | TRATAMIENTO | FECHA DE SIEMBRA | | | PROMEDIO |
|----------------------------|--------------|------------------|-----------|-----------|----------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | CH+N-150 | 16.00 a b c | 14.50 b | ..... | 15.26 a |
| 2 | CH+FM | 17.00 a | 14.50 b | ..... | 15.38 a |
| 3 | CH+C-107 | 17.00 a | 15.00 a b | ..... | 15.73 a |
| 4 | NAT+N-150 | 14.25 c | 14.25 b | 11.75 a | 13.36 b |
| 5 | NAT+FM | 14.50 b c | 15.50 a | 11.25 a b | 13.60 b |
| 6 | NAT+C-107 | 14.25 c | 15.00 a b | 11.00 a b | 13.58 b |
| 7 | ZAC-58+N-150 | 10.25 d | 10.25 c | 10.00 a b | 10.11 c |
| 8 | ZAC-58+FM | 11.75 d | 11.75 c | 9.25 b | 10.52 c |
| 9 | ZAC-58+C-107 | 11.25 d | 11.75 c | 10.75 a b | 11.11 c |
| 10 | CH | 16.75 a b | 15.50 a | ..... | 15.54 a |
| 11 | NAT | 15.00 a b c | 14.50 b | 10.75 a b | 13.72 b |
| 12 | ZAC-58 | 11.50 d | 14.25 b | 10.50 a b | 11.29 c |
| PROMEDIO | | 13.82 a | 13.68 a | 10.60 b | |
| C. V. (%) | | 7.48 | 5.72 | 9.79 | 6.55 |
| DMSH_{0.05} | | 2.37 | 1.78 | 2.38 | 1.26 |

sidad luminosa recibida durante el periodo de cultivo y a heladas tempranas, en éste último caso sólo afectó a las variedades tardías, como se mostró en Pérez et al. (2002).

DIÁMETRO DE MAZORCA

La comparación de medias de las variedades de maíz en asociación y monocultivo, en tres fechas de siembra, se muestra en el cuadro 3 y figura 2, donde se aprecian diferencias significativas entre variedades y fechas de siembra. Las variedades Chalqueño y Nativitas de ciclo tardío y porte alto presentan valores similares y superiores a la variedad Zacatecas 58 de ciclo corto y bajo porte. En la tercera fecha de siembra se tuvieron promedios estadísticamente menores con relación a las dos primeras fechas en las tres variedades, debido a una menor intensidad luminosa en esta fecha de siembra y a daño por heladas. No existen diferencias significativas entre métodos de siembra, de igual manera, no

hubo interacción en esta variable con el tipo de planta de frijol en la asociación en las tres variedades de maíz, es decir, es indistinto utilizar cualquier tipo de planta de frijol en la asociación con cualquiera de las variedades de maíz.

DIÁMETRO DE OLOTE

En el cuadro 4 y figura 3 se muestra la comparación de medias de las variedades de maíz en asociación y unicultivo, en tres fechas de siembra, donde se aprecian diferencias significativas entre genotipos; en la primera fecha de siembra la variedad Chalqueño muestra superioridad en esta variable con relación a las otras dos variedades, en la segunda fecha las variedades Chalqueño y Nativitas tienen similar diámetro de olate y mayor a Zacatecas 58. No hubo diferencias significativas entre fechas de siembra en el promedio de las variedades. No se tienen diferencias significativas entre sistemas de cultivo, asimismo no existe interacción de las variedades de fri-

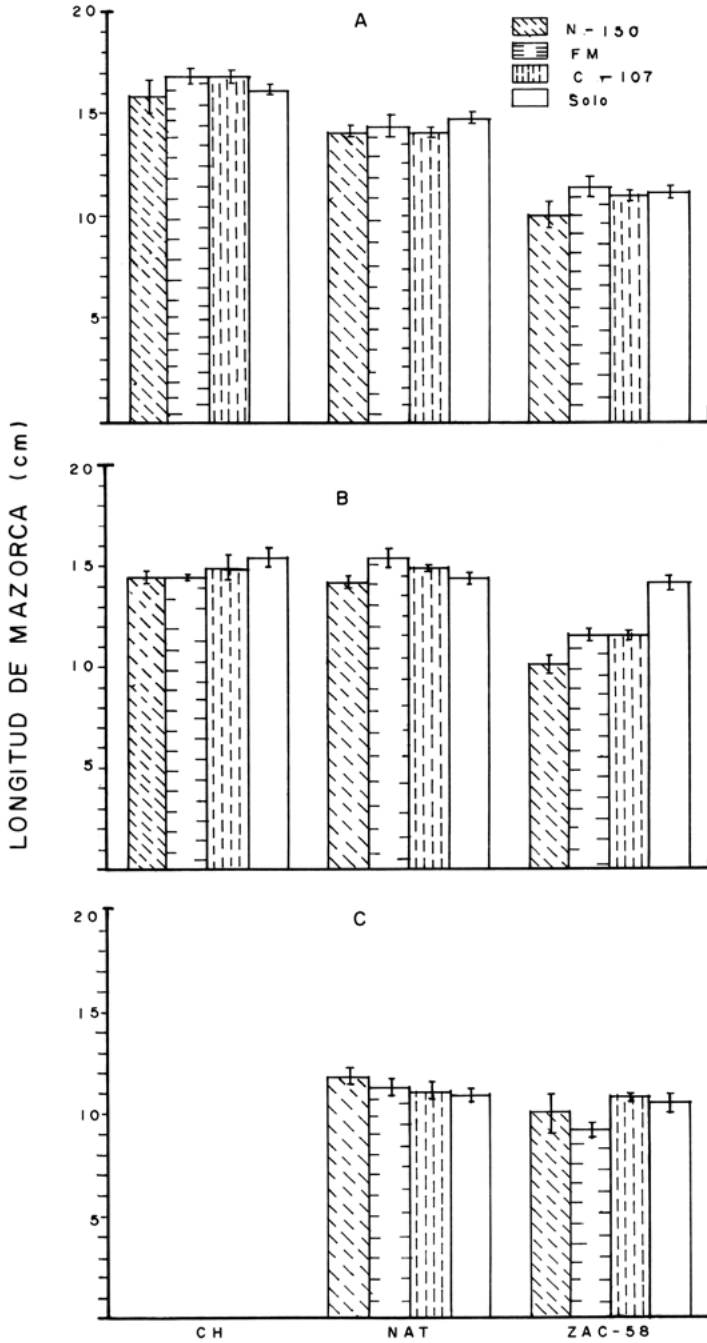


Figura 1. Longitud de mazorca (cm) de las variedades de maíz, en unicultivo y asociadas, en a) primera, b) segunda y c) tercera fecha de siembra.

Cuadro 3. Diámetro de mazorca (cm) de las variedades de maíz en unicultivo y asociadas, en tres fechas de siembra.

| NUM. DE TRAT. | TRATAMIENTO | FECHA DE SIEMBRA | | | PROMEDIO |
|----------------------------|--------------|------------------|------------|------------|----------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | CH+N-150 | 5.15 a | 4.80 c | ..... | 4.98 a b |
| 2 | CH+FM | 5.15 a | 4.90 a b c | ..... | 5.03 a |
| 3 | CH+C-107 | 5.33 a | 4.78 c | ..... | 5.05 a |
| 4 | NAT+N-150 | 5.03 a | 5.03 a b | 4.23 a | 4.76 a b |
| 5 | NAT+FM | 4.90 a | 4.98 a b c | 4.13 a b | 4.66 b |
| 6 | NAT+C-107 | 5.10 a | 5.10 a | 4.10 a b | 4.75 a b |
| 7 | ZAC-58+N-150 | 4.15 b | 3.93 e | 3.55 c | 3.88 c |
| 8 | ZAC-58+FM | 4.18 b | 4.05 d e | 3.58 c | 3.93 c |
| 9 | ZAC-58+C-107 | 4.13 b | 4.15 d e | 3.90 a b c | 3.91 c |
| 10 | CH | 5.13 a | 4.83 b c | ..... | 4.98 a b |
| 11 | NAT | 4.13 a | 4.90 a b c | 4.28 a | 4.79 a b |
| 12 | ZAC-58 | 4.18 b | 4.25 d | 3.78 c | 4.07 c |
| PROMEDIO | | 4.79 a | 4.64 a | 3.86 b | |
| C. V. (%) | | 4.83 | 2.21 | 4.41 | 5.12 |
| DMSH_{0.05} | | 0.52 | 0.23 | 0.39 | 0.34 |

jol con las variedades de maíz en la expresión de éste carácter.

SEMILLAS POR MAZORCA

En el cuadro 5 y figura 4 se presenta la comparación de medias de las variedades de maíz en asociación y unicultivo, en tres fechas de siembra. Hubo diferencias significativas entre variedades y fechas de siembra, la variedad Chalqueño de porte alto y tardía muestra el mayor número de semillas por mazorca, la variedad Nativitas de porte alto y ciclo intermedio valores intermedios y Zacatecas 58 de ciclo precoz y bajo porte los valores mas bajos, sólo en la tercera fecha de siembra no hubo diferencias entre las variedades Nativitas y Zac-58, debido a heladas tempranas, la variedad Chalqueño no logró producir grano. En la tercera fecha de siembra se tiene el valor mas bajo respecto a las primeras dos fechas de siembra, debido a una menor intensidad luminosa recibida durante el ciclo de cultivo. No hubo diferencias significati-

vas entre sistemas de siembra, no se aprecia interacción con las variedades de frijol en la asociación en la expresión de éste carácter en cualquiera de las variedades de maíz, lo cual no coincide con lo expuesto por Guzmán (1981) y Acosta (1986).

PESO DE 100 FRUTOS

La comparación de medias de las variedades de maíz en dos sistemas de cultivo y tres fechas de siembra, se muestra en el cuadro 6 y figura 5, donde se aprecian diferencias significativas entre variedades y fechas de siembra, la variedad Chalqueño presenta los mayores valores y Zacatecas 58 el menor peso promedio de la semilla. En la primera fecha de siembra se observa un incremento en el peso medio de frutos y en la tercera fecha los valores mas bajos debido a una mayor intensidad luminosa recibida durante el ciclo de cultivo. No se aprecian diferencias significativas entre sistemas de siembra, asimismo no hubo efecto diferencial del tipo de planta de

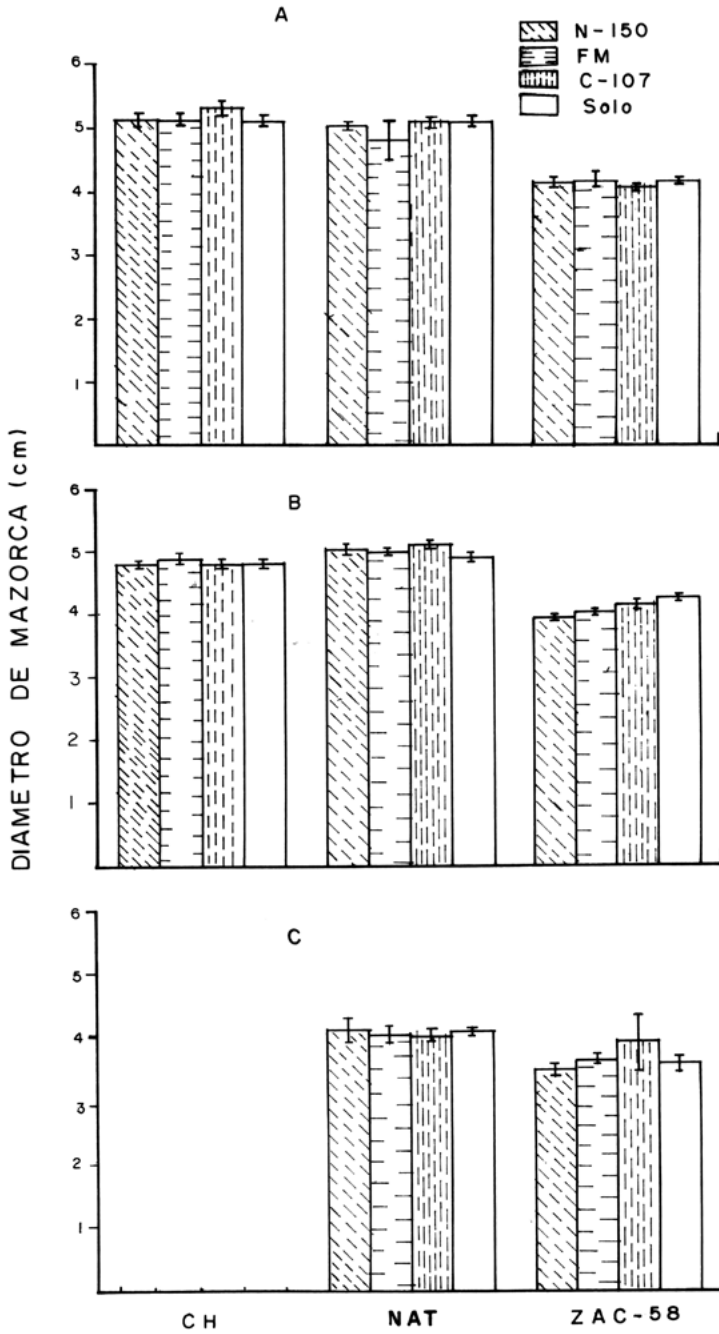


Figura 2. Diámetro de mazorca (cm) de las variedades de maíz, en unicultivo y asociadas, en a) primera, b) segunda y c) tercera fecha de siembra

Cuadro 4. Diámetro de olote (cm) de las variedades de maíz en unicultivo y asociadas, en tres fechas de siembra.

| NUM. DE TRAT. | TRATAMIENTO | FECHA DE SIEMBRA | | | PROMEDIO |
|----------------------------|--------------|------------------|------------|----------|----------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | CH+N-150 | 2.55 b | 2.50 a | ..... | 2.53 a |
| 2 | CH+FM | 2.50 b c | 2.50 a | ..... | 2.50 a |
| 3 | CH+C-107 | 2.53 b | 2.38 a b | ..... | 2.54 a |
| 4 | NAT+N-150 | 2.10 d | 2.20 a b c | 2.13 a | 2.14 a |
| 5 | NAT+FM | 2.20 c d | 2.08 b c | 2.03 a b | 2.10 a |
| 6 | NAT+C-107 | 2.10 d | 2.30 a b | 2.03 a b | 2.14 a |
| 7 | ZAC-58+N-150 | 2.08 d | 2.08 b c | 1.78 c | 2.23 a |
| 8 | ZAC-58+FM | 3.58 a | 1.93 c | 1.88 b c | 1.96 a |
| 9 | ZAC-58+C-107 | 2.01 d | 2.08 b c | 2.05 a b | 2.98 a |
| 10 | CH | 2.58 b | 2.48 a | ..... | 2.11 a |
| 11 | NAT | 2.08 d | 2.20 a b c | 2.05 a b | 2.53 a |
| 12 | ZAC-58 | 2.00 d | 2.08 b c | 1.88 b c | 1.98 a |
| PROMEDIO | | 2.31 a | 2.23 a | 2.33 a | |
| C. V. (%) | | 6.05 | 6.05 | 4.02 | 44.17 |
| DMSH_{0.05} | | 0.31 | 0.31 | 0.21 | 1.50 |

frijol en la asociación en el peso promedio del fruto en ninguna de las variedades de maíz, sólo en la segunda fecha de siembra en la variedad Zacatecas 58 fue mayor en monocultivo con relación a la asociación.

VAINAS NORMALES POR PLANTA

En el cuadro 7 y figura 6 se muestra la comparación de medias de las variedades de frijol, en los dos sistemas de siembra y entre fechas de siembra. Se tienen diferencias significativas entre variedades y sistemas de cultivo ($\alpha=0.05$), la variedad Negro 150 de hábito indeterminado postrado tipo IIIb asociado con la variedad de maíz Zacatecas 58 de bajo porte, tuvo en promedio los valores mas altos y Flor de mayo postrado tipo IIIa asociado con Zacatecas 58 y en monocultivo, debido a una mayor penetración de la luz en la cubierta; la variedad Canario 107 arbustiva, determinado tipo I, presenta menor número de vainas por planta respecto a las otras dos variedades y los máximos valores los obtuvo en

monocultivo, debido a la competencia por luz de las variedades de maíz, lo cual coincide con lo expuesto por Guzmán (1980), Francis et al. (1978) y Gardiner y Craker (1981). La variedad Negro 150 obtuvo valores bajos en monocultivo debido a que está más adaptada para su cultivo en asociación. No hubo diferencias significativas en ésta variable entre fechas de siembra, lo que muestra que no obstante que en la primera fecha de siembra el cultivo recibe mayor intensidad luminosa respecto a las otras dos fechas, no existe incremento en esta variable, debido tal vez a un menor requerimiento de luz en esta especie

VAINAS VANAS POR PLANTA

La comparación de medias de las variedades de frijol asociadas y en monocultivo, en tres fechas de siembra, se muestra en el cuadro 8 y figura 7, donde se observan diferencias significativas entre variedades, el menor número de vainas vanas por planta en promedio corresponde a la variedad

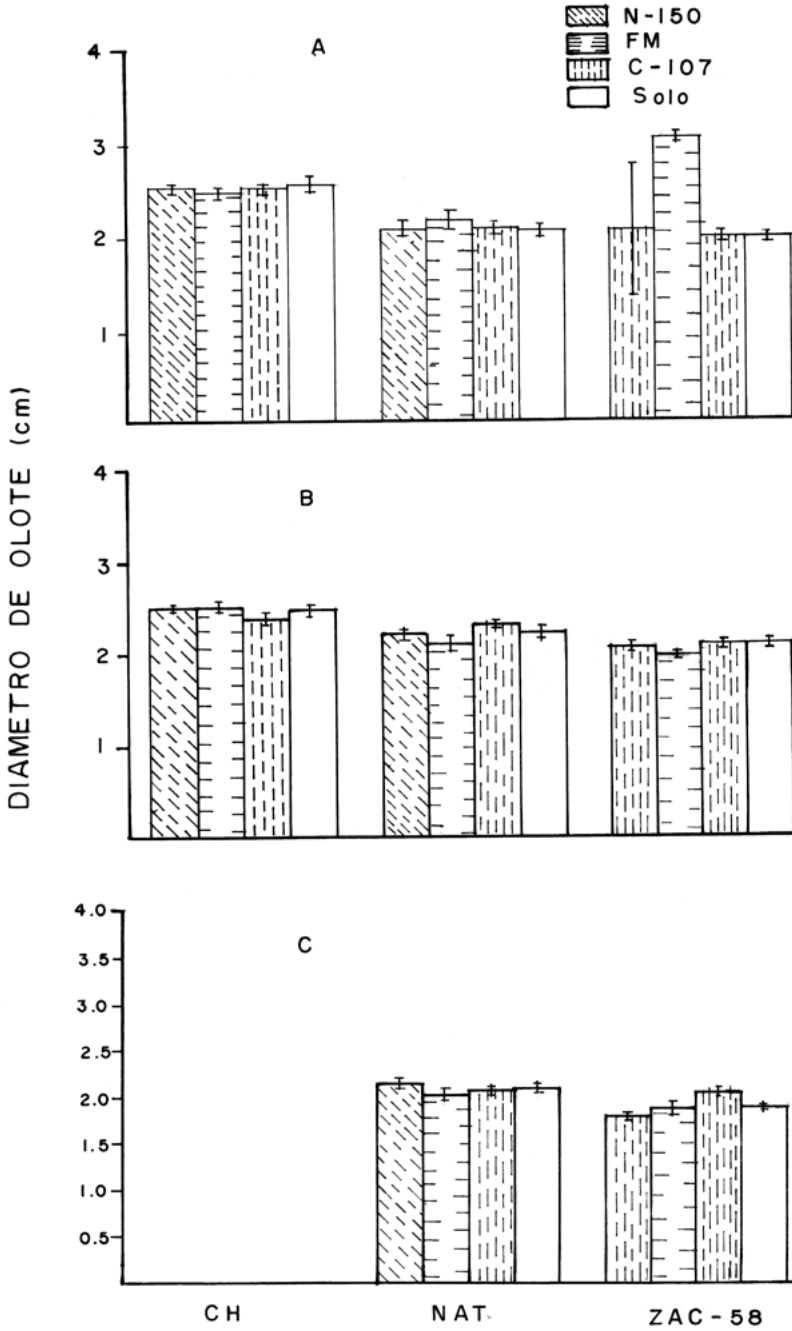


Figura 3. Diámetro de olote (cm) de las variedades de maíz, en unicultivo y asociadas, en a) primera, b) segunda y c) tercera fecha de siembra.

Cuadro 5. Semillas por mazorca de las variedades de maíz en unicultivo y asociadas en tres fechas de siembra.

| NUM. DE TRAT. | TRATAMIENTO | FECHA DE SIEMBRA | | | PROMEDIO |
|----------------------------|--------------|------------------|---------|-------|----------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | CH+N-150 | 527 a b | 521ab | ..... | 524 a |
| 2 | CH+FM | 553 a | 514abc | ..... | 540 a |
| 3 | CH+C-107 | 543 a | 501abc | ..... | 522 a |
| 4 | NAT+N-150 | 418 c | 453 bc | 316 a | 395 b |
| 5 | NAT+FM | 404 c | 451 bcd | 349 a | 401 b |
| 6 | NAT+C-107 | 427 b c | 440 cd | 328 a | 398 b |
| 7 | ZAC-58+N-150 | 283 e | 283 f | 275 a | 280 d |
| 8 | ZAC-58+FM | 280 e | 327 e f | 285 a | 297 d |
| 9 | ZAC-58+C-107 | 290 d e | 321 e f | 308 a | 285 d |
| 10 | CH | 527 a b | 545a | ..... | 535 a |
| 11 | NAT | 388 c d | 442 cd | 357 a | 392 b c |
| 12 | ZAC-58 | 297 d e | 375 de | 301 a | 324 c d |
| PROMEDIO | | 412 a | 431a | 303 b | |
| C. V. (%) | | 11.23 | 7.77 | 14.79 | 12.13 |
| DMSH_{0.05} | | 104 | 76 | 105 | 71 |

Flor de mayo en asociación debido a una eficiente distribución de la luz en la cubierta y los mayores valores promedio para Canario 107 arbustiva asociado y en monocultivo y para Negro 150 y Flor de mayo de hábito indeterminado en monocultivo, debido a que las variedades de guía están mas adaptadas para su cultivo en asociación como fue reportado por Ramírez (1981) y Salinas (1982), lo que indica diferencias entre sistemas de siembra en las variedades de guía. Hubo diferencias significativas entre fechas de siembra, en la primera fecha se tiene el mayor número de vainas vanas promedio por planta y en la tercera fecha los menores valores, debido posiblemente a una mayor competencia por la luz solar en la primera fecha a causa de un mayor crecimiento de las variedades. No se aprecia interacción entre el tipo de planta de maíz en la asociación con las variedades de frijol.

SEMILLAS POR VAINA

En el cuadro 9 y figura 8 se tiene la comparación de medias de las variedades de frijol asociadas y en monocultivo, en tres fechas de siembra. Se observan diferencias significativas entre variedades; en general en la primera y tercera fecha de siembra la variedad Negro 150 y Flor de mayo presentan los mayores valores y la variedad Canario 107 el menor número de semillas por vaina, en la segunda fecha no se tienen diferencias significativas entre variedades. No hubo efecto de competencia de las variedades de maíz en la asociación en este carácter, a su vez, no se aprecia interacción de los genotipos de maíz en la asociación con las variedades de frijol en el número de semillas por vaina.

SEMILLAS ABORTIVAS POR VAINA

El comportamiento de esta variable se presenta en el cuadro 10 y figura 9, donde se observan diferencias significativas entre variedades y fechas de siembra, en la terce-

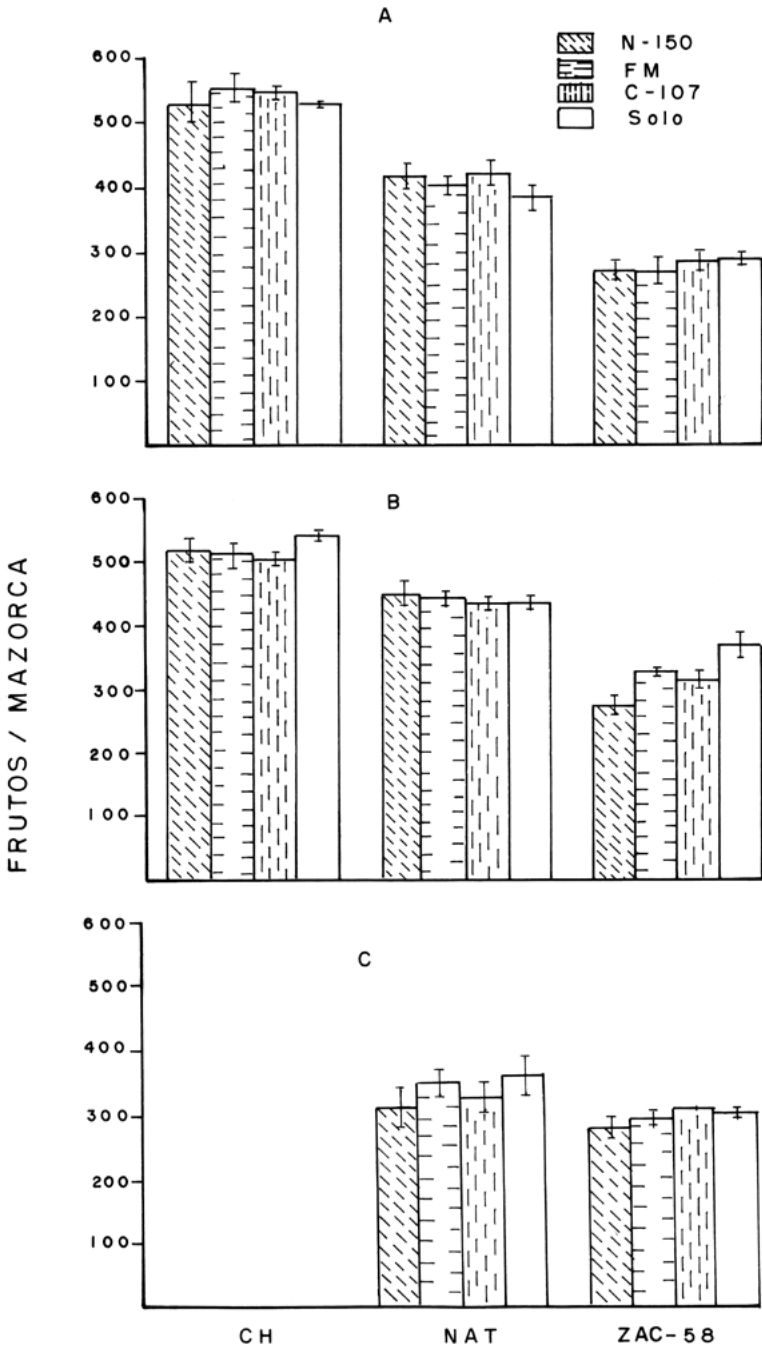


Figura 4. Frutos por mazorca de las variedades de maíz, en unicultivo y asociadas, en a) primera, b) segunda y c) tercera fecha de siembra.

Cuadro 6. Peso de 100 semillas (g) de las variedades de maíz en unicultivo y asociadas, en tres fechas de siembra.

| NUM. DE TRAT. | TRATAMIENTO | FECHA DE SIEMBRA | | | PROMEDIO |
|----------------------------|--------------|------------------|----------|------------|--------------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | CH+N-150 | 39.0 a b | 27.5 b c | ..... | 33.8 a b c |
| 2 | CH+FM | 39.3 a b | 38.5a | ..... | 33.0 a b c d |
| 3 | CH+C-107 | 43.0 a | 38.3a | ..... | 35.2 a b |
| 4 | NAT+N-150 | 32.3 c d | 39.8a | 23.8 a b | 29.6 d |
| 5 | NAT+FM | 30.0 b c d | 26.5 b c | 21.8 a b c | 30.3 c d |
| 6 | NAT+C-107 | 34.0 b c | 28.8 b | 23.3 a b c | 31.1 c d |
| 7 | ZAC-58+N-150 | 25.0 e | 28.0 b | 18.8 b c | 22.3 e |
| 8 | ZAC-58+FM | 27.0 d e | 22.5 c | 17.8 c | 23.7 e |
| 9 | ZAC-58+C-107 | 27.3 d e | 26.5 b c | 20.5 a b c | 25.1 e |
| 10 | CH | 43.8 a | 28.5 b | ..... | 36.0 a |
| 11 | NAT | 34.8 b c | 37.3a | 25.3 a | 31.2 b c d |
| 12 | ZAC-58 | 28.3 c d e | 28.0 b | 20.5 a b c | 25.2 e |
| PROMEDIO | | 33.7 a | 30.6 b | 21.3 c | |
| C. V. (%) | | 8.65 | 7.97 | 11.73 | 9.19 |
| DMSH_{0,05} | | 6.61 | 5.55 | 5.81 | 4.06 |

ra fecha de siembra se tiene menor número de semillas abortivas para las variedades Negro 150 y Flor de mayo, debido tal vez a la poca penetración de la luz en la cubierta en las dos primeras fechas de siembra tanto en asociación como en monocultivo, ya que hubo un mayor crecimiento de las variedades. El menor número de semillas abortivas se observa en la variedad Negro 150 en las dos últimas fechas de siembra tanto en asociación como en monocultivo y los valores mas altos para la variedad Flor de mayo en la segunda fecha de siembra en los dos sistemas de siembra y para Canario 107 asociado con las variedades Chalqueño y Nativitas en las dos últimas fechas de siembra. La variedad Flor de mayo en la primera fecha de siembra y Canario 107 en las tres fechas de siembra muestran valores mas bajos de esta variable en monocultivo que en asociación debido a la competencia por factores del ambiente entre ellos la luz solar en el sistema en asociación, sin

embargo las diferencias no son significativas.

PESO DE CIEN SEMILLAS

En el cuadro 11 y figura 10 se presenta la comparación de medias de las variedades de frijol asociadas y en monocultivo y entre fechas de siembra, donde se observan diferencias significativas entre variedades: Canario 107 arbustiva y precoz presenta el mayor peso de semilla, Flor de mayo postrada indeterminada tipo IIIa valores intermedios y Negro 150 postrada, indeterminada tipo IIIb los valores mas bajos. Con relación a sistemas de siembra sólo en la variedad Flor de mayo el peso promedio de semilla fue menor en monocultivo respecto a la asociación promedio de fechas de siembra, debido a daño de antracnosis. De igual manera no hubo interacción entre los genotipos de maíz y las variedades de frijol en la asociación en la expresión de este carácter. Hubo diferencias significativas entre fechas de siembra, en la tercera fecha

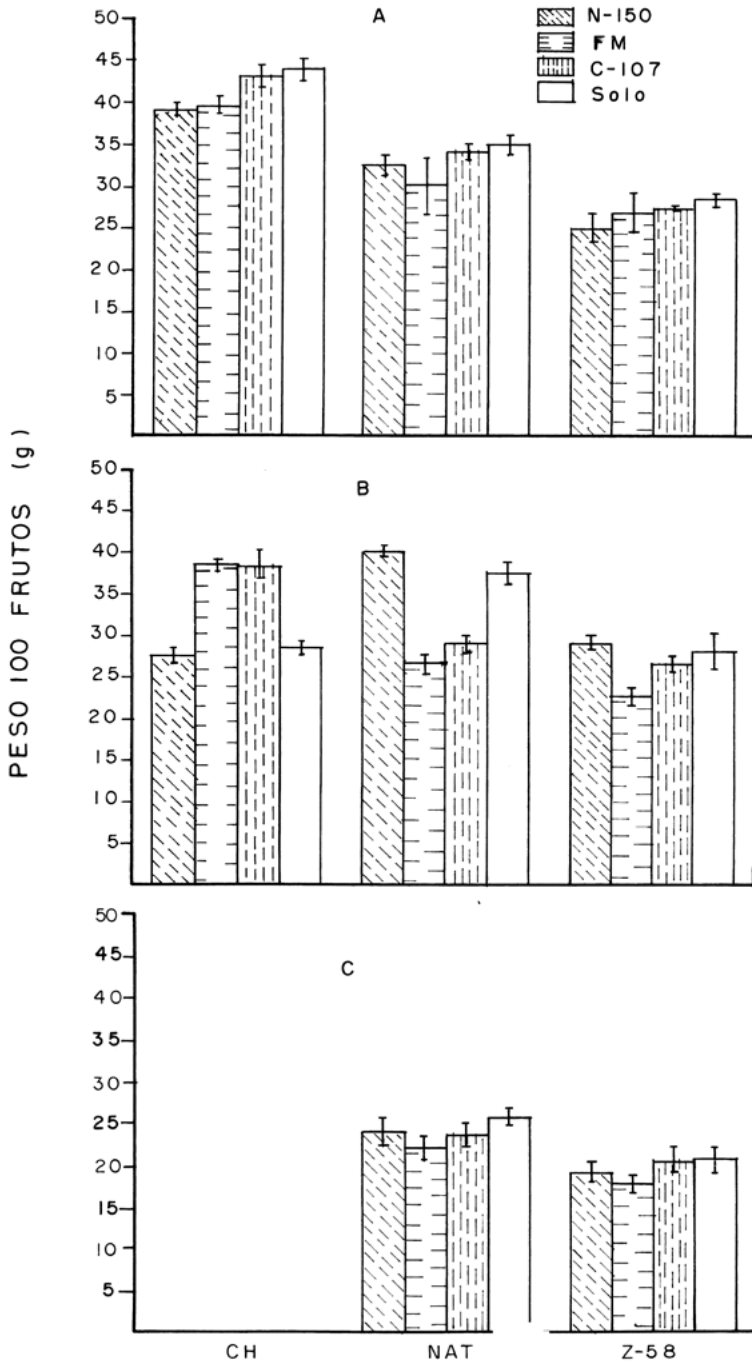


Figura 5. Peso de cien frutos (g) de las variedades de maíz, en unicultivo y asociadas en a) primera, b) segunda y c) tercera fecha de siembra.

Cuadro 7. Vainas normales por planta de las variedades de frijol en unicultivo y asociadas, en tres fechas de siembra.

| NUM. DE TRAT. | TRATAMIENTO | FECHA DE SIEMBRA | | | PROMEDIO |
|----------------------------|--------------|------------------|----------|----------|----------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | CH+N-150 | 31.8 ab | 22.0 bcd | 24.8 ab | 25.7 bc |
| 2 | CH+FM | 23.8 bcd | 15.8 de | 21.3 abc | 20.2 cd |
| 3 | CH+C-107 | 13.8 cd | 11.8 c | 12.8 c | 11.1 e |
| 4 | NAT+N-150 | 22.5 bcd | 19.0 cde | 27.5 a | 23.0 bc |
| 5 | NAT+FM | 24.5 abcd | 17.3 cde | 24.8 ab | 22.0 c |
| 6 | NAT+C-107 | 11.8 d | 15.0 de | 15.0 bc | 14.4 de |
| 7 | ZAC-58+N-150 | 39.3 a | 34.3 a | 28.9 a | 33.6 a |
| 8 | ZAC-58+FM | 32.0 ab | 30.5 ab | 27.3 a | 29.6 ab |
| 9 | ZAC-58+C-107 | 15.5 cd | 14.8 de | 13.5 bc | 14.2 de |
| 10 | CH | 23.8 bcd | 15.8 de | 21.5 abc | 20.8 cd |
| 11 | NAT | 26.3 abc | 29.3 ab | 32.3 a | 29.4 ab |
| 12 | ZAC-58 | 19.0 bcd | 25.0 abc | 21.3 abc | 21.6 c |
| PROMEDIO | | 22.6 a | 22.5 a | 21.0 a | |
| C. V. (%) | | 27.8 | 19.0 | 22.6 | 22.8 |
| DMSH_{0.05} | | 14.9 | 9.0 | 11.5 | 7.0 |

se observa el menor peso promedio de la semilla, debido tal vez a una menor intensidad luminosa recibida en ésta fecha.

ÁREA FOLIAR

En el cuadro 12 y figura 11 se tiene el comportamiento de las variedades de maíz en asociación y monocultivo, en tres fechas de siembra, a los 83 días de la siembra cuando el cultivo alcanzó su máximo crecimiento y en el cual se tiene el índice de área foliar crítico para la intercepción de la luz por la cubierta. Se aprecian diferencias significativas entre variedades y fechas de siembra, las variedades Chalqueño y Nativitas de porte alto presentan mayor área foliar respecto a la variedad Zacatecas 58 de bajo porte. En la primera y segunda fecha de siembra se obtuvieron mayores valores con relación a la tercera fecha, ya que hubo un mayor crecimiento de las variedades debido a una mayor intensidad luminosa en esas fechas y a efecto de heladas tempranas en el caso de la variedad Chalqueño de

ciclo tardío en la tercer fecha de siembra. No se aprecian diferencias significativas entre sistemas de siembra; la variedad Chalqueño asociado con las variedades Negro 150 y Canario 107 y en monocultivo y la variedad Nativitas asociado con Canario 107 y en monocultivo tienden a producir mayor área foliar, sin embargo las diferencias no son significativas.

El comportamiento del área foliar de las variedades de frijol a los 83 días después de la siembra en monocultivo y asociadas, en tres fechas de siembra, se muestra en el cuadro 13 y figura 12. Hubo diferencias significativas entre variedades y fechas de siembra. Las variedades Negro 150 y Flor de mayo de hábito indeterminado tipo IIb y IIIa en cada caso, muestran los mayores valores y Canario 107 arbustivo la menor área foliar. La variedad Flor de mayo presentan valores estadísticamente mayores en monocultivo que asociado en la primera y segunda fechas de siembra debido a la competencia por luz en el sis-

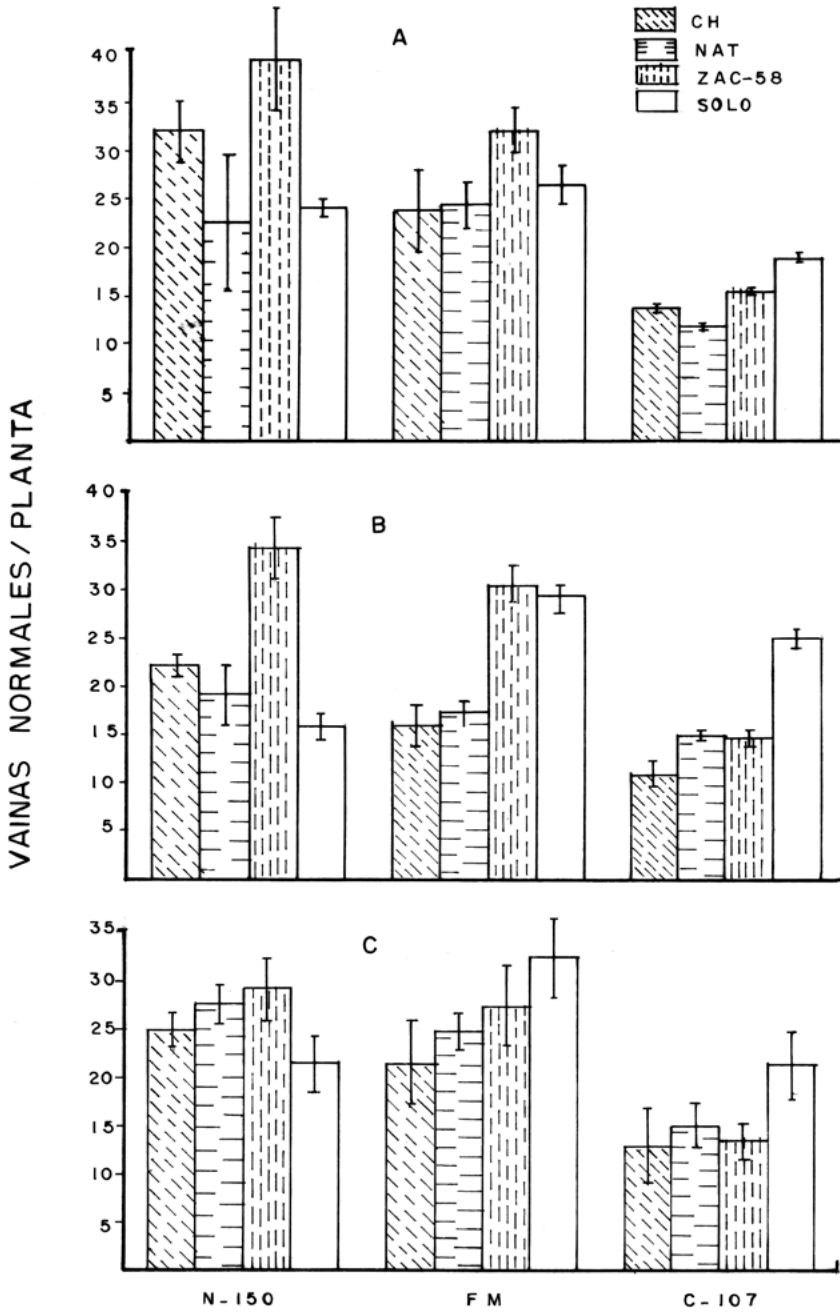


Figura 6. Vainas normales por planta de las variedades de frijol, en unicultivo y asociadas, en a) primera, b) segunda y c) tercera fecha de siembra.

Cuadro 8. Vainas vanas por planta de las variedades de frijol en unicultivo y asociadas, en tres fechas de siembra.

| NUM. DE TRAT. | TRATAMIENTO | FECHA DE SIEMBRA | | | | | | | |
|----------------------------|--------------|------------------|-----|-------|-----|-------|----|----------|------|
| | | 1 | | 2 | | 3 | | PROMEDIO | |
| 1 | CH+N-150 | 4.25 | cd | 2.50 | d | 5.00 | bc | | 3.76 | cde |
| 2 | CH+FM | 2.00 | de | 2.50 | d | 2.75 | c | 2.50 | e |
| 3 | CH+C-107 | 4.00 | cde | 5.00 | bc | 5.50 | bc | 4.82 | bcde |
| 4 | NAT+N-150 | 2.75 | cde | 3.50 | cd | 4.50 | bc | 3.32 | de |
| 5 | NAT+FM | 1.50 | de | 5.00 | bc | 2.25 | c | 2.82 | e |
| 6 | NAT+C-107 | 8.50 | a | 6.75 | ab | 4.50 | bc | 6.25 | ab |
| 7 | ZAC-58+N-150 | 4.75 | bc | 5.50 | abc | 5.50 | bc | 5.60 | abcd |
| 8 | ZAC-58+FM | 1.25 | e | 4.00 | cd | 4.00 | bc | 3.24 | de |
| 9 | ZAC-58+C-107 | 5.50 | bc | 5.25 | bc | 4.00 | bc | 4.63 | bcde |
| 10 | CH | 3.50 | cde | 7.75 | a | 14.00 | a | 7.68 | a |
| 11 | NAT | 1.75 | ab | 5.25 | bc | 7.50 | b | 5.85 | abc |
| 12 | ZAC-58 | 7.00 | ab | 4.75 | bcd | 5.50 | bc | 5.90 | abc |
| PROMEDIO | | 5.43 | a | 4.81 | ab | 3.86 | b | | |
| C. V. (%) | | 26.06 | | 48.28 | | 30.03 | | 37.40 | |
| DMSH_{0.05} | | 2.30 | | 2.36 | | 3.68 | | 2.45 | |

tema en asociación y la variedad Negro 150 en asociación con la variedad Chalqueño en la primera fecha debido a que está más adaptada para su cultivo en asociación. La variedad Canario 107 produjo mayor área foliar en monocultivo que asociado, sin embargo las diferencias no son significativas. En la primera fecha de siembra se tuvieron valores estadísticas más altos, en la segunda fecha valores intermedios y en la tercera fecha el promedio más bajo, debido posiblemente a una mayor intensidad luminosa recibida durante el ciclo de cultivo como se indica en Pérez et al. (2002).

PESO SECO

En el cuadro 14 y figura 13 se tiene el comportamiento de las variedades de maíz a los 83 días de la siembra, en monocultivo y asociadas, en tres fechas de siembra. Las variedades Chalqueño y Nativitas de porte alto presentan valores estadísticos superiores respecto a la variedad Zacatecas 58 de bajo porte. En la tercera fecha de siem-

bra se tienen valores estadísticos menores respecto a la primera fecha de siembra debido a una menor intensidad luminosa recibida durante la estación de crecimiento. No hubo diferencias significativas entre sistemas de siembra, de igual manera, no se aprecia interacción con las variedades de frijol en la asociación.

En el cuadro 15 y figura 14 se tiene la comparación de medias de las variedades de frijol a los 75 días de la siembra, en monocultivo y asociadas, en tres fechas de siembra, donde se observan diferencias significativas entre variedades y fechas de siembra. Los mayores valores los obtuvieron las variedades Flor de mayo en monocultivo y asociado con Zacatecas 58, Negro 150 asociado con Zacatecas 58 y en monocultivo y Canario 107 en monocultivo, debido a una eficiente distribución de la luz en la cubierta. La variedad Flor de mayo presenta mayor peso seco en monocultivo en la primera fecha de siembra y Canario 107 en la primera y tercera fecha

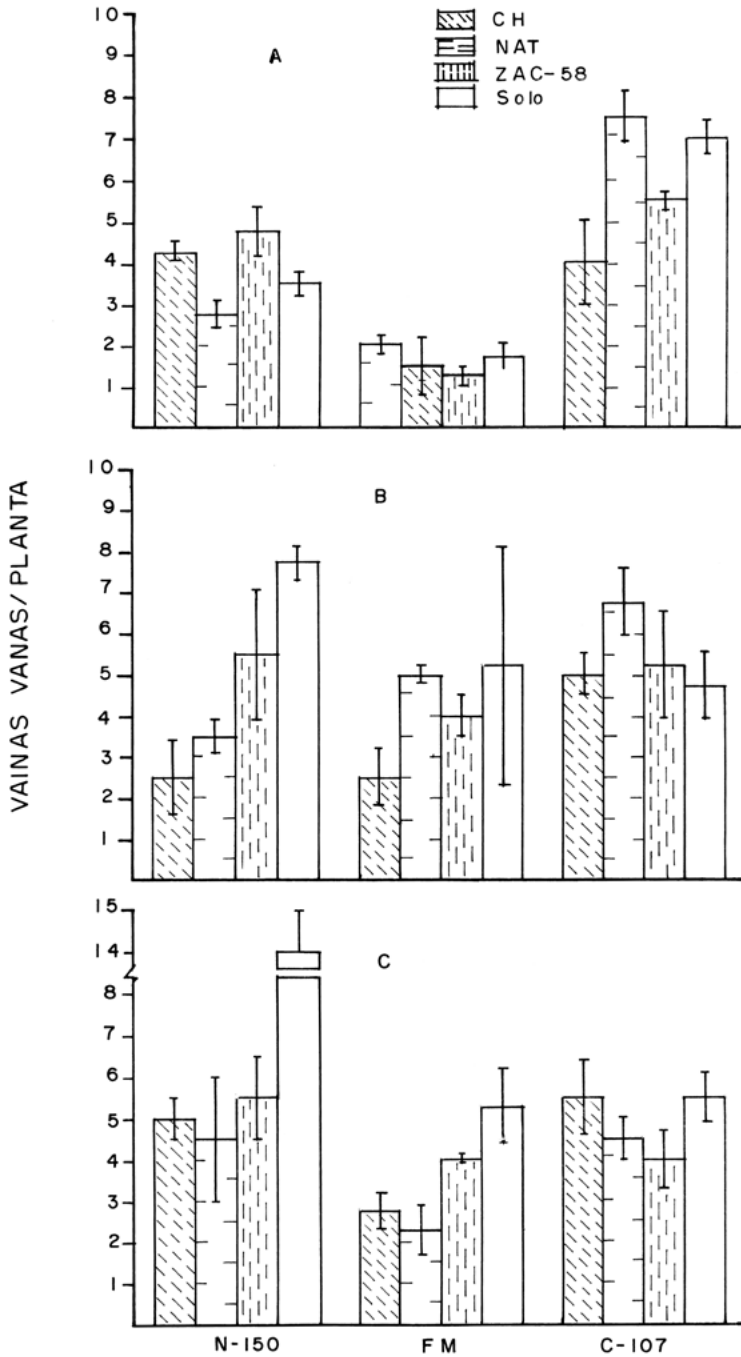


Figura 7. Vainas vanas por planta de las variedades de frijol, en unicultivo y asociadas, en a) primera, b) segunda y c) tercera fecha de siembra.

Cuadro 9. Semillas normales por vaina de las variedades de frijol en unicultivo y asociadas en tres fechas de siembra.

| NUM. DE TRAT. | TRATAMIENTO | FECHA DE SIEMBRA | | | PROMEDIO |
|----------------------------|--------------|------------------|--------|------------|------------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | CH+N-150 | 5.75 a | 5.75 a | 6.50 a | 5.86 a b |
| 2 | CH+FM | 5.00 a b | 5.25 a | 5.50 a b c | 5.15 c d |
| 3 | CH+C-107 | 4.25 b | 4.75 a | 4.50 c | 4.48 a |
| 4 | NAT+N-150 | 5.75 a | 5.75 a | 6.00 a b | 6.94 a |
| 5 | NAT+FM | 5.25 a b | 5.00 a | 5.25 b c | 5.03 c d e |
| 6 | NAT+C-107 | 4.25 b | 5.25 a | 4.00 d | 4.47 e |
| 7 | ZAC-58+N-150 | 5.25 a b | 5.75 a | 6.00 a b | 5.56 a b c |
| 8 | ZAC-58+FM | 5.75 a | 4.75 a | 5.50 a b c | 5.30 b c |
| 9 | ZAC-58+C-107 | 4.25 b | 4.75 a | 4.75 c | 4.60 d e |
| 10 | CH | 5.75 a | 5.75 a | 5.25 b c | 5.50 a b c |
| 11 | NAT | 6.00 a | 5.00 a | 5.25 b c | 5.41 a b c |
| 12 | ZAC-58 | 5.00 a b | 5.25 a | 4.75 c | 5.00 c d e |
| PROMEDIO | | 5.22 a | 5.21 a | 5.11 a | |
| C. V. (%) | | 12.34 | 8.34 | 9.06 | 8.85 |
| DMSH_{0.05} | | 1.45 | 0.99 | 1.08 | 0.63 |

de siembra respecto al asociado, debido a la competencia por factores del ambiente entre ellos la luz solar. En la tercera fecha de siembra se tienen valores estadísticos menores respecto a la primera fecha, debido a una mayor intensidad luminosa recibida en esta última fecha.

RENDIMIENTO DE GRANO

Los datos de rendimiento de grano de maíz y frijol en monocultivo y asociación se pueden observar en Pérez et al. (2002).

ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

De acuerdo al coeficiente de correlación (ρ), entre los componentes del rendimiento y el rendimiento de grano, en el caso de frijol, éste fue significativo para las variables semillas por vaina (0.51), área foliar a los 75 días de edad del cultivo (0.42) y peso seco por planta a los 62 días después de la siembra (0.33). En maíz los caracteres que estuvieron relacionados con el rendimiento de grano fueron diámetro de mazorca

(0.68), diámetro de olote (0.63), hileras por mazorca (0.66), semillas por mazorca (0.82) y área foliar a los 62 días de edad del cultivo (0.64).

Conclusiones

1. Los caracteres que guardan correlación con el rendimiento de grano en maíz son: diámetro de mazorca, diámetro de olote, hileras de frutos por mazorca, frutos por mazorca y área foliar.
2. En frijol los caracteres que están relacionados con el rendimiento de grano son: semillas por vaina, área foliar y peso seco.
3. Los componentes del rendimiento de grano de maíz no fueron modificados en la asociación con frijol respecto al sistema en monocultivo, en ninguna de las variedades.
4. La variedad de frijol Negro 150 incrementó el número de vainas por planta asociada con la variedad de maíz Zacatecas 58.

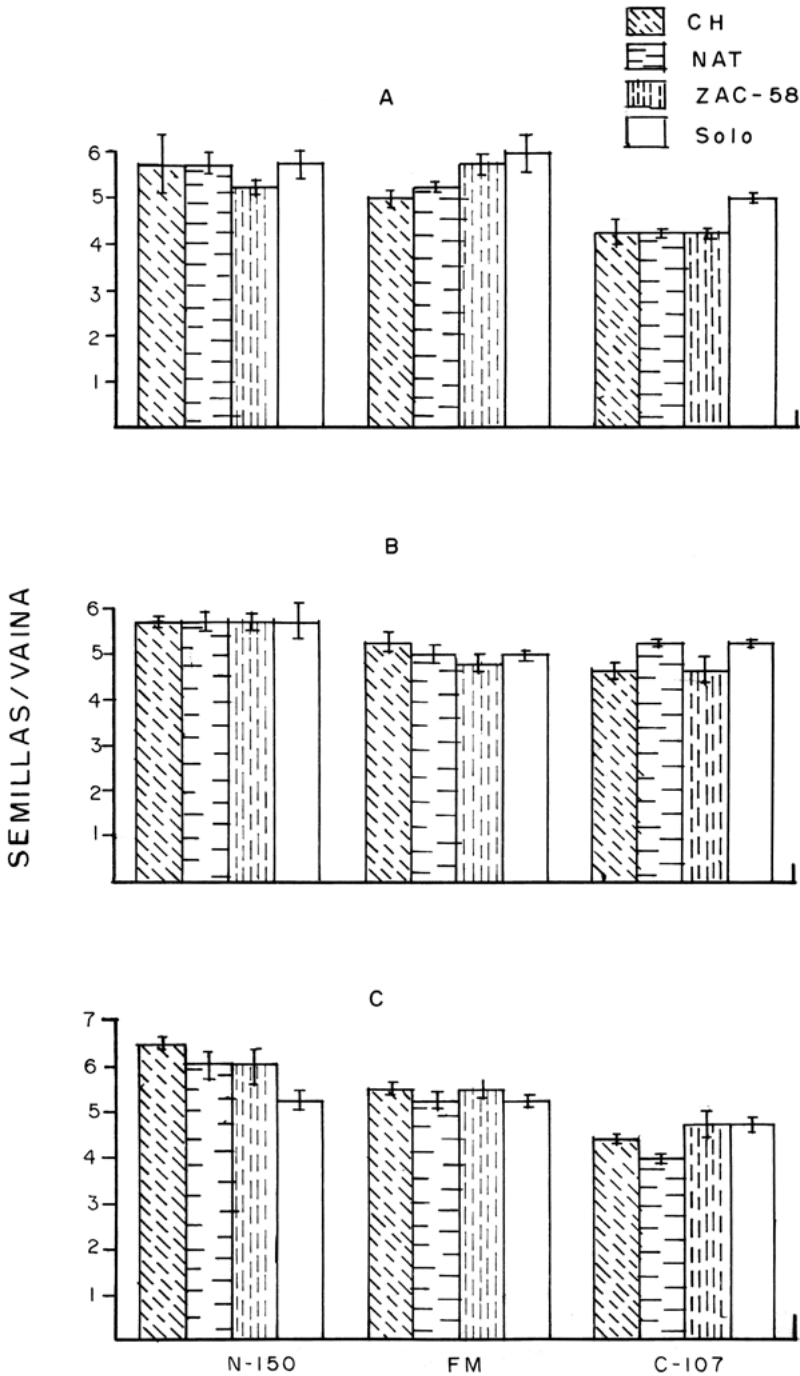


Figura 8. Semillas normales por vaina de las variedades de frijol, en unicultivo y asociadas, en a) primera, b) segunda y c) tercera fecha de siembra.

Cuadro. 10. Semillas abortivas por vaina de las variedades de frijol en monocultivo y asociadas, en tres fechas de siembra.

| NUM. DE TRAT. | TRATAMIENTO | FECHA DE SIEMBRA | | | PROMEDIO |
|----------------------------|--------------|------------------|---------|----------|-----------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | CH+N-150 | 0.78 ab | 0.45 b | 0.23 c | 0.46 cd |
| 2 | CH+FM | 0.63 ab | 1.15 a | 0.63 abc | 0.80 abcd |
| 3 | CH+C-107 | 0.85 ab | 1.05 ab | 0.95 ab | 0.95 a |
| 4 | NAT+N-150 | 0.98 a | 0.45 b | 0.20 c | 0.57 bcd |
| 5 | NAT+FM | 0.80 ab | 1.10 a | 0.55 bc | 0.82 ab |
| 6 | NAT+C-107 | 0.80 ab | 1.00 ab | 1.08 a | 0.97 a |
| 7 | ZAC-58+N-150 | 0.73 ab | 0.58 ab | 0.35 c | 0.55 bcd |
| 8 | ZAC-58+FM | 0.63 ab | 1.08 a | 0.55 bc | 0.67 abcd |
| 9 | ZAC-58+C-107 | 0.85 ab | 0.60 ab | 0.90 ab | 0.78 abc |
| 10 | CH | 0.58 ab | 0.53 ab | 0.18 c | 0.43 d |
| 11 | NAT | 0.40 b | 1.00 ab | 0.63 abc | 0.68 abcd |
| 12 | ZAC-58 | 0.45 ab | 0.55 ab | 0.65 abc | 0.55 bcd |
| PROMEDIO | | 0.79 a | 0.68 ab | 0.58 b | |
| C. V. (%) | | 36.56 | 36.64 | 39.06 | 37.00 |
| DMSH_{0.05} | | 0.57 | 0.62 | 0.51 | 0.35 |

5. Las variedades de frijol Negro 150 y Flor de mayo incrementaron el peso promedio de la semilla en el sistema en asociación con maíz respecto a monocultivo.

6. En la primera fecha de siembra hubo un incremento en la expresión de algunos caracteres en las variedades de maíz como: longitud de mazorca, diámetro de mazorca, frutos por mazorca, peso de cien frutos, peso seco y área foliar, debido a una mayor intensidad luminosa recibida en las primeras etapas de desarrollo y durante el ciclo de cultivo. En frijol los caracteres que fueron incrementados por éste efecto son: el peso de cien semillas y área foliar.

7. La variedad de frijol Canario 107 tuvo mayor peso seco en monocultivo.

8. La variedad Zacatecas 58 redujo el peso de 100 frutos en asociación con frijol.

9. La variedad Flor de mayo redujo el área foliar en asociación con maíz, debido a la competencia por luz.

10. La variedad Negro 150 incrementó su área foliar asociado con la variedad de

maíz Chalqueño, debido a su capacidad de trepar.

11. Las variedades Negro 150 y Flor de mayo incrementaron el peso seco en monocultivo y asociadas con la variedad de maíz Zacatecas 58 y la variedad Canario 107 en monocultivo, debido a una distribución eficiente de la luz en la cubierta vegetal.

12. Se acepta la hipótesis que a mayor intensidad luminosa existe un incremento en algunos componentes del rendimiento y en el rendimiento de grano en maíz, en el caso del frijol este efecto es menos marcado.

Bibliografía

Acosta, D. E. 1986. *Crecimiento, rendimiento y aprovechamiento de la energía solar en maíz (Zea mays L.) y frijol (Phaseolus vulgaris L.) en monocultivo y asociados*. Tesis de M. en C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 163 p.

Escalante, E. J. A y J. Kohashi-S. 1993. *El rendimiento y crecimiento del frijol*.

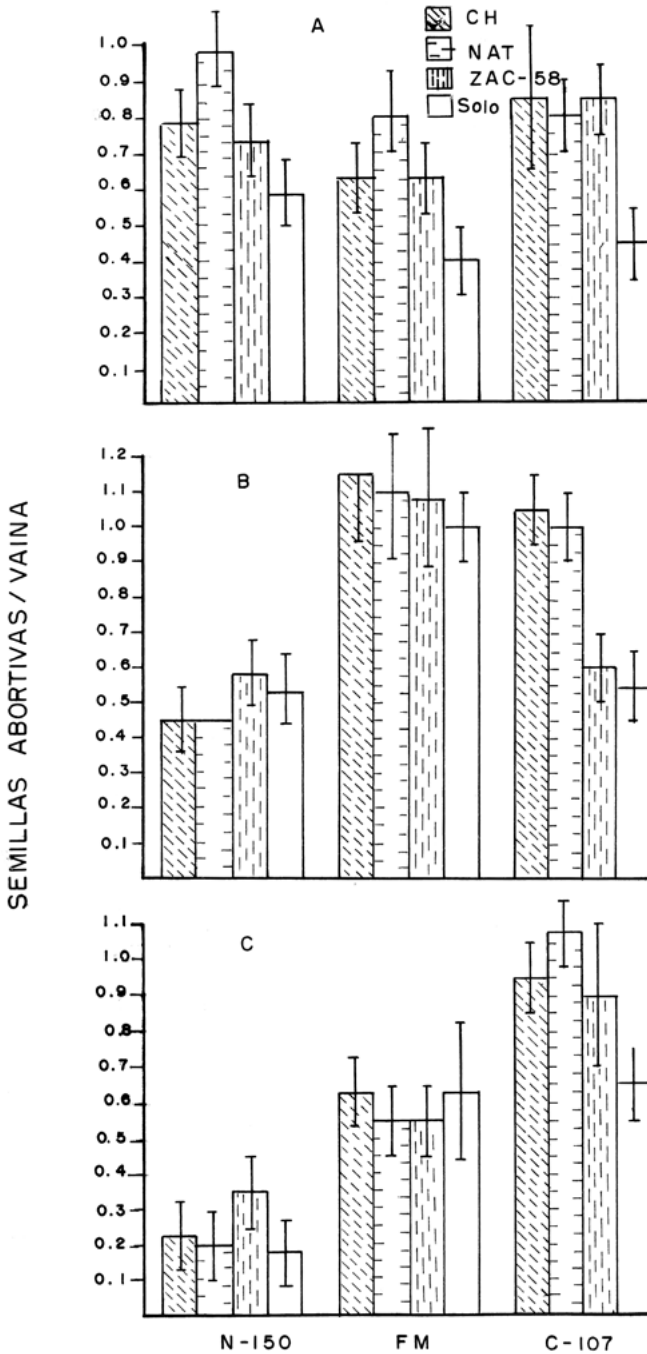


Figura 9. Semillas abortivas por vaina de las variedades de frijol, en unicultivo y asociadas, en a) primera, b) segunda y c) tercera fecha de siembra.

Cuadro 11. Peso de 100 semillas de las variedades de frijol en unicultivo y asociadas, en tres fechas de siembra.

| NUM. DE TRAT. | TRATAMIENTO | FECHA DE SIEMBRA | | | PROMEDIO |
|----------------------------|--------------|------------------|----------|---------|----------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | CH+N-150 | 32.5 def | 30.3 fg | 25.0 d | 29.0 d |
| 2 | CH+FM | 35.0 cde | 37.8 bcd | 33.8 b | 35.3 b |
| 3 | CH+C-107 | 39.0 abc | 43.8 a | 48.9 a | 44.3 a |
| 4 | NAT+N-150 | 32.5 def | 30.3 fg | 24.8 de | 29.0 d |
| 5 | NAT+FM | 37.0 bcd | 35.8 de | 33.0 bc | 35.2 b |
| 6 | NAT+C-107 | 42.0 a | 39.8 b | 45.5 a | 42.4 a |
| 7 | ZAC-58+N-150 | 28.5 f | 29.5 g | 24.0 de | 27.4 de |
| 8 | ZAC-58+FM | 37.5 abc | 36.0 cde | 32.0 bc | 35.1 b |
| 9 | ZAC-58+C-107 | 41.3 ab | 40.8 ab | 46.8 a | 42.9 a |
| 10 | CH | 29.5 f | 27.0 g | 21.0 e | 25.8 e |
| 11 | NAT | 34.8 cde | 33.3 ef | 29.8 c | 32.6 c |
| 12 | ZAC-58 | 42.0 a | 39.5 bc | 45.8 a | 42.2 a |
| PROMEDIO | | 35.8 a | 35.3 a | 34.1 b | |
| C. V. (%) | | 5.57 | 4.47 | 4.95 | 4.71 |
| DMSH_{0.05} | | 4.53 | 3.57 | 3.82 | 2.26 |

Manual para toma de datos. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 84 p.

Fisher, N. M. 1977. Studies in mixed cropping. III. Further results with maize-bean mixtures. *Expl. Agric.* **15**: 49–58.

Fransis, C. A., C. A. Flor, and M. Prager. 1978. Effects of bean association on yield and yield component of maize. *Crop Sci.* **18**: 760–764.

Gardiner, T. R. and L. E. Craker. 1981. Bean growth and light interception in a bean-maize intercrop. *Field Crop Res.* **43**: 13–320.

Guzmán, J. R. W. 1981. *Rendimiento físico y económico de frijol (Phaseolus vulgaris L.) y maíz (Zea mays L.) sembrados solos y en asociación.* Tesis de M. C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 122 p.

Loaiza, V. J. M. 1986. *Crecimiento y aprovechamiento de la energía solar del maíz (Zea mays L.) en asociación con frijol (Phaseolus vulgaris L.).* Tesis de M. C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 190 pp.

López, I. R. 1978. *La asociación maíz-frijol y el aprovechamiento de la luz solar.* Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 304 p.

Monteith, J. L. 1981. Does light limit crop production? In: C. B. Johnson (ed.). *Physiological Processes Limiting Plant Productivity.* Butterworths, London . pp. 23–38.

Pérez, P. R., S. Miranda C. y M. Livera M. 2002. Efecto del doble cenit solar en la producción de maíz y frijol. Índice de área foliar, coeficiente de extinción de la luz y rendimiento de grano. *Scientia-CUCBA* **4**(1): 75–101.

Pinchinat, A. M., J. Soria, and R. Bazan. 1976. Multiple cropping in tropical América. In: *Multiple cropping.* American Society of Agronomy. Special Pub. No 27, Madison, Wisconsin. Pp. 51–61.

Ramírez, V. M. 1981. *Morfología, área foliar y peso seco del frijol Canario 107, Negro 150 (Phaseolus vulgaris L.) y maíz H-28 (Zea mays L.) asociados.* Tesis de M. C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 97 p.

Salinas, G. G. E. 1982. *Comportamiento de variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.) en unicultivo y en asociación con maíz (Zea mays L.).* Tesis de M. C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 148 p.

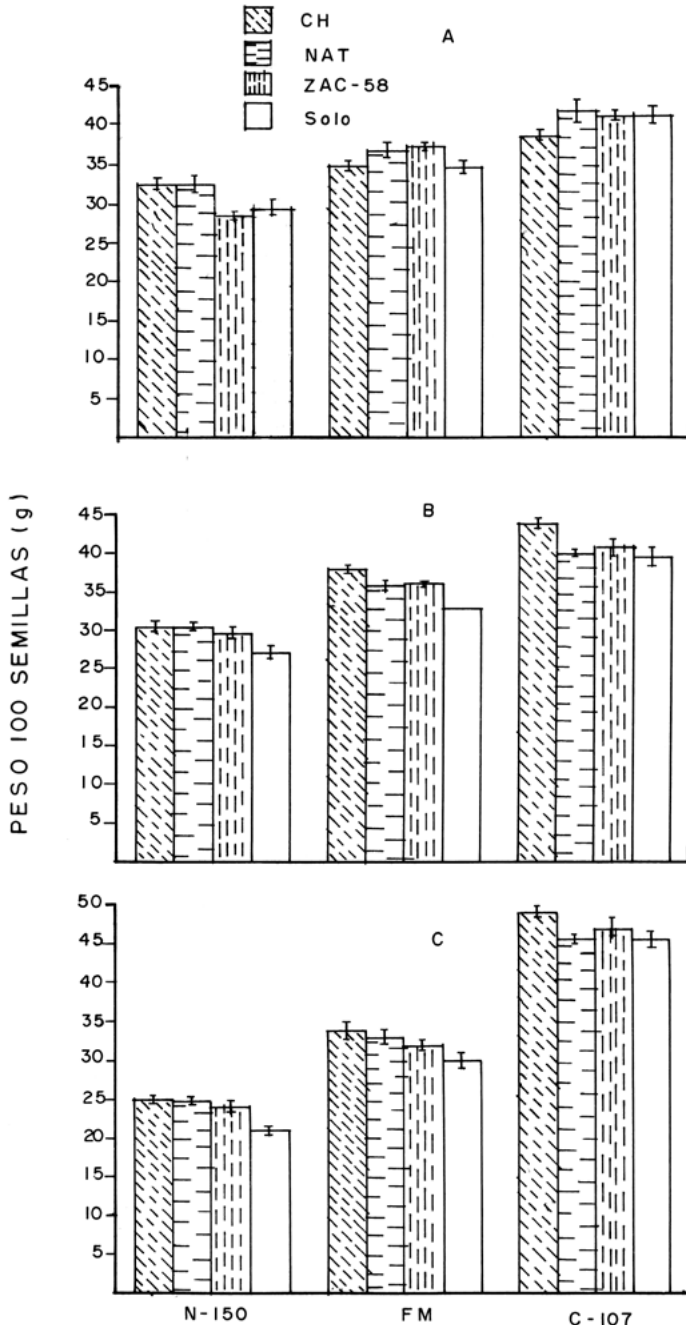


Figura 10. Peso de cien semillas (g) de las variedades de frijol, en unicultivo y asociadas, en a) primera, b) segunda y c) tercera fecha de siembra

Cuadro 12. Área foliar (cm²) a los 83 días de la siembra de las variedades de maíz asociadas y en unicultivo, en tres fechas de siembra.

| NUM. DE TRAT. | TRATAMIENTO | FECHA DE SIEMBRA | | | PROMEDIO |
|----------------------------|--------------|------------------|---------|--------|----------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | CH+N-150 | 8477 a | 8187 a | ..... | 8332 a |
| 2 | CH+FM | 6774 abc | 7367 ab | ..... | 7071 a |
| 3 | CH+C-107 | 7727 ab | 8246 a | ..... | 7986 a |
| 4 | NAT+N-150 | 5698 abc | 6808 ab | 6417 a | 6308 b |
| 5 | NAT+FM | 5498 abc | 7352 ab | 6034 a | 6295 b |
| 6 | NAT+C-107 | 8284 ab | 7510 ab | 6970 a | 7588 a |
| 7 | ZAC-58+N-150 | 2372 c | 3109 c | 2573 b | 2685 c |
| 8 | ZAC-58+FM | 5253 abc | 3553 c | 2810 b | 3872 c |
| 9 | ZAC-58+C-107 | 2347 c | 3432 c | 2626 b | 2802 c |
| 10 | CH | 8727 a | 7507 ab | ..... | 8117 a |
| 11 | NAT | 8545 a | 6407 b | 6524 a | 7159 a |
| 12 | ZAC-58 | 3872 bc | 3358 c | 2302 b | 3177 c |
| PROMEDIO | | 6131 | 6070 | 4532 | 6032 |
| DMSH_{0.05} | | 4443 | 1634 | 2551 | 1606 |
| C. V. (%) | | 56.72 | 9.05 | 1870 | 15.1 |

Stern, R. and G. M. Donald. 1961. Relationship of radiation, leaf area index, and crop growth-rate. *Nature* **189**: 597-598.

Verhagen, A. H. W., J. H. Wilson, and E. J. Britten. 1963. Plant production on relation to foliage illumination. *Ann. Bot.* **27**: 627-640.

Williams, W. A., R. S. Loomis, and C. R. Lepley. 1965. Vegetative growth of corn as affected by population density. II. Component of growth, net assimilation rate and leaf area index. *Crop Sci.* **5**: 215-219.

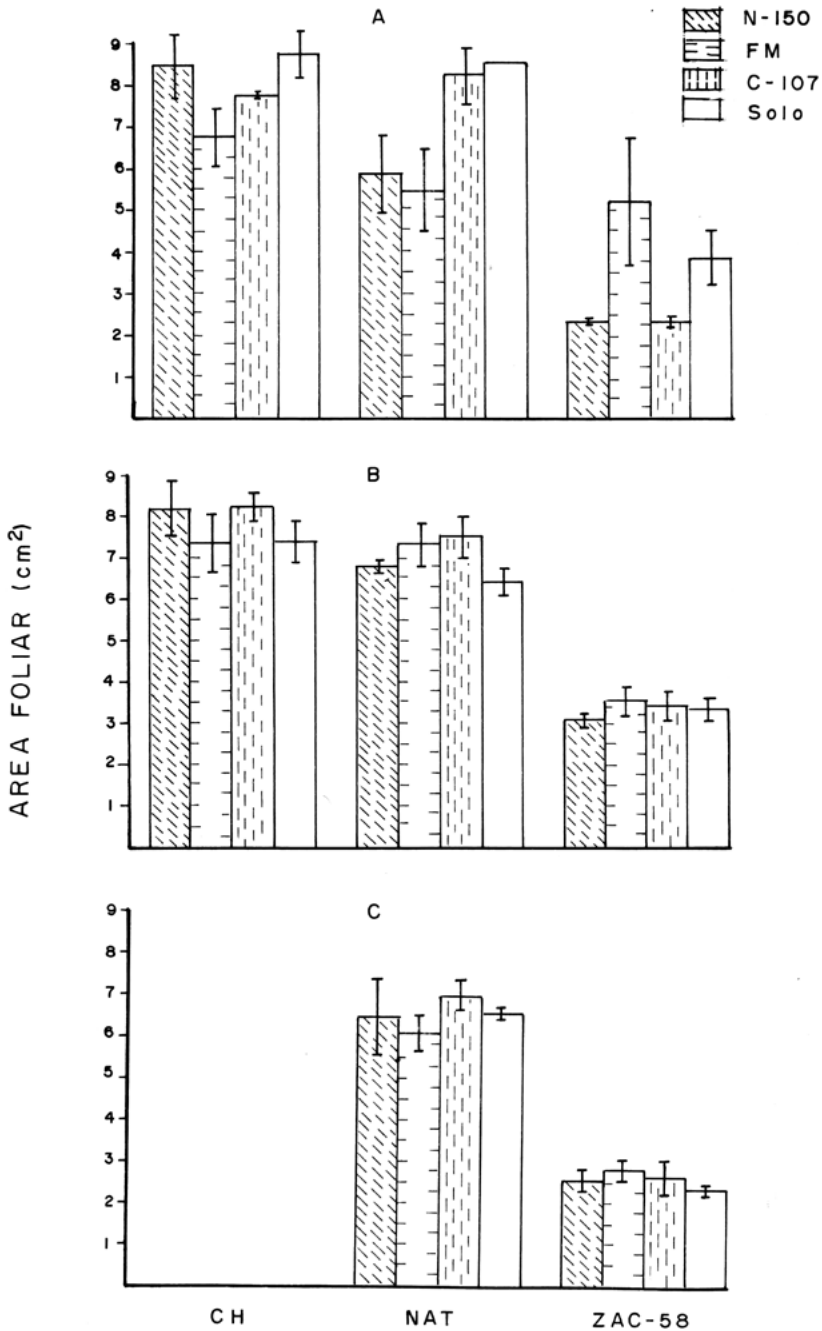


Figura 11. Area foliar (cm²) de las variedades de maíz a los 83 días de la siembra, en unicultivo y asociadas, en a) primera, b) segunda y c) tercera fecha de siembra.

Cuadro 13. Area foliar (cm²) a los 83 días de la siembra de las variedades de frijol en unicultivo y asociadas, en tres fechas de siembra.

| NUM. DE TRAT. | TRATAMIENTO | FECHA DE SIEMBRA | | | PROMEDIO |
|----------------------------|--------------|------------------|---------|------------|------------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | CH+N-150 | 12289 a | 8627 b | 5799 a b c | 8905 a b c |
| 2 | CH+FM | 5776 d | 8615 b | 3013 b c | 6730 c |
| 3 | CH+C-107 | 1238 e | 2795 c | 1954 c | 1995 d |
| 4 | NAT+N-150 | 8759 c | 8922 b | 4763 a b c | 7481 b c |
| 5 | NAT+FM | 6667 d | 8861 b | 3010 b | 6179 c |
| 6 | NAT+C-107 | 1695 e | 2681 c | 2739 b c | 2372 d |
| 7 | ZAC-58+N-150 | 9384 b c | 11100 b | 8349 a | 9611 a b |
| 8 | ZAC-58+FM | 6254 d | 8835 b | 3862 b c | 6317 c |
| 9 | ZAC-58+C-107 | 1528 e | 2683 c | 1876 c | 2029 d |
| 10 | CH | 8336 c | 9681 b | 6817 a b | 8279 b c |
| 11 | NAT | 10170 b | 17360 a | 5354 a b c | 10961 a |
| 12 | ZAC-58 | 1848 e | 3868 c | 3259 b c | 2991 d |
| PROMEDIO | | 6568 b | 7836 a | 4233 c | 5611 |
| DMSH_{0.05} | | 1367 | 3752 | 4259 | 2430 |
| C. V. (%) | | 23.5 | 16.0 | 33.9 | 26.6 |

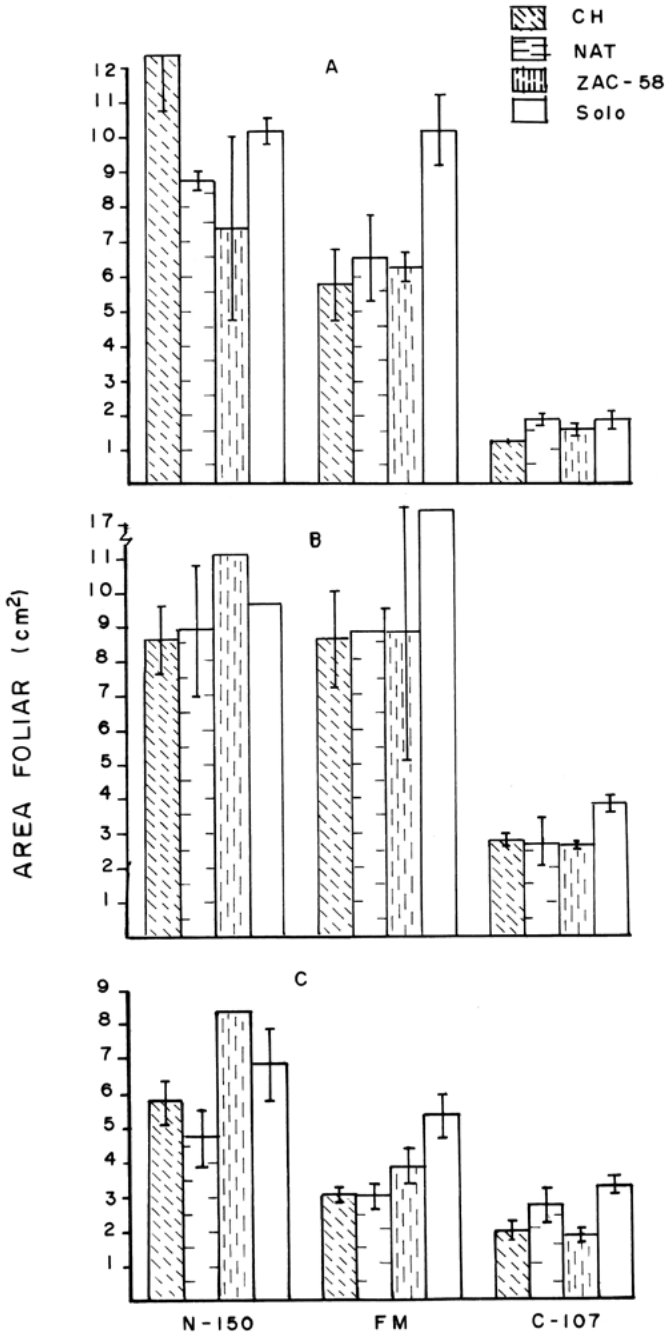


Figura 12. Area foliar (cm²) de las variedades de frijol a los 83 días de la siembra, en unicultivo y asociadas, en a) primera, b) segunda y c) tercera fecha de siembra.

Cuadro 14. Peso seco (g) a los 83 días de la siembra de las variedades de maíz en unicultivo y asociadas, en tres fechas de siembra.

| NUM. DE TRAT. | TRATAMIENTO | FECHA DE SIEMBRA | | | PROMEDIO |
|----------------------------|--------------|------------------|--------|-------|----------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | CH+N-150 | 259 a | 227 a | 192 a | 226 a b |
| 2 | CH+FM | 251 a | 208 ab | 197 a | 219 a b |
| 3 | CH+C-107 | 239 a | 267 a | 203 a | 237 a |
| 4 | NAT+N-150 | 165 ab | 210 ab | 194 a | 189 a b |
| 5 | NAT+FM | 200 a | 201 ab | 179 a | 193 a b |
| 6 | NAT+C-107 | 179 ab | 187 ab | 168 a | 178 b |
| 7 | ZAC-58+N-150 | 73 bc | 56 c | 51 b | 60 c |
| 8 | ZAC-58+FM | 58 bc | 104 bc | 53 b | 72 c |
| 9 | ZAC-58+C-107 | 49 c | 59 c | 52 b | 53 c |
| 10 | CH | 236 a | 182 ab | 191 a | 203 a b |
| 11 | NAT | 228 a | 185 ab | 171 a | 195 a b |
| 12 | ZAC-58 | 60 bc | 57 c | 52 b | 56 c |
| PROMEDIO | | 166 | 162 | 142 | 157 |
| DMSH_{0.05} | | 122 | 119 | 74 | 54 |
| C. V. (%) | | 24.8 | 20.4 | 17.7 | 22.4 |

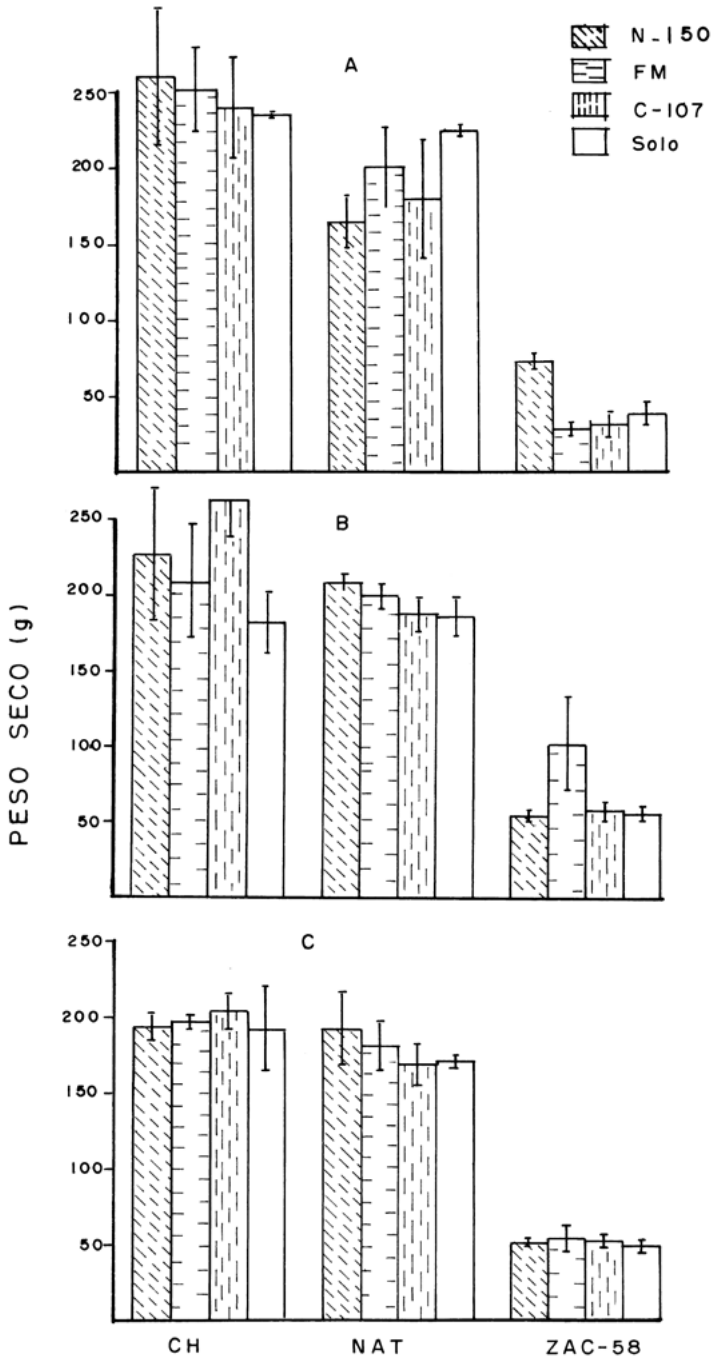


Figura 13. Peso seco (g) de las variedades de maíz, a los 83 días de la siembra, en unicultivo y asociadas, en a) primera, b) segunda y c) tercera fecha de siembra.

Cuadro 15. Peso seco (g) a los 75 días de la siembra de las variedades de frijol en unicultivo y asociadas, en tres fechas de siembra.

| NUM. DE TRAT. | TRATAMIENTO | FECHA DE SIEMBRA | | | PROMEDIO |
|----------------------------|--------------|------------------|------------|----------|------------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | CH+N-150 | 50.0 b | 48.3 bcde | 35.8 d | 44.7 a b c |
| 2 | CH+FM | 38.7 bcd | 51.9 bcde | 21.0 g | 37.2 b c |
| 3 | CH+C-107 | 19.0 d | 39.0 def | 23.0 g | 27.0 c |
| 4 | NAT+N-150 | 44.0 bc | 43.0 bcdef | 25.5 efg | 37.5 b c |
| 5 | NAT+FM | 32.5 bcd | 42.6 cdef | 24.6 fg | 33.2 b c |
| 6 | NAT+C-107 | 27.7 cd | 31.8 f | 29.0 ef | 29.5 b c |
| 7 | ZAC-58+N-150 | 73.1 a | 54.1 bcd | 50.3 b | 59.2 a |
| 8 | ZAC-58+FM | 32.7 bcd | 56.0 abc | 30.1 de | 39.6 a b c |
| 9 | ZAC-58+C-107 | 29.8 cd | 37.1 ef | 22.6 g | 29.8 b c |
| 10 | CH | 50.3 b | 31.7 f | 61.4 a | 47.8 a b |
| 11 | NAT | 40.0 bc | 71.8 a | 33.0 de | 48.3 a b |
| 12 | ZAC-58 | 26.0 cd | 58.5 ab | 41.9 c | 42.1 a b c |
| PROMEDIO | | 38.7 ab | 47.2 a | 33.2 b | 39.5 |
| DMSH_{0.05} | | 20.1 | 15.8 | 4.7 | 19.6 |
| C. V. (%) | | 0.6 | 23.0 | 4.9 | 30.3 |

FECHA EFECTIVA DE PUBLICACIÓN
29 DE DICIEMBRE DE 2008

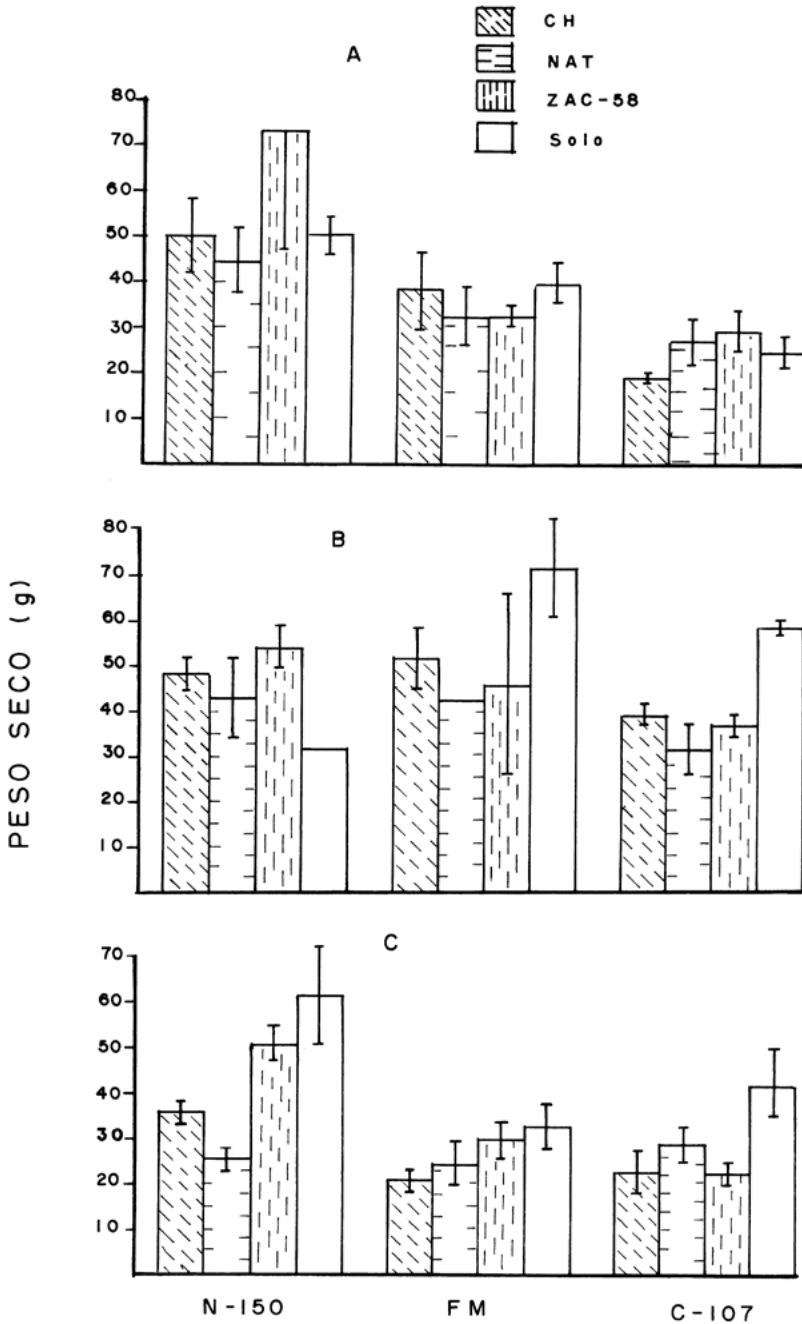


Figura 14. Peso seco (g) de las variedades de frijol, a los 75 días de la siembra, en unicultivo y asociadas, en a) primera, b) segunda y c) tercera fecha de siembra.

Linea base de susceptibilidad del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) al baculovirus SfNPV cepa de Paraná, Brasil

José Trinidad López Pérez, Marcelino Vázquez García y Jorge Rafael Vázquez Reyes

Departamento de Producción Agrícola, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), Universidad de Guadalajara. Predio Las Agujas, Mpio. Zapopan, Jal. Km 15.5 carretera Guadalajara Nogales. Apartado postal 1-139, 450101
Correo electrónico: mvazquez@cucba.udg.mx

Resumen: Con el propósito de estudiar una alternativa nueva para el combate del gusano cogollero, mediante bioinsecticidas a base de virus de polihedrosis nuclear (NPV), se realizó este trabajo en el Laboratorio de Entomología del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara entre los meses de julio a septiembre de 2006. Mediante bioensayos en laboratorio con diferentes dosis se determinó la concentración letal media (CL₅₀) de 874 inclusiones poliédricas del virus. Los resultados de la infección se presentaron a los tres días de la aplicación del virus. Esta determinación conduce a considerar que por su virulencia tenga un gran potencial como agente de control biológico del gusano cogollero y por otro lado, esta determinación establecerá la base para evaluar su efectividad en el campo y el posible desarrollo de resistencia del insecto al virus como ha sido reportado con otros insectos.

Palabras clave: Baculovirus, Susceptibilidad, *Spodoptera, frugiperda*.

Abstract: Between July and September, 2006, with a view to examining a new alternative for fall armyworm control by means of bioinsecticides based on nucleopolihedrovirus (NPV), several tests were conducted in the Entomology Lab, at the University Campus of Biological and Agricultural Sciences, University of Guadalajara. By means of lab bioassays with different doses, the lethal concentration (CL₅₀) of 874 occlusion bodies was determined. Infection appeared within three days of the virus application. This result leads to believing that because of its virulence, the specified bioinsecticide has great potential for fall armyworm biological control. Furthermore, this result will establish the basis for evaluating field efficacy and further development of the resistance of the insect to the virus, as has been reported in the case of other insects.

Keywords: Baculovirus, base line, susceptibility, *Spodoptera, frugiperda*.

Introducción

El gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* es la plaga más importante en los países de América y en el cultivo del maíz en México (Diawara et al. 1992), en donde cada año 3.2 millones de agricultores producen 18.2 millones de toneladas en 8.5 millones de hectáreas. Los niveles de infestación mayores al 55% en una superficie sembrada con maíz pueden ocasionar una reducción del 15 al 73% en la cosecha (Hruska y Gould

1997). La búsqueda de alternativas para el control de plagas agrícolas que no dependan del uso de los plaguicidas químicos, ha obtenido logros, tal es el caso del control microbiano de insectos plaga usando virus, bacterias, protozoarios, hongos o nemátodos entomopatógenos. Por lo tanto, se consideran una alternativa más en el control ya que *S. frugiperda* la afectan alrededor de veinte especies de entomopatógenos

(Gardner et al. 1984). Por eso se considera que los baculovirus son una opción eficiente como control microbiano de plagas. En la última década, los virus de poliedrosis nuclear (NPV) ó baculovirus, han sido utilizados como bioinsecticidas con éxito, principalmente en el control de plagas de lepidóptera (Granados y Federici 1986). Entre los más estudiados por su efectividad en campo se encuentran el virus de la palomilla gitana *Lymantria dispar* y el virus del gusano terciopelo de la soya *Anticarsia gemmatalis* (Moscardi 1999; Granados 2000). En este último se ha reportado que con una presión de selección (CL₈₀) en laboratorio, el insecto comienza a exhibir una aparente resistencia en la progenie F₄ (Moscardi 2003). Para el caso de *Spodoptera frugiperda* en México no hay antecedentes sobre estudios de resistencia a baculovirus, por ello se considera que es importante investigar y documentar este fenómeno.

Materiales y métodos

MATERIAL BIOLÓGICO

La población de *Spodoptera frugiperda* se obtuvo de una amplia colecta realizada al interior del estado de Jalisco durante los meses de julio a septiembre de 2004. La reproducción de la colonia se hizo en el Laboratorio de Entomología del Departamento de Producción Agrícola del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de La Universidad de Guadalajara, en condiciones de temperatura promedio de 28 °C y 86% de humedad relativa, durante 5 generaciones sin ser sometida a presión de selección por insecticidas. Fueron alimentadas con una dieta artificial rica en vitaminas y fibras (Vázquez 1975). La cepa del nucleopolyhedrovirus se obtuvo de EMBRAPA en la ciudad de Londrina, Brasil, donada por el Dr. Flavio Moscardi¹.

BIOENSAYO

Se utilizó una suspensión purificada de poliedros del virus SfNPV procedente de Brasil. Se sometieron 40 larvas a tratamiento con concentraciones crecientes, por lo que las dosificaciones fueron expresadas en números de cuerpos de inclusión (poliedros) por hoja (CI/hoja). Una vez determinado el número de cuerpos de inclusión en la suspensión, se prepararon las diferentes concentraciones a ensayar. Tanto para el testigo como para las concentraciones se utilizaron larvas sanas del 3^{er} instar por ser de fácil manipulación y mayor actividad, lo cuál aseguró una buena infección (Cruz 1991; Valicente y Cruz 1991; Vázquez et al. 2002).

La aplicación de baculovirus a las larvas se hizo en cajas petri, en forma individual. Se prepararon pequeños discos de 5 cm de diámetro de hojas frescas de higuera *Ricinus communis* L., desinfectadas con hipoclorito de sodio al 2%. En un tubo de ensayo se colocaron 2 ml de la suspensión con la concentración de poliedros a evaluar, se introdujeron los trozos con unas pinzas de laboratorio y agitándose constantemente por medio de un vortex, se retiraron dejándolas secar a temperatura ambiente. Se colocaron las larvas sobre las hojas tratadas y se taparon las cajas petri por un espacio de 24 horas. Transcurrido este tiempo, las larvas se alimentaron diariamente con hojas frescas. Se realizaron conteos de larvas muertas diariamente por un período de 15 días después de la exposición.

Resultados y discusión

La mortalidad de las larvas en cualquiera de las concentraciones evaluadas ocurrió entre el 5^o y 7^o día después de la exposición al tratamiento al cabo de los cuales ya no se observaron larvas muertas, tal como lo reportan Cruz (1991), Valicente y Cruz (1991) y Vázquez et al. (2002). Después de

¹EMBRAPA soja, C. Postal 231, Londrina, PR, Brazil, CEP 86001-970, moscardi@cnpso.embrapa.br

conducir un análisis probit con los datos de mortalidad la CL_{50} fue de 874 poliedros/hoja entre los límites 182 y 2,662 poliedros y la CL_{95} fue de 735,968 entre los límites 181,755 y 7'223,208 (cuadro 1). Estos resultados indican un amplio rango de respuesta que abarca 5 ciclos logarítmicos de las dosis. Tal resultado sugiere una amplia posibilidad de que a través de pocas selecciones sucesivas de la población se pueda producir también una resistencia al *SfNPV*, tal como lo reportó Moscardi (2003) con *Anticarsia gemmatalis* para el *AgNPV*. Este resultado nos sugiere que de forma posterior se estudie la selección de la población del insecto con concentraciones crecientes desde la CL_{50} a la CL_{90} por lo menos en tres generaciones sucesivas para inferir sobre el potencial del cogollero para desarrollar resistencia al virus.

Cuadro 1. Resultado de análisis probit determinando CL_{50} y CL_{95} de la cepa *SfNPV* de Paraná Brasil, con el número de poliedros sobre hojas de *Ricinus communis* L.

| | No poliedros | Límites Fiduciales | Ecuación |
|-----------|--------------|---------------------|----------------------------|
| CL_{50} | 874 | 182 – 2,662 | $Y = 5.43 + .43(x - 13.9)$ |
| CL_{95} | 735,968 | 181,755 – 7'223,208 | |

Chi cuadrada = 1.43

Literatura citada

Diawara, M. M., B. R. Wiseman y D. J. Isenhour. 1992. *Spodoptera frugiperda* resistance in developing panicles of sorghum accessions. *Insect Sci. Applic.* **13**(6): 793–799.

Gardner, W. A., R. Noblet y R. D. Shwehr. 1984. The potential of microbial agents in managing populations of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Fla. Entomol.* **67**(3): 325–332.

Granados, R. R. y B. A. Federici. 1986. *The biology of baculoviruses. Vol. I, Practical application for insect control.* CRC. Press, Boca Raton, Fl. 276 pp.

Hruska, A. J. y F. Gould. 1997. Fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) and *Diatraea lineolata* (Lepidoptera: Pyralidae): Impact of larval population level and temporal occurrence on maize yield in Nicaragua. *J. Econ. Entomol.* **90**: 611–622.

Moscardi, F. 2003. Selection for resistance in the laboratory to the nucleopolyhedrovirus of *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) (AgMNPV). *Memorias XXVI Congreso Nacional de Control Biológico*, 6–8 noviembre., Guadalajara, Jalisco México, p. 3.

Vázquez, J., J. L. Zeddám, A. A. Tresierra. 2002. Control biológico del “cogollero del maíz” *Spodoptera frugiperda*, (Lepidoptera; Noctuidae) con el baculovirus *SfVPN*, en Iquitos-Perú. *Folia Amazónica* **13**: 25–35.

FECHA EFECTIVA DE PUBLICACIÓN
29 DE DICIEMBRE DE 2008

Conducta invernal del ganso nevado (*Chen caerulescens*, Linnaeus 1758) en la subcuenca Sayula, Jalisco, México

Guillermo Barba Calvillo¹ y Héctor Martínez Sánchez²

¹Departamento de Ecología. ²Departamento de Ciencias Ambientales, Instituto de Neurociencias. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara.
Correo electrónico: memob9@yahoo.com.mx

Resumen: Con el objeto de investigar la conducta invernal del Ganso nevado (*Chen caerulescens*) en la laguna de Sayula, Jalisco México, se llevó a cabo una investigación mediante la aplicación de metodologías utilizadas en las ciencias de la psicología y particularmente las ciencias de la conducta, durante el período comprendido de 2003 al 2006. Por la parte conductual se realizaron 11 registros anecdóticos en dos áreas seleccionadas, en donde se obtuvieron 17,743 unidades comportamentales. De ellas, 34 fueron los más comunes. Para el análisis se llevaron a cabo videgrabaciones, toma de fotografías y datos de campo sobre el hábitat, lo que permitió generar conocimiento sobre las principales tendencias conductuales mostradas por los gansos durante el invierno considerando que el vaso lacustre aún ofrece condiciones favorables para que las poblaciones de estas aves migratorias continúen con este fenómeno de la naturaleza.

Palabras clave: selección de hábitat, forrajeo, comunidad, ecología y conducta.

Abstract: The objective of the present study has been to investigate the winter behavior of the snowy Goose (*Chen caerulescens*) in lake Sayula, Jalisco, Mexico, by means of the application of methodologies utilized in psychology and particularly in behavioral sciences. The study was carried out from 2003 to 2006. On the behavioral side 11 anecdotal records in two selected areas were studied, obtaining 17,743 behavior units of which 34 were the most common. For ease of analysis of the present study, video, pictures and field data on the habitat were included in the research methodology. The study yielded data relating to the main behavioral tendencies shown by the geese during the winter, concluding that this body of water still offers favorable conditions under which populations of these migratory birds are able to continue with this natural phenomenon.

Key words: habitat selection, foraging behavior, community structure, behavioral ecology

Introducción

El comportamiento animal o de los seres vivos se define como el conjunto de respuestas que presentan los animales frente a los estímulos internos y externos que reciben del medio que los rodea (Skinner 1938).

Los estímulos internos dependen del funcionamiento del propio organismo

y generan una respuesta, y los estímulos externos, por el contrario, tienen su origen en el ambiente. Así, la aparición de un depredador en el territorio propio estimula en el animal la respuesta de protegerse o defenderse frente a la agresión.

Cada individuo, de acuerdo a su nivel de complejidad, dado por el sistema ner-

vioso y endocrino que posea, deberá adoptar una estrategia eficaz para elaborar las respuestas adecuadas que controlen tanto las variaciones que ocurren en el interior de su organismo como las que se originan en su medio ambiente.

Conocer la relación de la conducta del ganso nevado en función de una respuesta a los estímulos externos fue uno de los objetivos en el presente estudio, lo cual es importante como una alternativa para conocer y comprender mejor a especies silvestres de interés ecológico y cinético utilizadas por las sociedades humanas durante años.

A la fecha, no existe un modelo de manejo de área silvestre implementado en la laguna de Sayula para la protección de aves acuáticas migratorias de interés internacional basado en la evaluación de criterios conductuales.

Esta investigación pretende sentar las bases y criterios para promover un aprovechamiento sustentable al utilizar parte de las metodologías de las ciencias del comportamiento.

Metodología

El estudio de la conducta del ganso se realizó con observaciones de campo y registro anecdótico, se diseñaron hojas de registro y utilizó equipo de video y fotografía, además de binoculares y un monocular; los registros conductuales se realizaron en trabajos de campo de 3 días cada uno (durante el periodo de 2003-2005), en dos horarios, el primero de 07:00 a 11:00 y el segundo de 17:00 a 20:00 horas (pudiendo variar con más o menos una hora de acuerdo a la visibilidad del mes y la estación), en dos zonas comparativas seleccionadas; en lapsos intermedios entre los registros conductuales y al final de cada registro se llevaron a cabo mediciones de datos referentes a aspectos de tipo ambiental. Para realizar el análisis de la conducta se realizaron las actividades siguientes:

1. **Registro de conducta:** Es una técnica de registro observacional directo; para el conteo se utilizó un contador manual que puede registrar de 0 a 99 eventos o en su caso unidades establecidas por el observador (decenas, centenas, millares u otro); así como con una tabla de anotaciones. Los registros se realizaron en dos formatos específicos para tales fines.
2. **Registro de frecuencia de conducta (evento):** Se realizaron anotaciones basadas en la metodología de Marshall y Etzel (1994), se utilizó para determinar la frecuencia de las llamadas "Conductas tipo" o "Unidades Comportamentales" establecidas y que son emitidas ya sea con una alta proporción, con duración considerable o continuas. Parte del procedimiento fue que una vez estando en el punto de observación y la zona correspondiente a monitorear con ayuda de un cronómetro, activándolo al inicio de cada lapso y deteniéndolo cuando terminaba (para el caso se utilizaron tiempos de 15 minutos por lapso durante cada observación), se anotó la duración de tiempo mostrado sobre la hoja de datos; se reinició el cronómetro y así hasta el final de la sesión de observación.
3. **Porcentaje de respuesta:** Con base en la metodología de Guilford (1995), se seleccionaron aquellas conductas más frecuentes registradas en el ganso nevado durante el invierno en la laguna de Sayula y se determinó el porcentaje de respuesta de cada una de ellas, el porcentaje de respuesta es una razón que expresa la cantidad de una conducta como cierto número de respuestas por cada 100 y se obtiene aplicando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Respuesta} = \frac{\text{Número total de veces de registro de una Unidad Comportamental} \times 100}{\text{Número de Unidades fuera del tipo}}$$

Resultados

Los registros anecdóticos elaborados en las zonas de estudio sumaron un total de 18, para los meses de invierno del año 2004, 2005 y 2006. Se determinaron las conductas más frecuentes observadas en los gansos, mostradas en el cuadro 1, apreciándose, además, el número de veces que se registró cada conducta por año y su total correspondiente.

De las conductas seleccionadas y mostradas por los gansos algunas son realizadas de manera individual, otras de forma grupal y en muchos de los casos en ambas formas; las conductas descritas se analizaron y en función de la cantidad y la frecuencia se determinaron 34 principales; al analizar las frecuencias y los totales de las conductas se pudieron ver las tendencias sobre cuáles de ellas son los más factibles de observar durante la temporada invernal en la laguna de Sayula.

Durante el período de estudio, la conducta de “comer” fue la más frecuente, con valores de 570 en el 2004 y 598 en el 2005 y “graznar” con 476 registros para el 2006, en el año 2004 la conducta que le siguió fue “graznar” con 456 registros y que por sus características fue un registro asociado en su mayoría a una manifestación de tipo grupal más que individual, graznar fuerte o suave puede mostrar una tendencia a la existencia de cierta forma de comunicación entre ellos mientras realizan diversas actividades; para el 2005 fue “moverse suavemente de manera circular” (503) y en el 2006 fue “comer” con una frecuencia de 447; consideramos que estas conductas se encuentran asociadas a la búsqueda y obtención de alimento (forrajeo), así como a la calidad y distribución de los pastos en el área, en cambio para el 2006 que fue el año del periodo de estudio más seco que los otros, “echarse” representa quizás una tendencia conductual asociada desde el punto de vista ecológico al ahorro de energía.

Durante el 2004 le siguió “caminar despacio conforme comen” con 364 registros, para el 2005 en tercer lugar se encon-

tró la conducta de “sacudir la cola de lado a lado” con una frecuencia de 452 (a diferencia de “mover la cola de lado a lado”, esta conducta puede suceder o no aún sin estar caminando y sin comer, simboliza, además, un movimiento más rápido, no constante y de velocidad variable mientras sucede).

Para el 2006 “sacudir la cola de lado a lado” con 386 registros el evento ocupó el tercer lugar en frecuencia de ocurrencia; le siguieron en cuarto lugar durante el año 2004 “mover la cola de lado a lado” (340), entendida como un movimiento más bien constante, de velocidad uniforme suave y exclusivamente mientras comen, una condición conductual que se observó de manera asociada al hecho de caminar mientras comían y para el 2005 y 2006 “echarse en el pasto” registro el cuarto lugar con 435 y 365 registros respectivamente.

De acuerdo con los registros, el quinto lugar fue para “moverse suavemente de manera circular” con 284 registros en el 2004, “caminar despacio conforme comen” (431 registros), mientras que para el 2005 y 2006 en cuarto lugar con 345 registros fue “estirar el cuello como jalando algo del suelo” (definida como a la acción realizada por los gansos de extender el cuello y sacar algo del suelo con cierto esfuerzo), fue un evento quizás asociado a que conforme el terreno se encuentra más seco, hay mayor compactación del suelo y dificultad para los herbívoros y granívoros (como el ganso) para arrancar o extraer las plantas con las que se alimentan y para insectívoros o carnívoros quizás significa una mayor necesidad olfatear y escarbar en búsqueda de organismos que se entierran o se mueven para evitar la deshidratación (cuadro 2, figuras 1, 2, 3 y 4).

En el mismo sentido las conductas que ocuparon la menor cantidad de registros fueron, para el 2004 el “vuelo en V” con 14 registros, “desplegar las alas totalmente hacia el frente” (18), “agrupados” y “vuelo desorganizado” (23), “aterrizar en línea recta” (24) y “levantarse sobre sus patas (como de puntitas)” (25); en 2005 fueron para “levantarse sobre sus patas”

Cuadro 1. Relación de las conductas más comunes registradas en ganso nevado (*Chen caerulescens*), durante la realización del estudio.

| No. Evento | Descripción del evento | 2004 | 2005 | 2006 | Total |
|------------|--|------|------|------|---------------|
| 01 | Agacharse | 255 | 254 | 332 | 841 |
| 02 | Agrupados | 23 | 56 | 48 | 127 |
| 03 | Aterrizar en forma circular | 69 | 29 | 24 | 122 |
| 04 | Aterrizar en línea recta (Verticalmente) | 24 | 18 | 21 | 63 |
| 05 | Aterrizar horizontalmente | 79 | 68 | 55 | 202 |
| 06 | Cabeza y el cuello recto hacia arriba (ángulo de 45°) | 39 | 73 | 58 | 170 |
| 07 | Caminar despacio conforme comen | 364 | 431 | 276 | 1,071 |
| 08 | Caminar en fila | 36 | 96 | 77 | 209 |
| 09 | Comer | 570 | 598 | 447 | 1,615 |
| 10 | Cuello recto con el pico hacia arriba graznando | 42 | 64 | 28 | 134 |
| 11 | Dar brincos cortos | 238 | 348 | 197 | 783 |
| 12 | Dejar de comer | 66 | 24 | 47 | 137 |
| 13 | Desagrupados | 36 | 45 | 27 | 108 |
| 14 | Desplegar las alas totalmente hacia el frente | 18 | 52 | 38 | 108 |
| 15 | Estira el cuello como jalando algo del suelo | 187 | 286 | 345 | 818 |
| 16 | Graznar (fuerte o suave) | 456 | 343 | 476 | 1275 |
| 17 | Jalar vegetación | 65 | 369 | 285 | 719 |
| 18 | Levantar ligeramente la cabeza (manteniéndola casi al ras del pasto) | 220 | 310 | 98 | 628 |
| 19 | Levantarse sobre sus patas (como de puntitas) | 25 | 16 | 08 | 49 |
| 20 | Mirar alrededor | 226 | 361 | 132 | 719 |
| 21 | Mover la cabeza de manera circular | 39 | 28 | 16 | 83 |
| 22 | Mover la cola de lado a lado | 340 | 412 | 278 | 1,030 |
| 23 | Moverse suavemente de manera circular | 284 | 503 | 261 | 1,048 |
| 24 | Picotean | 26 | 47 | 24 | 97 |
| 25 | Sacudir el cuerpo (como perro) | 59 | 269 | 186 | 514 |
| 26 | Sacudir el pico | 32 | 59 | 53 | 144 |
| 27 | Sacudir la cabeza entre el pasto | 130 | 367 | 297 | 794 |
| 28 | Sacudir la cola de lado a lado | 210 | 452 | 386 | 1,048 |
| 29 | Sacudir las alas sin llegar a abrirlas (pegadas al cuerpo) | 178 | 318 | 132 | 628 |
| 30 | Se posan (echan) en el pasto | 179 | 435 | 365 | 979 |
| 31 | Vuelo circular | 86 | 153 | 95 | 334 |
| 32 | Vuelo desorganizado | 23 | 286 | 173 | 404 |
| 33 | Vuelo en "V" | 14 | 27 | 39 | 80 |
| 34 | Vuelo en línea | 45 | 369 | 248 | 662 |
| | | | | | 17,743 |

Cuadro 2. Frecuencias de ocurrencia de los eventos (unidades comportamentales) para ganso nevado (*Chen caerulescens*) registrados durante el año 2004.

| Obs. | U.C 1 | U.C 2 | U.C 3 | U.C 4 | U.C 5 | U.C 6 | U.C 7 | U.C 8 | U.C 9 | U.C 10 | U.C 11 |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 87 | 62 | 57 | 48 | 25 | 47 | 23 | 33 | 02 | 10 | 15 |
| 2 | 75 | 64 | 38 | 29 | 36 | 61 | 38 | 15 | 05 | 07 | 09 |
| 3 | 86 | 67 | 65 | 57 | 39 | 48 | 24 | 32 | 02 | 14 | 14 |
| 4 | 78 | 65 | 59 | 48 | 21 | 29 | 10 | 35 | 04 | 16 | 11 |
| 5 | 81 | 53 | 53 | 36 | 44 | 66 | 27 | 12 | 05 | 08 | 07 |
| 6 | 83 | 79 | 38 | 37 | 19 | 53 | 31 | 11 | 02 | 04 | 10 |
| 7 | 80 | 66 | 54 | 29 | 28 | 36 | 26 | 40 | 04 | 10 | 13 |
| Subt. | 570 | 456 | 364 | 284 | 210 | 340 | 179 | 168 | 24 | 69 | 79 |

(16), “aterrizar en línea recta (verticalmente)” (18), “dejar de comer” (24), el “vuelo en V” (27) y “mover la cabeza de manera circular” (28); y para 2006 “levantarse sobre sus patas (como de puntitas)” (8) registros, “mover la cabeza de manera circular” (16), “aterrizar en línea recta (vertical)” (21), “aterrizar en forma circular” y “vuelo en V” (24 respectivamente) y “desagrupados” con 27 registros obtenidos (cuadro 1, figuras 1, 2, 3 y 4).

Como resultado del registro de frecuencia de conductas seleccionadas durante el invierno del 2004, 2005 y parte del 2006 se les denominaron “Unidades comportamentales” que fueron las siguientes:

1. Comer (1,615 registros)
2. Graznar (fuerte o suave) (1,275 registros)
3. Caminar despacio conforme comen (1,071 registros)
4. Moverse suavemente de manera circular (1,048 registros)
5. Sacudir la cola de lado a lado (1,048 registros)
6. Mover la cola de lado a lado (1,030 registros)
7. Se posan (echan) en el pasto (979 registros)
8. Volar en general (168 registros)
9. Aterrizar en línea recta (Verticalmente) (24 registros)

10. Aterrizar en forma circular (69 registros)

11. Aterrizar horizontalmente (79 registros)

Cada unidad comportamental elegida fue conceptualizada con el fin de determinar claramente la descripción de la misma y en su caso, poder así ofrecer cómo cada conducta pasó a ser cuantificada durante las observaciones, la definición de cada unidad se estableció como sigue:

COMER: La acción desarrollada por el sujeto o los sujetos con la cual agachados (detenidos, caminando o incluso echados) tomando la vegetación con el pico.

GRAZNAR (FUERTE O SUAVE): El hecho de escuchar graznidos emitidos por el individuo o el grupo de gansos con independencia de realizar otra acción al momento de la observación.

CAMINAR DESPACIO CONFORME COMEN: Cuando se observaba a un individuo caminar (sin llegar a ser carrera) más o menos a una velocidad constante, esta unidad se registró solo cuando realizaban la acción de comer.

MOVERSE SUAVEMENTE DE MANERA CIRCULAR: A diferencia de la anterior, se caracterizó por hacer círculos al caminar (comúnmente a baja velocidad) e independientemente de otra actividad.

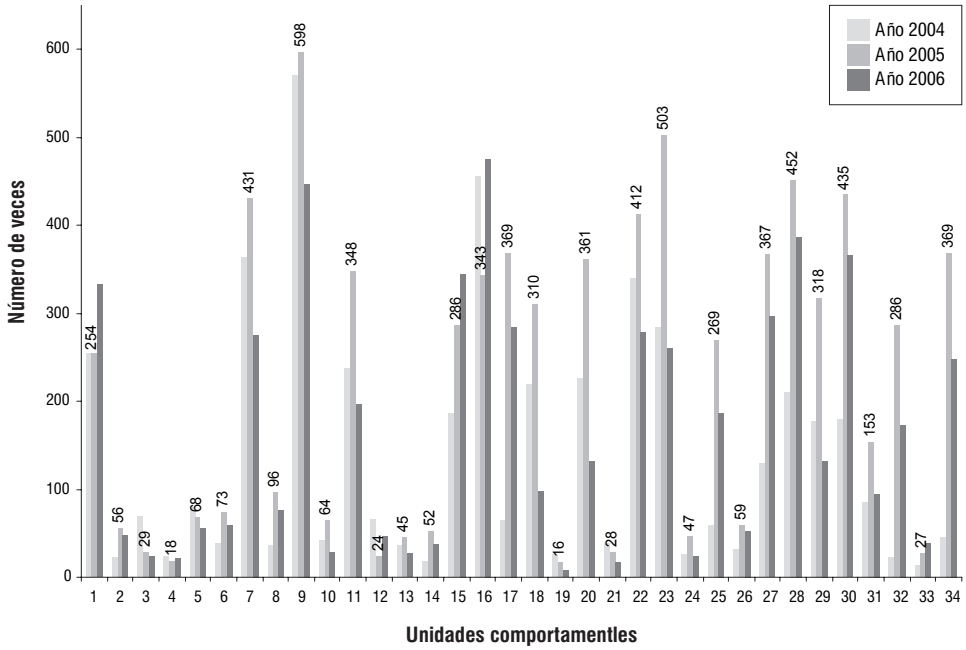


Figura 1. Comparativos de las conductas invernales del ganso nevado (*Chen caerulescens*), registradas en los años 2004, 2005 y 2006.

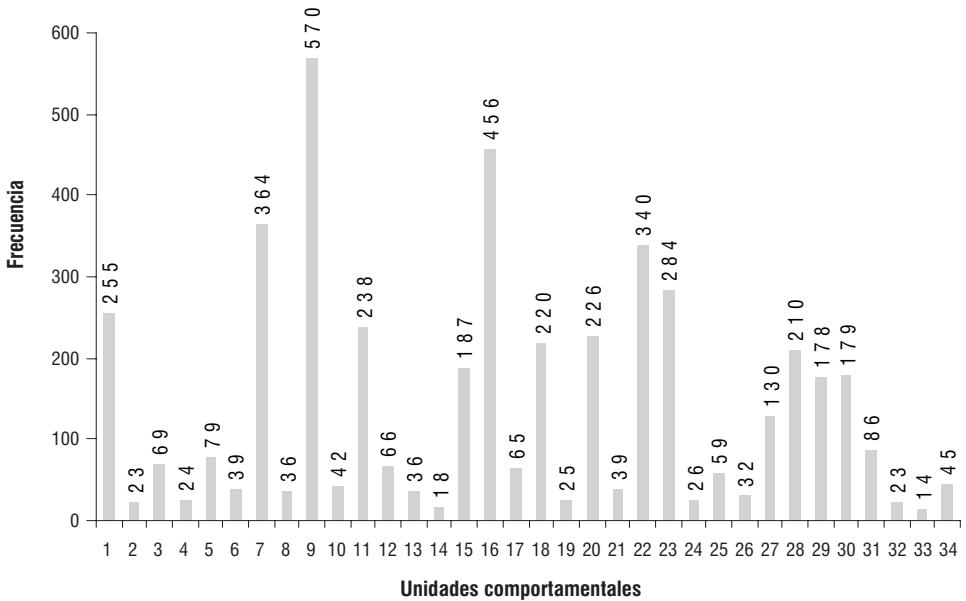


Figura 2. Frecuencia de conductas invernales de ganso nevado registradas en el año 2004.

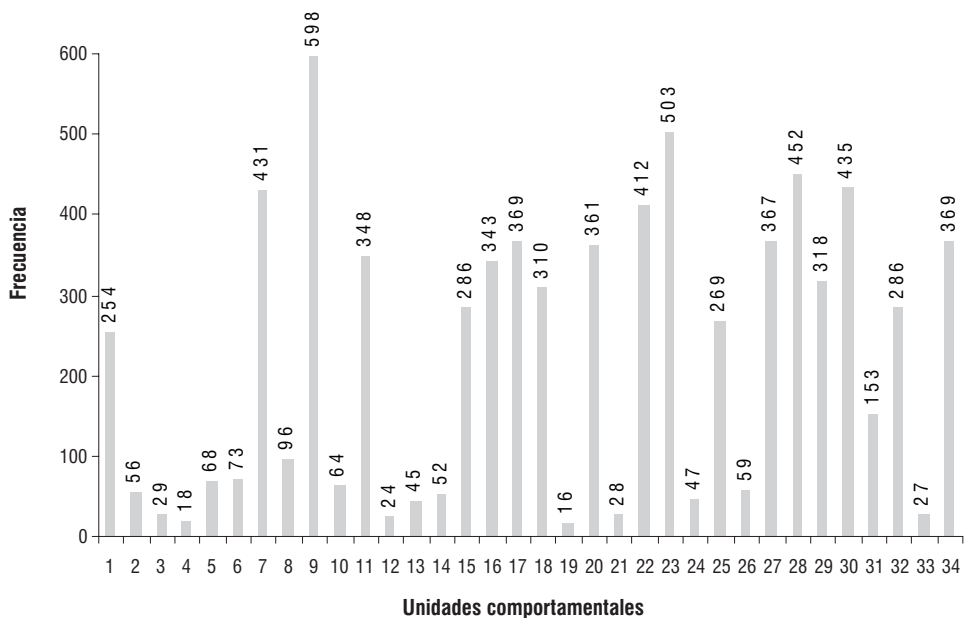


Figura 3. Frecuencia de conductas invernales de ganso nevado registradas en el año 2005.

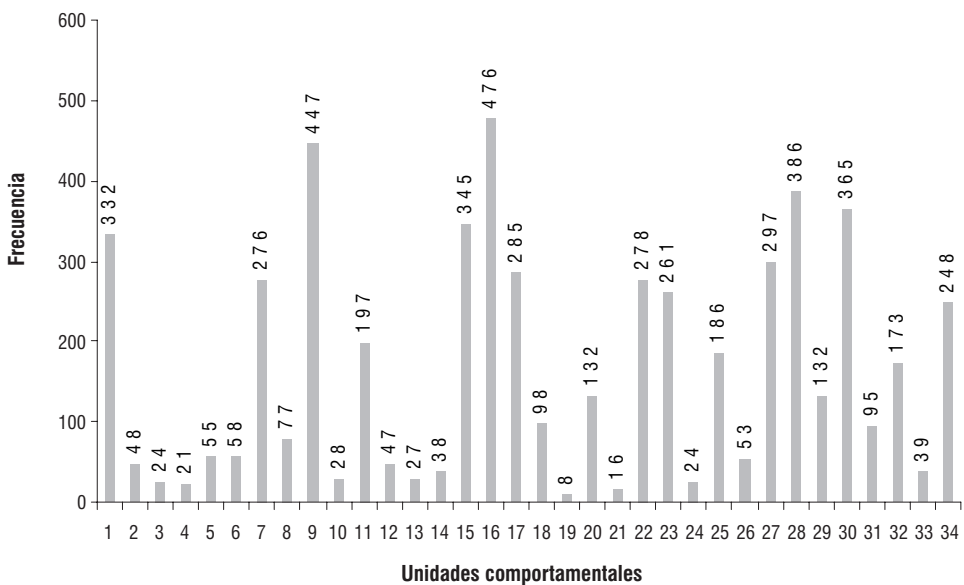


Figura 4. Frecuencia de conductas invernales de ganso nevado registradas en el año 2006.

SACUDIR LA COLA DE LADO A LADO: Conducta que puede suceder o no aún sin estar caminando y sin comer, significa además un movimiento más rápido, no constante y de velocidad variable mientras sucede.

MOVER LA COLA DE LADO A LADO: A diferencia del anterior, consiste en un movimiento de la cola más bien constante y el cual se realiza con cierta suavidad.

SE POSAN (ECHAN) EN EL PASTO: Acción efectuada por los sujetos cuando repliegan sus extremidades y se posan sobre el piso.

VOLAR: En esta categoría se agruparon todas las formas de vuelo observadas durante los registros (organizados, desorganizados, en círculo y en "V") y se registraba siempre y cuando las aves estuvieran en espacio aéreo independientemente de la forma en que lo hicieran.

ATERRIZAR EN LÍNEA RECTA (VERTICALMENTE): Es el hecho que de estar volando descienden en línea vertical, sin importar la altura, forma u organización de vuelo que efectuaban.

ATERRIZAR EN FORMA CIRCULAR: Parecida a la anterior pero diferenciada por descender gradualmente en forma circular (sin importar el tamaño de la trayectoria ni la altura de vuelo).

ATERRIZAR HORIZONTALMENTE: Esta forma también es gradual pero horizontal sobre el terreno e igual que la anterior sin importar la altura, velocidad o forma de vuelo.

Se seleccionaron siete unidades y se analizaron como se indica en los cuadros 2, 3 y 4, correspondiéndole uno a cada año del estudio, los cuadros muestran la tendencia de las conductas más frecuentes registradas durante el estudio y permi-

Cuadro 3. Frecuencias de ocurrencia de los eventos (unidades comportamentales) para ganso nevado (*Chen caerulescens*) registrados durante el año 2005.

| Obs. | U.C 1 | U.C 2 | U.C 3 | U.C 4 | U.C 5 | U.C 6 | U.C 7 | U.C 8 | U.C 9 | U.C 10 | U.C 11 |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 162 | 94 | 110 | 133 | 103 | 87 | 86 | 219 | 03 | 09 | 17 |
| 2 | 157 | 80 | 122 | 157 | 153 | 102 | 127 | 212 | 05 | 07 | 18 |
| 3 | 156 | 91 | 92 | 109 | 101 | 128 | 114 | 195 | 06 | 08 | 20 |
| 4 | 123 | 78 | 107 | 104 | 95 | 95 | 108 | 209 | 04 | 05 | 13 |
| Subt. | 598 | 343 | 431 | 503 | 452 | 412 | 435 | 835 | 18 | 29 | 68 |

Cuadro 4. Frecuencias de ocurrencia de los eventos (unidades comportamentales) para ganso nevado (*Chen caerulescens*) registrados durante el año 2006.

| Obs. | U.C 1 | U.C 2 | U.C 3 | U.C 4 | U.C 5 | U.C 6 | U.C 7 | U.C 8 | U.C 9 | U.C 10 | U.C 11 |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 58 | 89 | 64 | 21 | 39 | 33 | 64 | 87 | 04 | 04 | 12 |
| 2 | 82 | 63 | 43 | 48 | 74 | 57 | 26 | 95 | 02 | 04 | 09 |
| 3 | 105 | 84 | 39 | 59 | 73 | 43 | 94 | 83 | 03 | 05 | 10 |
| 4 | 73 | 57 | 47 | 43 | 65 | 46 | 63 | 101 | 05 | 03 | 09 |
| 5 | 67 | 98 | 41 | 38 | 52 | 62 | 91 | 97 | 02 | 06 | 04 |
| 6 | 62 | 85 | 42 | 52 | 83 | 37 | 27 | 92 | 04 | 02 | 11 |
| Subt. | 447 | 476 | 276 | 261 | 386 | 278 | 365 | 555 | 21 | 24 | 55 |

tiéndonos en un universo más pequeño de interpretación considerar que las mayores actividades desarrolladas por el ganso nevado son comer, volar, moverse suavemente, graznar y caminar despacio, etcétera, de forma secuencial para cada unidad seleccionada.

Estas acciones se encuentran asociadas a otros eventos sobresalientes que son importante identificarlos e interpretar la relación existente entre ellos, de tal manera que al menos para el presente estudio y las 11 conductas seleccionadas, todas las acciones o la mayoría de ellas durante el invierno pueden estar ligadas a la búsqueda de alimento, a la mejor selección del sitio (oferta nutricional del hábitat) y entre otras cosas al mayor aprovechamiento de los recursos disponibles.

Muchas de las conductas identificadas durante el estudio se registraron de forma individual o en ciertos casos se manifestaban por toda la población de manera gregaria o grupal.

En las figuras 5 a la 10 se puede ver algunos ejemplos de secuencias asociadas a los diferentes registros durante el estudio; en ellas se aprecia que comer seguramente esta asociado a otros eventos particulares y específicos que en este estudio y en esta fase no se tomaron en consideración; por ejemplo “Levantarse sobre sus patas (como de puntitas)” (figura 7), equivale a levantar el pecho y abrir las alas, “agruparse” o “desagruparse” (figura 8) y las formas de aterrizaje quizás marcan pautas de distribución entre ellos para alimentarse (en función de algún liderazgo o rol social), para descansar y buscar protección durante la noche, para garantizar la vigilancia constante contra depredadores; sin embargo, en el presente trabajo no se puede aún hacer afirmaciones precisas pues lo que se logró observar en los datos generados son las principales frecuencias de ciertos eventos conductuales mostrados por el Ganso nevado durante el invierno.

El tiempo invertido para la observación y registro de la conducta invernal fue equivalente a 65.86% de tiempo invertido

en la zona I y un 34.13% en Carmelitas, distribuido de la siguiente manera:

| # REG. | HORA DE INICIO | HORA FINAL | ZONA | TIEMPO |
|--------|----------------|------------|--------------|----------------------|
| 01 | 18:00 | 19:20 | Islas | 01'20" |
| 02 | 07:30 | 11:00 | Carmelitas | 04'00" |
| 03 | 17:00 | 20:00 | Islas | 03'00" |
| 04 | 18:30 | 20:00 | Islas | 02'30" |
| 05 | 06:30 | 12:00 | Carmelitas | 05'30" |
| 06 | 17:30 | 20:00 | Carmelitas | 02'30" |
| 07 | 10:30 | 11:00 | Islas | 00'30" |
| 08 | 17:30 | 20:15 | Islas | 00'45" |
| 09 | 07:30 | 10:35 | Islas | 04'05" |
| 10 | 16:30 | 19:15 | Carmelitas | 00'45" |
| 11 | 12:00 | 13:30 | Islas | 01'30" |
| 12 | 18:30 | 20:00 | Islas | 00'30" |
| 13 | 07:00 | 11:30 | Carmelitas | 04'30" |
| 14 | 08:30 | 11:30 | Islas | 04'00" |
| 15 | 17:15 | 19:00 | Islas | 02'45" |
| 16 | 08:30 | 12:15 | Islas | 03'45" |
| 17 | 17:30 | 18:30 | Carmelitas | 01'00" |
| 18 | 09:30 | 12:00 | Carmelitas | 02'30" |
| | | | Total | 35 hrs 30 min |

Se observó que el ganso nevado (*Chen caerulescens*) tiene una tendencia a invertir la mayor actividad en comer, como se ha venido comprobando (de acuerdo con las tendencias), pero la conducta de comer no es un hecho aislado en el sistema, pues los beneficios obtenidos y el aprovechamiento del recurso va más allá que la misma especie de interés en el presente estudio (cuadro 5).

Discusiones

Para el caso del estudio realizado con el ganso, “comer” (actividad en general interpretada como sencilla y cotidiana) significa “forrajear” y a su vez, el forrajeo es una actividad que requiere condiciones y circunstancias para que sea exitoso y para



Figuras 5 y 6. Levantar la cabeza y observar alrededor conductas que pueden registrarse como grupales o individuales.

que se desarrolle en los individuos (pues de ello y para muchas especies va a depender finalmente su supervivencia y otros fenómenos biológicos de las poblaciones que lo realizan). De acuerdo con Wheelwright et al. (2003) a parte de la disposición y existencia del recurso alimenticio en el medio, implica y exige un tiempo de aprendizaje para algunas especies estudiadas porque el poder forrajear depende de las características anatómicas, de las adaptaciones fisiológicas, de la distribución y cantidad de individuos a la que pertenece un sujeto y entre otras, de la calidad adecuada del recurso una vez encontrado. Exige desarrollo de destrezas y en la mayoría de las veces este patrón se asocia a la edad, madurez, el grado de desarrollo del sujeto y de suma importancia ecológica requiere invertir un tiempo del día, del año o de la vida del sujeto para hacerlo.

La competencia al forrajear es otra de las condicionantes para su éxito pues el individuo no suele hacerlo solo, lo puede realizar en compañía de otros de su misma especie (población) o lo más común en la naturaleza acompañado de otras especies diferentes estableciéndose una distribución espacial en el área de alimentación generándose complicadas interacciones conductuales.

De acuerdo con las tendencias observadas, se encontró que durante el invierno de cada año los gansos encuentran las siguientes condiciones para llevar a cabo el forrajeo:

A) DEL HÁBITAT

1. Independientemente de las condiciones naturales y ambientales del área de estudio, parece haber una cantidad suficiente del recurso alimenticio (vegetación halófila y otros pastos) que permiten mantener las poblaciones durante el invierno.
2. A pesar de la contaminación, la degradación de suelo, la desertificación, la fragmentación del hábitat y el gradual pero intenso cambio uso de suelo, la laguna de Sayula ofrece actualmente capacidad para mantener importantes especies migratorias forrajeras.
3. El clima, la temperatura ambiente, la humedad y otras variables físico-químicas muestran tendencia a ser favorables para una estancia y un forrajeo exitoso de los gansos.

B) DEL ALIMENTO

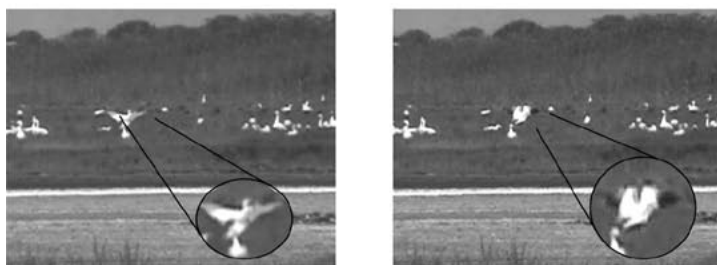
1. La cantidad de pastos y su distribución en el área de estudio permite que sean factibles de encontrar para facilitar el forrajeo y suficiente para mantener las cantidades de ganso durante el invierno y otros organismos el resto del año.
2. Los pastos asociados al forrajeo del ganso, tienen una fenología y cambios durante el año que parece haber una tendencia en invierno para satisfacer la calidad alimenticia demandada (con-



Levantarse el pecho y abrir las alas



Extender alas y ponerlas en "V"



Caminar en fila

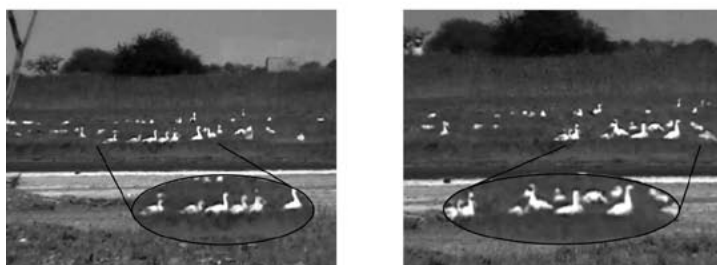


Figura 7. Bloque 1: Algunas Unidades Comportamentales registradas durante el estudio.



Agrupados



Figura 8. Bloque 2: Algunas Unidades Comportamentales registradas durante el estudio.

dición que favorece la selección de los sitios de forrajeo).

3. Con base a los resultados, hay una tendencia a suponer que la oferta nutricional del hábitat favorece forrajeos exitosos para los gansos y otros organismos en invierno.

c) DE LA ESPECIE

1. Por el tiempo y la temporada de migración del ganso nevado, observamos cierta tendencia a coincidir con los mejores momentos fenológicos (forrajeros) de los pastos silvestres para satisfacer los requerimientos nutricionales de las aves en cuestión.



Comiendo y caminando

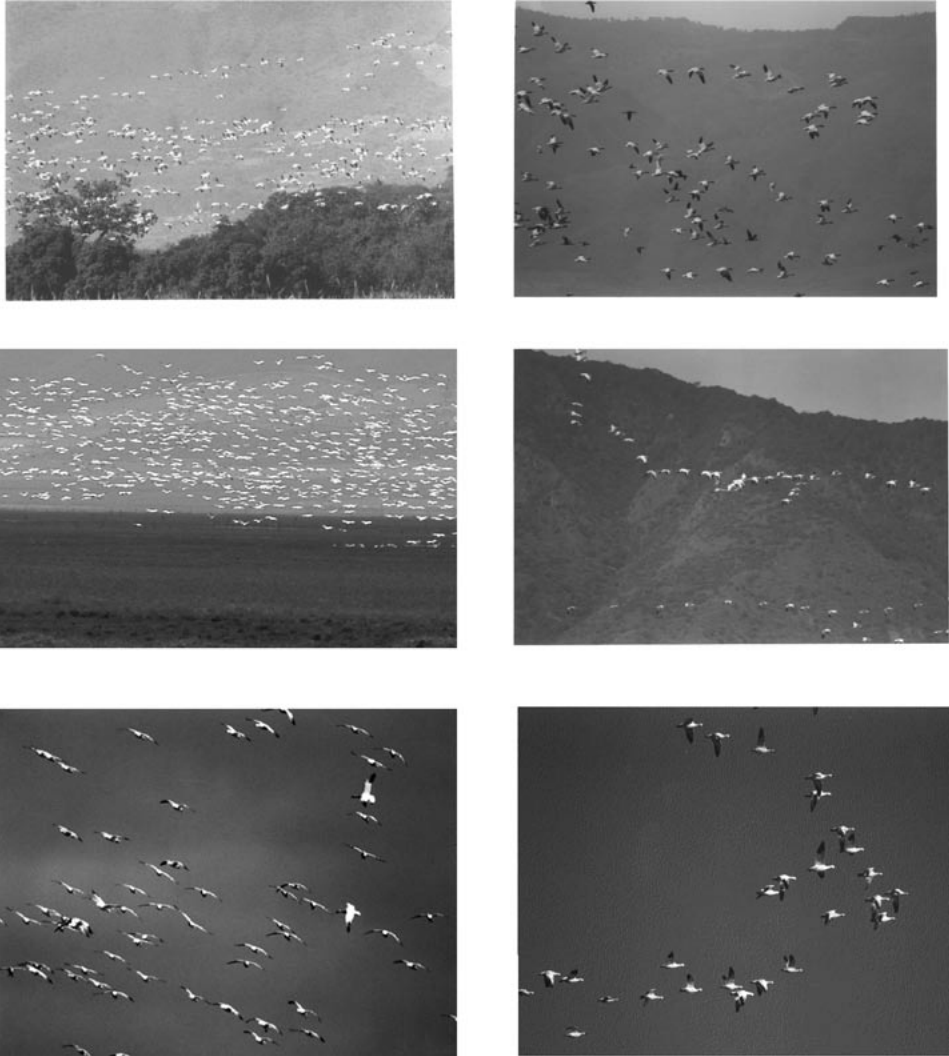


La mayoría comiendo



Levantarse la cabeza y observar alrededor

Figura 9. Bloque 3: Algunas Unidades Comportamentales registradas durante el estudio.



Vuelo organizado, desorganizado y en "V"

Figura 10. Bloque 4: Algunas Unidades Comportamentales registradas durante el estudio.

2. La tendencia observada es que el forrajeo no es una situación azarosa ni fortuita, sino que responde a una condición que garantiza éxito en la búsqueda y adquisición del recurso.
3. Por la anatomía y las características de los gansos, la conducta alimenticia del ganso (forrajeo) exige invertir un tiempo significativo en la actividad (comparada

con otras actividades registradas), pero a su vez requiere una organización al interior que deba garantizar la estabilidad social de las poblaciones.

4. Al desconocer la edad, el sexo y el rol social de los individuos estudiados, consideramos que la distribución de todos en el hábitat al forrajear debe en la me-

Cuadro 5. Porcentaje de respuesta obtenido de los eventos seleccionados para el estudio de la conducta invernal de ganso nevado en la laguna de Sayula (incluye los periodos 2004, 2005 y 2006).

| U. C. | Descripción general | # de veces registro total de U.C. | Porcentaje de respuesta |
|----------------|--|-----------------------------------|-------------------------|
| 01 | Comer | 1,615 | 19.69 |
| 02 | Graznar fuerte o suave | 1,071 | 13.05 |
| 03 | Caminar despacio conforme comen | 1,071 | 13.05 |
| 04 | Moverse suavemente de manera circular | 1,048 | 12.77 |
| 05 | Sacudir la cola de lado a lado | 1,048 | 12.77 |
| 06 | Mover la cola de lado a lado | 1,030 | 12.55 |
| 07 | Se posan (echan) en el pasto | 979 | 11.93 |
| 08 | Volar en general | 168 | 2.04 |
| 09 | Aterrizar horizontalmente | 79 | 0.96 |
| 10 | Aterrizar en forma circular | 69 | 0.84 |
| 11 | Aterrizar en línea recta (Verticalmente) | 24 | 0.29 |
| TOTALES | | 8,202 | 99.94 |

didada de lo posible responder a defender y proteger la integridad de las parvadas.

- Se supone que la fisiología del ganso es tal, que permite la adecuada digestión y el máximo aprovechamiento metabólico de las especies forrajeras disponibles en la laguna.

Bibliografía

- Aparicio, C. F.** 2001. *Manual para la observación y registro del comportamiento*. Universidad de Guadalajara, México.
- Belanger, L. & J. Bedard.** 1992. Flock composition and foraging behavior of greater snow geese (*Chen caerulescens atlantica*). *Can. J. Zool.* **70**: 2410–2415.
- Belanger, L. & J. Bedard.** 1995. Use of ice scoured depressions by marsh foraging snow geese (*Chen caerulescens atlantica*). *Can. J. Zool.* 253–259.
- Bellrose, F. C.** 1981. *Ducks, Geese and swans of North America*. Rev. ed. Stackpole Books, Harrisburg, Pennsylvania.
- Bellrose, F. C.** 1976. *Ducks, Geese, & Swans of North America*, A Wildlife Management Institute Book: Stackpole Books: Harrisburg, Pennsylvania, 17105.
- BirdLife International.** 2004. *Chen caerulescens*. (2006) IUCN Red List of Threatened

Species. IUCN 2006. Downloaded on 11 May 2006.

- Cassini, H. M.** 1999. *Etología y conservación: un encuentro con futuro*. Organización Profaua Argentina, Argentina.
- Delgadillo, V. A.** 1995. *Identificación y censo de la avifauna migratoria y residente de la laguna de Sayula, Jalisco*. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Biológicas y Ambientales. Universidad de Guadalajara, México.
- Erickson, P. G. P.** 1996. Systematic relationships of the Palaeogene family Presbyornithidae (Aves: Anseriformes). *Zoological Journal of the Linnean Society* **121**(4): 429–483.
- Gulford, H., Howard.** 1995 *Conductual Analisis aplicada*. American Society of Psychology. Philadelphia, Pennsylvania, USA.
- IUCN.** 2006. *Red List of Threatened Species* (On line). Accessed on 11 May 2006 <http://www.redlist.org/search/details.php>
- Jefferies, L., & F. Rocwell.** 2003. Foraging geese, vegetation loss and soil degradation in an Arctic salt marsh. Department of Botany, University of Toronto. *Applied Vegetation Science* **5**: 7–16.
- Lawrence, L. C.** 1986. Behavior analysis takes a field trip: a review of Krebs and Davies' behavioural ecology: an evolutionary approach

- ach. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior* **46**(3): 395–411.
- Peterson, R. y E. Chalif.** 1994. *Aves de México*. Guía de campo. Editorial Diana. México. 473 pp.
- Peterson, R. y E. Chalif.** 1990. *Western Birds*. Houghton Mifflin. New York.
- Skinner, B. F.** 1938. *Behavior of organisms*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Villegas, F. E.** 1995. *Vegetación de la Laguna de Sayula, Jalisco, México*. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Biológicas y Ambientales. Universidad de Guadalajara, México.
- Villegas, E.** 1996. *Estudio florístico de la Laguna de Sayula*. Tesis de Licenciatura. Inédita. Universidad de Guadalajara, México.
- Wheelwright, N. & J. Templeton.** 2003. Development of foraging Skills and the transition to Independence in juvenile Savannah Sparrows. *The Cooper Ornithological Society. The condor* **105**: 279–287.

FECHA EFECTIVA DE PUBLICACIÓN
29 DE DICIEMBRE DE 2008

Banco de semillas en el suelo de un bosque mesófilo de montaña en la Sierra de Manantlán, México

Claudia Ortiz-Arrona¹, Angela Saldaña Acosta¹, Lázaro R. Sánchez-Velásquez² y Brenda J. Castillo Navarro¹

¹Departamento de Ecología y Recursos Naturales- IMECBIO, Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara. Independencia Nacional #151, Autlán 48900, Jalisco.

²Laboratorio de Biotecnología y Ecología Aplicada (LABIOTECA), Dirección General de Investigaciones, Campus para la Cultura, las Artes y el Deporte, Av. De las Culturas Veracruzana No. 101, Col. Emiliano Zapata, CP 91090, Xalapa, Ver.

Correo electrónico: cortiz@cucsur.udg.mx, lasanchez@uv.mx

Resumen: Con el propósito de conocer la composición, riqueza y diversidad de especies en el banco de semillas (BS) del suelo de un bosque mesófilo de montaña de la Sierra de Manantlán, se llevaron a cabo un total de 40 colectas de muestras de suelo, de 30 × 30 cm y 5 cm de profundidad, a través de cuatro períodos del año (febrero, mayo, agosto y noviembre). La identificación se llevó a cabo en la fase de plántulas, a través del método de germinación. Se registraron un total de 80 especies, pertenecientes a 48 géneros y 31 familias. Se encontró que predominaron las herbáceas con 50 especies, seguidas por las arbustivas y arbóreas. *Eupatorium ciliatum* (Compositae) fue la más abundante y frecuente en las muestras. La similitud en la composición florística del BS y la vegetación en el sitio fue relativamente baja ($C_j = 0.45$). Los resultados indican cierta disponibilidad estacional de las especies en el BS, ya que para el caso de las arbóreas está fuertemente relacionado con su temporada de fructificación. Se discute la importancia de la reserva de semillas en el suelo como fuente de propágulos para la regeneración del bosque mesófilo de montaña, así como su papel en el mantenimiento de la diversidad florística de esta comunidad vegetal en peligro de extinción.

Palabras clave: banco de semillas, bosque mesófilo de montaña, regeneración, sucesión forestal, Reserva de la biosfera Sierra de Manantlán.

Abstract: This study describes the composition, richness and diversity of species in the soil seed bank from a cloud forest in the Sierra de Manantlan Biosphere Reserve. Throughout four seasons of the year (February, May, August and November), 40 samples were collected measuring 30 × 30 cm and 5 cm deep. The seedling species were identified by means of the seed germination method. A total of 80 species, belonging to 48 genera and 31 families, were registered. Herbs were the richest group with 50 species, followed by shrubs and tree species. *Eupatorium ciliatum* (Compositae) was the most abundant and frequent species of the samples. The similarity in composition between the soil seed bank and the site vegetation was relatively low. ($C_j = 0.45$). Results suggest that the availability of the tree species in the soil seed bank is temporal and strongly related to the fruiting period. The importance of the seed bank as a source for the regeneration of cloud forest and its role in the maintenance of the floristic diversity of this vegetation community in danger of extinction is discussed.

Key words: soil seed bank, cloud forest, regeneration, forest succession, Sierra de Manantlán Biosphere Reserve.

Introducción

La importancia de los bancos de semillas en la regeneración, recuperación y conservación de los bosques, en especial después de una perturbación se ha demostrado en diversos estudios en bosques tropicales y templados (Dalling et al. 1998; Tekle y Bekele 2000; Bossuyt y Hermy 2001; Lambers et al. 2005, entre otros). Los estudios sobre este reservorio de semillas en el suelo se han enfocado a estimar su tamaño, densidad y composición florística, así como en evaluar su contribución en el proceso de regeneración de los bosques, pues funciona como una de las estrategias más importantes de las plantas para la incorporación de nuevos individuos para las poblaciones (Rico-Gray y García-Franco 1992; Williams-Linera 1993; Arévalo y Fernández-Palacios 2000; Álvarez-Aquino et al. 2005).

Otros aspectos tales como; las características fisiológicas y ecológicas de las semillas, además de la similitud florística entre el banco de semillas (BS) y la vegetación en pie, así como los cambios que pueda sufrir el BS en el tiempo, se consideran como determinantes en el proceso de regeneración (Tekle y Bekele 2000).

El bosque mesófilo de montaña (BMM) es uno de los ecosistemas en peligro de extinción en México, y su conservación es prioritaria en áreas protegidas como la Reserva de la Biosfera Sierra Manantlán (RBSM) (Jardel et al. 1993; Challenger 1998). Presenta, además, una composición florística heterogénea, i.e. una alta diversidad beta (Muñoz 1992) y se considera como uno de los tipos de vegetación más diverso en nuestro país, contiene 10% de las especies de plantas vasculares del país (Rzedowski 1991). Se estima que el bosque mesófilo remanente en la RBSM es de 2,500 ha, por lo que es la segunda área más extensa con protección oficial en la vertiente del Océano Pacífico (Cuevas y Jardel 2004). Los estudios sobre la regeneración y sucesión en bosques de pino, pino-encino y mesófilo de montaña

en la estación científica Las Joyas (ECLJ), centro-oeste de la RBSM, muestran que el bosque mesófilo se redujo y fragmentó en menos de 30 ha entre 1972 y 1990, como resultado de los desmontes agrícolas, el pastoreo, la explotación de madera y los incendios inducidos (Jardel 1991; Saldaña y Jardel 1992; Santiago y Jardel 1993; Hernández-Vargas et al. 2000), cuya proyección del cambio futuro indica una ligera tendencia a disminuir y luego a estabilizarse (Jardel et al. 2004a).

Asimismo, diversos estudios en esta región realizados por Saldaña y Jardel (1992), Pineda-López (1998), Sánchez-Velásquez y García-Moya (1993), Ortiz (1999), Jardel (2004a) y otros autores, fundamentan la hipótesis de que el establecimiento de especies latifoliadas en el sotobosque de pinos, así como en matorrales secundarios, hace esperar que por medio de la sucesión se recuperen áreas de bosque mesófilo de montaña.

Los estudios de los BS en bosques mesófilos de montaña en México son escasos (Cheke et al. 1979; Lawton y Putz 1988; Williams-Linera 1993), pero se sabe que los disturbios afectan su tamaño y composición, de acuerdo a su intensidad y frecuencia (Álvarez-Aquino et al. 2005). En la estación científica Las Joyas de la Sierra de Manantlán, se documenta un largo historial de perturbaciones antropogénicas y de procesos sucesionales; sin embargo, este es el primer estudio que se realiza en cuanto a la descripción de la composición y tamaño del BS, el cual nos ofrece un mejor entendimiento de la dinámica de este tipo de ecosistemas para dirigir los esfuerzos en su conservación y restauración. La observación de este componente en el suelo en diferentes épocas del año, permite inferir los períodos de latencia de las especies e identificar especies que forman reservorios persistentes o temporales (Arévalo y Fernández-Palacios 2000; Warr et al. 1994; Walck et al. 2005). Las interrogantes que se plantearon en este trabajo fueron: 1) ¿Existen diferencias significativas en tamaño y composición florística del BS del

bosque mesófilo de montaña en diferentes estaciones del año? 2) ¿Cuál es la similitud entre las especies del BS versus la vegetación establecida?, y 3) ¿Cuál es el posible papel que puede desempeñar como fuente de semillas en la regeneración del bosque mesófilo de montaña?

Área de estudio

La Sierra de Manantlán se localiza en los estados de Jalisco y Colima en el Occidente de México y se estableció como Reserva de la Biosfera en 1987. La reserva tiene tres zonas núcleo, una de las cuales es "Manantlán-Las Joyas" en la que se encuentra localizada la estación científica Las Joyas (19° 35' 27" N y 104° 16' 00" O), dentro de los municipios de Cuautitlán y Autlán, a 50 km de la costa del Océano Pacífico (Jardel 1992).

El clima de Las Joyas, es templado subhúmedo Ca y Cb de la clasificación de Köppen modificada por García (1972 citado en Martínez-Rivera et al. 1993). La temperatura media anual es de 17 °C con una precipitación anual de 1609 mm, con régimen de lluvias de junio a octubre, y una temporada seca de enero a mayo. La cobertura vegetal de ECLJ de la RBSM está formada por mosaicos de diferentes estados sucesionales, dominada por bosques de pino-encino (63%), bosque mesófilo de montaña (en cañadas y depresiones) (20%), matorrales y pastizales secundarios (17%) (Jardel 1991; Sánchez-Velásquez y García-Moya 1993; Sánchez-Velásquez et al. 1996; Jardel et al. 2004a). *Pinus douglasiana* Martínez domina el bosque de pino, pino-encino y algunos rodales de BMM (Sánchez-Velásquez et al. 1996). El bosque mesófilo se encuentra principalmente en laderas bajas, valles intermontanos, cañadas y depresiones, con suelos profundos y húmedos. Asimismo, se observa un patrón sucesional en el cual los pinos y encinos se comportan como especies pioneras que tienen tendencia a ser reemplazadas por las especies arbóreas del bosque mesófilo, más tolerantes a la sombra y capaces de estable-

cerse en el sotobosque de sitios húmedos y fértiles (Jardel 1991; Saldaña y Jardel 1991; Sánchez-Velásquez y García Moya 1993; Jardel et al. 2004b). Algunos de los componentes arbóreos característicos del bosque mesófilo de montaña son *Dendropanax arboreus* (L.) Decne & Planch., *Carpinus tropicales* Furlow, *Cinnamomum pachypodium* (Nees) Kosterm., *Clethra fragrans* L.M. Gonzalez y R. Ramirez, *Persea hintonii* Allen, *Zinowiewia concinna* Lundell, *Cornus disciflora* Sessé & Moc. ex DC, *Ilex brandegeana* Loes, *Magnolia iltisiana* Vázquez y *Quercus xalapensis* Humb. y Bonpl. (Saldaña y Jardel 1991; Ortiz 1992; Jardel et al. 2004a). Este trabajo se realizó en un bosque mesófilo de montaña ubicado en la porción sureste de la ECLJ (19° 35" norte y 103° 15" oeste).

Métodos

En el bosque mesófilo descrito, fueron colectadas de forma aleatoria diez muestras de suelo de 30 × 30 cm y 5 cm de profundidad, además de la hojarasca. Se realizaron cuatro colectas durante 1991: febrero, mayo, agosto y noviembre, haciendo un total de 40 muestras de suelo. Cada muestra se transportó en bolsas de plástico negro a un invernadero rústico en la estación científica. El método usado para determinar la composición de especies del BS fue la germinación directa (Salmerón 1984; Fenner 1985; Alcocer 1988; Gross 1990; Williams-Linera 1993; Dalling et al. 1994; Arévalo y Fernández-Palacios 2000). Las muestras de suelo fueron extendidas sobre una capa de 2 cm de sustrato orgánico esterilizado (germinaza) en una charola de plástico (4 × 40 × 55 cm); se removió hojarasca, ramas y raíces de la muestra, y se aplicó fungicida. La muestra control consistió en una charola solo con germinaza.

Las muestras tuvieron riego diario o cada tercer día, según fuera necesario. La temperatura y humedad relativa promedio que se registró en el invernadero fue de 17.5 °C (mínimas de 8.5 °C y máximas de 26.5 °C) y 77% respectivamente. Para cada

una de las cuatro colectas, la germinación se observó y registró durante seis meses, excepto para la colecta de noviembre, para la cual las observaciones fueron suspendidas a los tres meses, después de algunas semanas sin obtener nuevos registros de germinación. Una vez que se identificaron las plántulas se removieron de la charola. Aquellas que no se pudo identificar durante el período de germinación establecido, fueron transplantadas a contenedores individuales (bolsas negras de polietileno) hasta confirmar su identificación. La identificación de las plántulas se realizó con el apoyo de investigadores del herbario ZEA del Departamento de Ecología del Centro Universitario de la Costa Sur y se dispone de una colección de plántulas de referencia.

La caracterización de la composición y estructura del bosque se realizó a través de la técnica de punto cuadrante (Cottam y Curtis 1956). Se midieron y registraron los árboles con diámetro a la altura del pecho ≥ 5 cm y arbustos. Para el componente herbáceo se estimó su cobertura (dispersa, agregada o continua) y cantidad relativa (abundante, moderada, escasa). La diversidad del BS se estimó con el Índice de Shannon (H') e Índice de Equidad de Pielou (E) (Ludwig y Reynolds 1988; Moreno 2001; Zhu 2002-2004). Se calculó la similitud de la composición de especies del BS entre colectas y la similitud de las especies presentes con la vegetación del sitio, usando el coeficiente de Jaccard (C_j) (Magurran 1996). La comparación de la abundancia y riqueza de especies entre colectas se analizó con la prueba de comparaciones múltiples no paramétricas de Kruskal-Wallis ($P < 0.05$) y el análisis de Tukey (Zar 1984).

Resultados

En el BS se registraron un total de 80 especies incluidas en 48 géneros y 31 familias (anexo 1). Las familias con un mayor número de géneros y especies fueron: Solanaceae, Compositae, Gramineae,

Leguminosae y Celastraceae, las cuales representan el 76% del total de las plántulas observadas (cuadro 1). En total, se registraron 3,921 plántulas en las 40 muestras de suelo. En la muestra control, no se observó germinación durante la fase experimental.

Se observaron diferencias significativas en la composición de especies ($H = 28.3$, $N = 40$, $P < 0.0001$) y en el número de plántulas ($H = 26.3$, $N = 40$, $P < 0.0001$) entre colectas. El grupo de las herbáceas fue el de mayor densidad (54%) y mayor número de especies (50 de un total de 80) en el BS, seguidas por las arbustivas y arbóreas, y un grupo menor formado por especies trepadoras, epífitas y parásitas (cuadro 2).

Las especies más abundantes y frecuentes por colecta fueron: a) colecta 1 (febrero): *Eupatorium ciliatum* B.L. Rob., *E. areolare* DC. y *Phaseolus* sp., b) colecta 2 (mayo): *Eupatorium ciliatum*, *E. areolare* y *Crusea coccinea* DC., c) colecta 3 (agosto): *Eupatorium ciliatum*, *Smalanthus mcvaughii* (J.R. Wells) H. Rob., *Clethra*

Cuadro 1. Familias mejor representadas en cuanto al número de géneros y especies, y su porcentaje en la composición florística total en el banco de semillas del bosque mesófilo de montaña en la estación científica Las Joyas.

| FAMILIAS | GÉNEROS | ESPECIES | INDIVIDUOS | |
|-----------------|-----------|-----------|-------------|------------|
| | | | NO. | (%) |
| 1. Solanaceae | 4 | 10 | 184 | 5.2 |
| 2. Compositae | 6 | 7 | 2299 | 65.1 |
| 3. Gramineae | 4 | 5 | 65 | 1.8 |
| 4. Leguminosae | 3 | 3 | 113 | 3.2 |
| 5. Celastraceae | 2 | 2 | 30 | 0.8 |
| 6. Labiatae | 2 | 2 | 60 | 1.8 |
| 7. Malvaceae | 2 | 2 | 3 | 0.1 |
| 8. Myrsinaceae | 2 | 2 | 12 | 0.3 |
| 9. Oxalidaceae | 1 | 2 | 139 | 3.9 |
| 10. Rubiaceae | 1 | 2 | 124 | 3.5 |
| 11. Otras | 21 | 43 | 503 | 14.2 |
| Total | 48 | 80 | 3532 | 100 |

Cuadro 2. Número de semillas (N) y número de especies (E) encontradas en el banco de semillas en el suelo, agrupadas de acuerdo a su forma biológica. Letras diferentes muestran diferencias significativas entre estaciones ($p < 0.5$).

| Forma biológica | Colectas de muestras de suelo | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|----|-------------------|----|-------------------|----|------------------|---|-------|----|
| | febrero | | mayo | | agosto | | noviembre | | Total | |
| | N | E | N | E | N | E | N | E | N | E |
| Árboles | 10 | 3 | 100 | 7 | 60 | 4 | 14 | 7 | 184 | 21 |
| Arbustivas | 79 | 10 | 122 | 10 | 118 | 4 | 45 | 3 | 364 | 27 |
| Hierbas | 692 | 19 | 823 | 24 | 1242 | 20 | 153 | 8 | 2910 | 71 |
| Trepadoras, parásitas y epífitas | 1 | 1 | 6 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 | 5 |
| No identificadas | 9 | 2 | 35 | 15 | 19 | 10 | 4 | 1 | 67 | 28 |
| Total N° de especies (E) | 35 ^a | | 58 ^b | | 39 ^e | | 20 ^e | | 80 | |
| Total N° de semillas (N) | 791 ^a | | 1086 ^b | | 1440 ^e | | 217 ^d | | 3534 | |
| Promedio de semillas / m ² | 878.8 | | 1205.6 | | 1598.9 | | 238.8 | | | |
| Error estándar | 77.8 | | 60.4 | | 186.4 | | | | | |

fragrans L.M. González y R. Ramírez y d) colecta 4 (noviembre); *Eupatorium ciliatum*, *Rubus humistratus* Steud y *Crusea coccinea*. En esta última colecta de suelo no se registraron plántulas de *Eupatorium areolare* o *Smalanthus mcvaughii* y la densidad de las especies restantes fue baja comparada con las colectas anteriores (cuadro 3). *Eupatorium ciliatum* fue la más abundante y frecuente en el BS.

El valor de diversidad y equidad de especies para todas las muestras de suelo fue de $H' = 2.10$ y $E = 0.48$, respectivamente. La colecta de mayo tuvo el más alto valor de diversidad y equidad ($H' = 2.04$, $E = 0.65$), mientras que la colecta de noviembre fue la menos diversa ($H' = 1.34$, $E = 0.36$). Al comparar la similitud florística entre las cuatro colectas se observó que las colectas 1 (febrero) y 2 (mayo) fueron las más similares ($C_J = 0.45$), y las colectas 2 (mayo) y 4 (noviembre) las menos similares ($C_J = 0.24$). Las especies herbáceas comunes para las cuatro colectas fueron: *Oplismenus burmanii* (Retz.) Beauv.,

Salvia mexicana L., *Phaseolus* sp., *Oxalis corniculata* L., *Phytolacca icosandra* L., *Crusea longiflora* (Willd. ex R. & S.) W.R. Anderson y *Solanum americanum* Mill. Las arbustivas comunes registradas fueron *Cestrum* sp., y *Solanum chrysotrichum* Schlecht. Mientras que, *Clethra fragrans* L.M. González y R. Ramírez fue la única especie arbórea presente en las cuatro colectas (anexo 1).

La similitud en la composición de especies del BS en el suelo y de la vegetación presente en el sitio de estudio fue de $C_J = 0.42$. Esto significa que el 44% de las herbáceas encontradas en el banco estuvo presente en la vegetación del sitio, entre las que se encuentran: *Eupatorium* aff. *ciliatum*, *E. areolare* y *Crusea coccinea*. Asimismo, entre el 46% de las arbustivas presentes en ambas comunidades, se encuentran; *Desmodium* sp., *Cestrum* sp. y *Fucsia* sp. Mientras que algunas de las arbóreas presentes en ambas comunidades fueron *Zinowiewia concinna*, *Rapanea jurgensenii* Mez, *Carpinus tropicales*,

Cuadro 3. Densidad (D) (núm. plántulas/m² ± error estándar) y frecuencia relativa (FR) de las especies más frecuentes y/o abundantes en el banco de semillas del bosque mesófilo de montaña.

| Especies | Colecta 1 (febrero) N=10 | | Colecta 2 (mayo) N=10 | | Colecta 3 (agosto) N=10 | | Colecta 4 (noviembre) N=10 | |
|------------------------------|--------------------------------|-------|-----------------------------|-------|-------------------------------|-------|----------------------------------|-------|
| | D±DE | FR(%) | D±DE | FR(%) | D±DE | FR(%) | D±DE | FR(%) |
| <i>Eupatorium ciliatum</i> | 471±20 | 100 | 446±12 | 100 | 1171±67 | 100 | 126±6 | 70 |
| <i>E. areolare</i> | 44±9 | 60 | 78±24 | 50 | 58±5 | 50 | * | * |
| <i>Smallanthus mcvaughii</i> | 36±3 | 80 | 47±12 | 100 | 61±3 | 80 | * | * |
| <i>Rubus humistratus</i> | 19±1 | 80 | 54±14 | 90 | 41±4 | 70 | 27±2 | 50 |
| <i>Crusea coccinea</i> | 23±1 | 60 | 63±18 | 80 | 25±1 | 70 | 14±2 | 60 |
| <i>Clethra fragrans</i> | 6±1 | 40 | 58±17 | 80 | 58±2 | 100 | 3±0 | 10 |
| <i>Oxalis corniculata</i> | 45±5 | 80 | 67±18 | 90 | 6±1 | 30 | 1±0 | 10 |
| <i>Phaseolus</i> sp. | 54±5 | 90 | 48±14 | 80 | 7±1 | 50 | 1±0 | 10 |
| <i>Phytolacca icosandra</i> | 13±1 | 70 | 16±4 | 70 | 10±1 | 60 | 6±1 | 30 |
| <i>Solanum americanum</i> | 20±1 | 80 | 61±21 | 70 | 11±1 | 70 | 12±1 | 60 |

*No se registraron plántulas de *E. areolare* en la colecta 4.

Dendropanax arboreus y *Cinnamomum pachypodium*, que representa el 75% de especies arbóreas presentes en el sitio.

Discusión

La riqueza de especies en el BS del suelo que se obtuvo en este estudio (80) es un valor relativamente alto, si se compara con aquellos valores reportados por Williams-Linera (1993) para el bosque mesófilo de montaña en la Sierra de Manantlán y otras regiones del país, para los cuales se dieron a conocer valores entre 63 y 76 especies que incluyen árboles, arbustos y hierbas. Williams-Linera (1993) señala que los sitios de BBM ubicados en el sur del país son más diversos, por ejemplo, Chiapas y Veracruz con 75 y 76 especies respectivamente. Los resultados de Alvarez-Aquino et al. (2005) para un bosque mesófilo en Veracruz reportan un BS, con 107 especies. En ambos trabajos, se utilizó el método de germinación e identificación de plántulas para describir la composición del banco, con ciertas variaciones en cada caso, pero fue diferente la profundidad de suelo que se muestreó. Los valores de riqueza son

intermedios entre aquellos observados en bosques tropicales húmedos, por ejemplo, en Costa Rica (Balcomb y Chapman 2003) con 171 especies, comparados con la reportada para bosques templados deciduos o perennes en el oeste de los Estados Unidos y Francia (Decocq et al. 2004; Lambers et al. 2005) donde se encontraron 28 a 30 especies en el BS. Sin embargo, las comparaciones respecto a la diversidad de especies y la densidad de las semillas en el banco debe tomarse con reserva, ya que la metodología usada para su estimación fue distinta, respecto al número de muestras y el método de identificación de las especies presentes en el BS.

Algunos de los aspectos que podrían explicar la composición y abundancia de las especies en el banco son: la época de fructificación de las especies en el área, los períodos de latencia, la viabilidad de las semillas, así como las estrategias de regeneración de las poblaciones vegetales (Tekle y Bekele 2000; Walck et al. 2005). En este estudio, el 10% del total de especies que conforman el BS son arbóreas y su registro se relaciona entre otros aspectos con sus períodos de fructificación, por ejemplo,

dos especie arbóreas muy frecuentes en el BS fueron *Cornus disciflora* y *Clethra fragrans*, ambas son consideradas como especies pioneras del dosel alto del bosque mesófilo. *C. disciflora* tiene un período amplio de fructificación, que se extiende de diciembre a julio, lo cual explica su presencia en el BS durante todo el año, aunque su abundancia disminuye en cada colecta. En el caso de *Clethra fragrans*, además de ser la especie arbórea más abundante en el BS, es una especie cuyas poblaciones naturales en Las Joyas presentan alta propagación vegetativa. Si bien, se ha documentado que la mayoría de las especies arbóreas del BMM presentan estrategias de propagación asexual o bancos de plántulas o juveniles, las cuáles resultan ser mecanismos más eficaces que el BS para asegurar el mantenimiento o expansión de las poblaciones (Sosa y Puig 1987; Williams-Linera 1993; Arévalo y Fernández-Palacios 2000), *Clethra fragrans* presenta ambas estrategias de reproducción. Por lo que el estudio de la persistencia o transitoriedad de las semillas de ambas especies en el BS podría generar información valiosa para un mejor entendimiento de la ecología de estas especies y su papel en el proceso de regeneración y sucesión del bosque mesófilo de montaña.

Otras especies arbóreas registradas en el BS fueron *Dendropanax arboreus*, *Rapanea jurgensenii* y *Cinnamomum pachypodium*, se consideran como de intermedias a tolerantes, cuyas poblaciones aumentan de tamaño una vez que especies como *Zinowiewia concinna* y *Carpinus tropicalis* se han establecido (Saldaña 2001), y que a diferencia de *Clethra fragrans*, tienen semillas comparativamente más grandes que se dispersan por gravedad o por animales (Saldaña 2001), son especies bien representadas en el rodal de bosque mesófilo, pero el registro de éstas en el banco fue temporal y de baja abundancia, lo que podría estar relacionada también con los períodos de la colecta de las muestras de suelo y los períodos de fructificación de estas especies. La baja

abundancia se relaciona con la dinámica de semillas de estas especies (remoción, depredación, mortalidad, entre otros) y longevidad de sus semillas (Decocq et al. 2004). Por lo que este grupo de especies presenta un banco que es temporal o transitoria y esta relacionada con la longevidad de sus semillas, y podrían ser considerados como especies con semillas recalcitrantes.

La dominancia de las especies herbáceas en el banco (64%), con la presencia de especies típicas de los parches de vegetación secundaria circundante al bosque mesófilo estudiado, tales como: *Solanum* sp., *Cyperus* sp., *Stachys* sp., *Neobrittonia acerifolia* (G. Don) Hochr, *Rubus humistratus*, *Phaseolus* sp. y *Senecio* sp. En general, las herbáceas se caracterizan por tener semillas pequeñas, amplia dispersión y la capacidad de formar BS permanentes en el suelo (Fenner 1985; Sosa y Puig 1987; Lawton y Putz 1988; Tekle y Bekele 2000; Álvarez-Aquino et al. 2005), a causa de que su viabilidad en el suelo puede ser más larga que la mayoría de los árboles de bosques maduros (Harper 1977; Fenner 1985; Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia 1987).

La baja similitud en la composición de especies y abundancia entre colectas a lo largo de un ciclo anual, evidencian cierta heterogeneidad del BS y una disponibilidad temporal de las especies que lo componen (Ortiz 1992). Resultados similares en BMM reportados por Alcocer (1988) y Arévalo y Fernández-Palacios (2000), en donde se observó una alta variación en los porcentajes de germinación entre temporadas y entre sitios. La baja similitud florística entre la vegetación presente en rodales con vegetación más o menos conservados o en un estado sucesional avanzado fue observada por Williams-Linera (1993) para varios sitios de bosque mesófilo de montaña en México. La mayoría de las especies arbóreas y arbustivas dominantes del rodal de bosque mesófilo estudiado no fueron registradas en el BS, no obstante, en el sotobosque del sitio se observó un banco de plántulas abundante de especies tales como *Carpinus tropicalis*, *Dendropanax*

arboreus y *Rapanea jurgensenii* entre otros, las cuales si se encuentran formando parte del dosel.

Se ha demostrado que la baja similitud entre el BS y la vegetación se relaciona con un estado sucesional avanzado de los bosques y bajos regímenes de perturbación (Archibold 1989; Pickett y McDonnell 1989; Arévalo y Fernández-Palacios 2000). Es decir, en rodales con vegetación más o menos conservados se espera una mayor similitud como resultado de un dosel más cerrado que limita la entrada de semillas externas al sitio. La ausencia de especies arbóreas en el BS puede deberse a su corta viabilidad, falta de latencia, depredación, remoción o enterramiento después de ser dispersadas (Álvarez-Aquino et al. 2005).

No obstante, la composición del BS también está relacionada con el período de fructificación de las especies (Vázquez-Yanes 1976). El período de fructificación de la mayoría de las herbáceas y arbustivas encontradas en el BS es en primavera y verano. Mientras que el mayor número de arbóreas en el banco se encontró en el mes de mayo, esto coincide con los picos de producción de frutos de este grupo de especies en el sitio (entre los meses de mayo a julio) (Solís-Magallanes inédito).

La regeneración se caracteriza por el reemplazo de especies que muestran diferentes estrategias de vida y formas de crecimiento, como las especies pioneras o tempranas esenciales para el establecimiento de árboles tolerantes a la sombra y como consecuencia para la regeneración del bosque (Baider et al. 2001; Ramírez-Bamonte et al. 2005). En el caso del área de estudio, los estudios sobre regeneración y sucesión forestal a largo plazo plantean que el BS del suelo es esencial para establecer especies pioneras que facilitan el crecimiento de las tolerantes. Mientras que, en claros pequeños el reemplazo de ellas en el dosel será por la regeneración avanzada (Saldaña 2001, Jardel et al. 2004b).

Desde el punto de vista de la conservación del BMM, es importante tomar en cuenta que la incidencia de fuertes

perturbaciones que provoquen la apertura de claros grandes, podría estimular el establecimiento de una especie dominante en el banco como *Rubus humistratus* (zarzamora), que desarrollan coberturas bastante extensas que si bien pueden favorecer el establecimiento de especies arbóreas como *Carpinus tropicalis* y *Fraxinus uhdei* (Wenzig) Lingelsh., bajo su dosel en etapas posteriores, se observa que limitan el establecimiento de especies en el corto plazo. Por lo que el manejo adecuado de las poblaciones de *Rubus humistratus* en una etapa inicial de su establecimiento podría acelerar el establecimiento de especies arbóreas "pioneras" del bosque mesófilo, como *Clethra fragrans*, que tiene un BS abundante y al parecer más permanente, que facilitaría el establecimiento de otras especies arbóreas "intermedias" a "tolerantes" del BMM en un plazo más corto. Esto dependerá de los objetivos de manejo que se quieran alcanzar en el sitio. Al mismo tiempo hace falta un mejor conocimiento de la ecología de esta especie, de tal manera que se disponga de información de cómo hacer un mejor manejo que permita la conservación de la riqueza y diversidad del bosque mesófilo de montaña en esta zona.

La heterogeneidad que caracteriza a los fragmentos de BMM en la Reserva de la Biosfera de la Sierra de Manantlán (Santiago y Jardel 1993) requiere ampliar la descripción del BS de otros rodales de ese bosque en la región, así como, en los diversos mosaicos de la vegetación que se localiza en Las Joyas. Lo cual, permitirá una mejor comprensión de los procesos de regeneración y sucesión ecológica en este paisaje.

Por último, hay varios aspectos metodológicos que dificultan las comparaciones entre estudios sobre BS, algunos de los más relevantes son: las diferencias en el tamaño y número de muestras, profundidad del suelo colectado, así como los diversos métodos de identificación de especies en el BS. El método indirecto usado en este estudio (es decir, la germinación e identificación a partir de plántulas), se ha usado en

el estudio de BS del BMM en otras regiones del país (Williams-Linera 1993) y otras comunidades vegetales, y permite la identificación de especies por comparación con especímenes de herbario o directamente en campo. Sin embargo, debe considerarse que una limitante de este método es que puede dar estimaciones incorrectas debido a los diferentes patrones de germinación y de dormancia de cada especie (Sakai et al. 2005; Walck et al. 2005).

Conclusiones

1. Las semillas de especies herbáceas perennes y anuales características de vegetación secundaria constituyen el principal componente del BS en el suelo del BMM en esta área. Sin embargo, la composición de especies y el número de individuos varió a través de cuatro períodos durante el año.
2. La similitud entre la composición florística del BS en el suelo y la vegetación establecida en el sitio fue relativamente baja, ya que las especies arbóreas encontradas fueron pocas y están pobremente representadas.
3. La disponibilidad de semillas de especies arbóreas en el suelo se limitó a la época de mayor producción de frutos de cada especie, lo que demuestra que este grupo presenta un BS disponible de forma estacional en el suelo.
4. Por último, el BS representará una alternativa para la regeneración natural de áreas degradadas de BMM y en la formación de nuevas comunidades vegetales en esta zona. Sin embargo, para contar con una mejor comprensión de los procesos de regeneración natural de esta comunidad vegetal aplicables a la conservación y restauración de dicho bosque, hace falta, entre otros aspectos, evaluar la viabilidad y dormancia de las semillas de especies arbóreas.

Agradecimientos

Este estudio formó parte de la línea de investigación sobre “Ecología y manejo de los bosques subtropicales de montaña de la Sierra de Manantlán” y tuvo el apoyo de una beca de tesis de licenciatura otorgada a la primera autora por SARQUIS. Agradecemos al personal de la Estación Científica “Las Joyas” por las facilidades otorgadas, al Sr. José “Palillo” Aragón sus lecciones en campo para reconocer las diferentes especies del “bosque de verdura” y a los botánicos del Herbario ZEA; Francisco Santana Michel, Arturo Solís Magallanes y Ramón Cuevas Guzmán por la revisión y actualización del listado de especies del estudio. A dos revisores anónimos sus comentarios y recomendaciones y a Servando Carvajal la corrección de estilo. Por último, a Frans Bongers por la revisión e interesantes comentarios que hizo a una versión preliminar del artículo.

Literatura citada

- Alcocer S., M. I.** 1988. *Distribución de semillas en el suelo de una selva alta perennifolia, Los Tuxtlas, Veracruz, México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 81 pp.
- Álvarez-Aquino C., G. Williams-Linera y A. C. Newton.** 2005. Disturbance effects on the seed bank of Mexican cloud forest fragments. *Biotropica* **37**(3): 337–342.
- Archibold, O. W.** 1989. Seed banks and vegetation processes in coniferous forests. En: Leck, M.A., V.T. Parker, y R.L. Simpson (Eds.). *Ecology of soil seed banks*. Academic Press. Pp. 107–122.
- Arévalo, J. R. y J. M. Fernández-Palacios.** 2000. Seed bank analysis of tree species in two stands of the Tenerife laurel forest (Canary Islands). *Forest Ecology and Management* **130**: 177–185.
- Balcomb, S. R. y C. A. Chapman.** 2003. Bridging the gap: influence of seed deposition on seedling recruitment in a primate-tree interaction. *Ecological Monographs* **73**(4): 625–642.
- Baider, C., M. Tabarelli y W. Mantovani.** 2001. The soil seed bank during Atlantic

- forest regeneration in the Southeast Brazil. *Brasilian Biology* **61**(1): 35–44.
- Bossuyt, B. y H. Hermy.** 2001. Influence of land use history on seed banks in European temperate forest ecosystems: a review. *Ecography* **24**: 225–238.
- Challenger, A.** 1998. *Utilización y Conservación de los Ecosistemas terrestres de México: Presente, Pasado y Futuro*. CONABIO, Instituto de Biología, UNAM, México. Pp. 519–605.
- Cheke, A. S., W. Nanakorn y C. Yankoses.** 1979. Dormancy and dispersal of seeds of secondary forest species under the canopy of a primary tropical rain forest in northern Thailand. *Biotropica* **11**: 88–95.
- Cottam, G. y J. T. Curtis.** 1956. The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology* **37**: 451–460.
- Cuevas G., R. y E. Jardel P. (Eds.).** 2004. *Flora y Vegetación de la Estación Científica Las Joyas*. Petra Ediciones, S.A. de C.V. 294 pp.
- Dalling, J. W. y J. S. Denslow.** 1994. Soil seed bank composition along a forest chronosequence in seasonally moist tropical forest, Panama. *J. Veg. Sci.* **9**: 669–678.
- Dalling, J. W., S. P. Hubbell y K. Silveira.** 1998. Seed dispersal, seedling establishment and gap partitioning among tropical pioneer trees. *Journal of Ecology* **86**: 674–689.
- Decocq, G., V. B. Toussaint B., F. Hendoux, R. Saguez y J. Bardat.** 2004. Soil seed bank composition and diversity in a managed temperate deciduous forest. *Biodiversity and Conservation* **13**: 2485–2509.
- Fenner, M. (Ed.).** 1985. *Seed Ecology*. Chapman and Hall. Londres. Pp. 57–71.
- Gross, K. L.** 1990. A comparison of method for estimating seed numbers in the soil. *Journal of Ecology* **78**: 1079–1093.
- Harper, J. L.** 1977. *Population biology of plants*. Academic Press. London. Pp. 83–93.
- Hernández-Vargas, G., L. R. Sánchez-Velásquez, T. Carmona V., Ma. del R. Pineda L. y R. Cuevas G.** 2000. Efecto de la ganadería extensiva sobre la regeneración arbórea de los bosques subtropicales de montaña en la Sierra de Manantlán. *Madera y Bosques* **6**(2): 13–28.
- Jardel P., E. J.** 1991. Perturbaciones naturales y antropogénicas y su influencia en la dinámica sucesional de los bosques de las Joyas. Sierra de Manantlán. *Tiempos de Ciencia* **22**: 9–26.
- Jardel P., E. J. (Coord.).** 1992. *Estrategia para la conservación de la Reserva de la Biosfera de la Sierra de Manantlán*. Editorial Universidad de Guadalajara. México. 315 pp.
- Jardel P., E. J., A. L. Santiago P. y M. E. Muñoz-Mendoza.** 1993. El bosque mesófilo de montaña de la Sierra de Manantlán, Jalisco y Colima. *Tiempos de Ciencia* **30**: 20–28.
- Jardel P., E. J., E. Ezcurra E., R. Cuevas G., A. L. Santiago P. y P. Cruz C.** 2004a. Vegetación y patrones del paisaje. En: Cuevas G., R. y E. Jardel P. (Eds.). *Flora y vegetación de la Estación Científica Las Joyas*. Petra Ediciones, S.A. de C.V. Pp. 65–116.
- Jardel P., E. J., A. L. Santiago P., M. C. Cortés y F. Castillo N.** 2004b. Sucesión y dinámica de rodales. En: Cuevas G., R. y E. Jardel P. (Eds.). *Flora y vegetación de la Estación Científica Las Joyas*. Petra Ediciones, S.A. de C.V. Pp. 177–204.
- Kebrom, T. y B. Tesfaye.** 2000. The role of soil seed banks in the rehabilitation of degraded hillslopes in Southern Wello, Etiopía. *Biotropica* **32**(1): 23–32.
- Lambers, J. H. R., J. S. Clark y M. Lavine.** 2005. Implications of seed banking for recruitment of Southern Appalachian woody species. *Ecology* **86**(1): 85–95.
- Lawton, R. O. y F. E. Putz.** 1988. Natural disturbance and gap-phase regeneration in a wind-exposed tropical cloud forest. *Ecology* **69**: 764–777.
- Ludwig, J. A. y J. F. Reynolds.** 1988. *Statistical Ecology: A primer on methods and computing*. John Wiley y Sons, Inc. 337 pp.
- Magurran, A. E.** 1996. *Ecological diversity and its measurement*. Chapman and Hall, New York. 179 pp.
- Martínez-Rivera, L. M., J. J. Sandoval y R. D. Guevara.** 1993. El clima de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco-Colima, México y su área de influencia. *Agrociencia, Serie Agua-Suelo-Clima* **2**: 107–119.
- Muñoz M., M. E.** 1992. *Distribución y diversidad de especies arbóreas en la Reserva de la Biosfera de la Sierra de Manantlán*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Guadalajara. México. 102 pp.
- Ortiz A., C. I.** 1992. *Banco de semillas del suelo en el bosque mesófilo de montaña de Las Joyas, Sierra de Manantlán, estado*

- de Jalisco. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de Guadalajara, México. 84 pp.
- Ortiz-Arrona, C. I.** 1999. *Environmental effects on cloud forest tree seedling establishment under a Pinus canopy in Mexico*. Tesis de Maestría. Universidad de Aberdeen, Reino Unido. 115 pp.
- Pickett S., T. A. y M. J. McDonnell.** 1989. Seed bank dynamics in temperate deciduous forest. En: *Ecology of soil seed banks*. Leck, M.A., V.T. Parker y R.L. Simpson (Eds.). Academic Press. Pp. 123–148.
- Pineda-López, M. R.** 1988. *Efecto de las perturbaciones en la estructura y composición de los bosques templados en Las Joyas, Sierra de Manantlán*. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto Nacional de investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB) Xalapa, Veracruz. México. 56 pp.
- Ramírez-Bamonde, E., L. R. Sánchez-Velásquez y A. Andrade-Torres.** 2005. Seedling survival and growth of three species of mountain cloud forest in Mexico, under different canopy treatments. *New Forests* **30**: 95–101.
- Rico-Gray, V. y J. G. García-Franco.** 1990. Banco de semillas y estructura de la vegetación de siete estados serales de la selva mediana decidua de Yucatán, México. *Resúmen XI Congreso de Botánica*, Oaxtepec, Mor. México.
- Rzedowski, J.** 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica* **14**: 3–21.
- Sakai, A., S. Sato, T. Sakai, S. Kuramoto y R. Tabuchi.** 2005. A soil seed bank in a mature conifer plantation and establishment of seedlings after clear-cutting in southwest Japan. *Japanese Forest Society* **10**: 295–304.
- Saldaña A., M. A.** 2001. *Dinámica y patrones de establecimiento de especies de bosque mesófilo de montaña en la Sierra de Manantlán, Jalisco*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 87 pp.
- Saldaña-Acosta, A. y E. J. Jardel.** 1991. Regeneración natural de especies subtropicales de montaña en la Sierra de Manantlán, Jalisco. *Biotam* **3**(3): 36–50.
- Sánchez-Rodríguez, E. V., L. López-Mata, E. García-Moya y R. Cuevas-Guzmán.** 2003. Estructura, composición florística y diversidad de especies leñosas de un bosque mesófilo de montaña en la Sierra de Manantlán, Jalisco. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **73**: 17–34.
- Sánchez-Velásquez, L. R. y E. García-Moya.** 1993. Sucesión forestal en el bosque mesófilo de montaña y bosque de *Pinus* de la Sierra de Manantlán, Jalisco, México. *Agrociencia, Serie Recursos Naturales Renovables* **3**: 7–26.
- Sánchez-Velásquez, L. R.** 1988. *Sucesión forestal en la Sierra de Manantlán, Jalisco*. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 54 pp.
- Sánchez-Velásquez, L. R., J. J. Rosales A., Ma. del R. Pineda-López y Ma. de los A. Saldaña A.** 1996. Descripción cuantitativa de la Vegetación de la Estación Científica Las Joyas, Sierra de Manantlán, Jal., México. *Boletín del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara* **4**(1–3): 73–156.
- Sánchez-Velásquez, L. R., S. Quintero-Gradilla, F. Aragón-Cruz, Ma. del R. Pineda-López.** 2004. Nurses for *Brosimum alicastrum* reintroduction in secondary tropical dry forest. *Forest Ecology and Management* **198**: 401–404.
- Santiago P., A. L. y E. J. Jardel P.** 1993. Composición y estructura del bosque mesófilo de montaña de la Sierra de Manantlán. *Biotam* **5**(2): 13–26.
- Sosa, V. J. y H. Puig.** 1987. Regeneración del estrato arbóreo en el bosque mesófilo de montaña. En: Puig, H. y R. Bracho (Eds.). *El bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas*. Publicación 21 del Instituto de Ecología, México. Pp. 107–132.
- Tekle, K. y T. Bekele.** 2000. The role of soil seed banks in the rehabilitation of degraded hillslopes in Southern Wells, Ethiopia. *Biotropica* **32**(1): 23–32.
- Thompson, K.** 1992. The functional ecology of seeds banks. En: Fenner, M. (Ed.). *Seeds: The ecology of regeneration in plant communities*. Wallingford, CAB International. Reino Unido. Pp. 231–258.
- Ticket S., T.A. y J.J. McDonnell.** 1989. Seed bank dynamics in temperate deciduous forest. En: Leck L.A., R.L. Simpson y V. T. Parker (Eds.). *Ecology of soil seed banks*. Academic Press, London. Pp. 123–148.
- Vásquez-Yanes, C. y A. Orozco-Segovia.** 1987. Fisiología ecológica de semillas en la Estación de Biología Tropical “Los Tuxtles”, Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical* **35** (1): 85–96.

- Vásquez-Yanes C.** 1976. Estudio sobre ecofisiología de la germinación en una zona cálido-húmeda de México. En: Gómez-Pompa, A. y S. del Amo (Eds.) *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México*. INIREB. Pp. 279–387.
- Walck, J. L., J. M. Bassin , C. C. Bassin y S. D. Hidayati.** 2005. Defining transient and persistent seed banks in species with pronounced seasonal dormancy and germination patterns. *Seed Science Research* **15**: 189–196.
- Warr, S.J., M. Kent, K. Thompson.** 1994. Seed bank composition and variability in five woodlands in south-wet England. *Journal of Biogeography* **21**(2): 151–168.
- Williams-Linera, G.** 1993. Soil seed banks in four lower montane forests of Mexico. *Journal of Tropical Ecology* **9**: 321–337.
- Zar, J. H.** 1984. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall, Inc. Pp. 162–205.
- Zhu, C.** 2002-2004. *Shannon-Wiener Diversity Index / Shannon Entropy Calculator*. Chang Bioscience, Inc.

Anexo 1

Composición de especies y formas biológicas (H: herbáceas, A: arbustiva, Aa: arbórea, E: epífita, T: trepadora, P: parásita, D: desconocida de semillas germinadas en 40 muestras de suelo de 30 × 30 cm y 5 cm de profundidad en el bosque mesófilo de montaña. Los números 1, 2, 3 y 4 indican la presencia de la especie en las colectas de febrero, mayo, agosto y noviembre, respectivamente.

| Especie | Familia | Forma de vida | Colecta |
|--|-----------------|---------------|------------|
| <i>Pseuderanthemum cuspidatum</i> (Ness) Radlk. | Acanthaceae | Herbácea | 1, 2 |
| <i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Dec. Planch. | Araliaceae | Árborea | 2 |
| <i>Carpinus tropicalis</i> Furlow | Betulaceae | Árborea | 2, 3, 4 |
| <i>Tournefortia</i> sp. | Boraginaceae | Arbustiva | 2 |
| <i>Arenaria lanuginosa</i> (Michx.) Rohrb. | Caryophyllaceae | Herbácea | 2 |
| <i>Zinowiewia concinna</i> Lundell | Celastraceae | Árborea | 1, 2, 3 |
| <i>Perrottetia longistylis</i> Rose | Celastraceae | Árborea | 2, 4 |
| <i>Clethra fragrans</i> L.M. González y R. Ramírez | Clethraceae | Árborea | 1, 2, 3, 4 |
| <i>Conyza</i> sp. | Compositae | Herbácea | 3 |
| <i>Eupatorium areolare</i> DC. | Compositae | Herbácea | 1, 2, 3 |
| <i>E. ciliatum</i> B.L. Rob. | Compositae | Herbácea | 1, 2, 3 |
| <i>Podachaenium eminens</i> (Lag.) Sch. Bip. | Compositae | Herbácea | 3 |
| <i>Smallanthus mcvaughii</i> (Wells) H. Rob. | Compositae | Arbustiva | 1, 2, 3 |
| <i>Senecio</i> sp. | Compositae | Arbustiva | 1 |
| <i>Trigonospermum melampodioides</i> DC. | Compositae | Herbácea | 2, 3 |
| <i>Cornus disciflora</i> DC. | Cornaceae | Árborea | 2, 3, 4 |
| <i>Cuscuta corymbosa</i> var. <i>grandiflora</i> Engelm. | Cuscutaceae | Parásita | 3 |
| <i>Cyperus hermaphroditus</i> (Jacq.) Standl. | Cyperaceae | Herbácea | 1, 2, 3 |
| <i>C. niger</i> Ruiz & Pavon | Cyperaceae | Herbácea | 2 |
| <i>Xylosma flexosum</i> (Kunth) Hemsl. | Flacourtiaceae | Arbustiva | 2 |
| <i>Geranium mexicanum</i> Kunth | Geraniaceae | Herbácea | 1, 2 |

| Especie | Familia | Forma de vida | Colecta |
|--|-----------------|---------------|------------|
| <i>Zeugites americana</i> var. <i>mexicana</i> (Kunth) McVaugh | Graminae | Herbácea | 1, 2, 3 |
| <i>Digitaria ternata</i> (A. Rich.) Stapf. | Graminae | Herbácea | 1 |
| <i>Oplismenus burmanii</i> (Retz.) Beauv. | Graminae | Herbácea | 1, 2, 3, 4 |
| <i>Oplismenus compositus</i> (L.) Beauv. | Graminae | Herbácea | 1, 2 |
| <i>Sporolobus indicus</i> (L.) R. Br. | Graminae | Herbácea | 2 |
| <i>Phacelia platycarpa</i> (Cav.) Spreng. | Hydrophyllaceae | Herbácea | 1 |
| <i>Sisyrinchium</i> sp. | Iridaceae | Herbácea | 2 |
| <i>Salvia mexicana</i> L. | Labiatae | Herbácea | 1, 2, 3, 4 |
| <i>Stachys lindenii</i> Benth. | Labiatae | Herbácea | 1, 2 |
| <i>Cinnamomum pachypodum</i> (Ness) Kosterm. | Lauraceae | Árborea | 4 |
| <i>Crotalaria</i> sp. | Leguminosae | Arbustiva | 1 |
| <i>Desmodium sumichrasti</i> (Schindl.) Standl. | Leguminosae | Arbustiva | 4 |
| <i>Phaseolus</i> sp. | Leguminosae | Herbácea | 1, 2, 3, 4 |
| <i>Sida barclayi</i> E.G. Baker | Malvaceae | Arbustiva | 2 |
| <i>Neobrittonia acerifolia</i> (G. Don) Hochr. | Malvaceae | Arbustiva | 2 |
| <i>Parathesis villosa</i> Lundell | Myrsinaceae | Arbustiva | 1 |
| <i>Rapanea jurgensenii</i> Mez | Myrsinaceae | Árborea | 1, 2 |
| <i>Fuchsia</i> sp. | Onagraceae | Arbustiva | 1, 2 |
| <i>Oxalis jacquiniana</i> Kunth | Oxalidaceae | Herbácea | 1, 2, 3 |
| <i>O. corniculata</i> L. | Oxalidaceae | Herbácea | 1, 2, 3, 4 |
| <i>Peperomia galioides</i> Kunth | Peperomiaceae | Herbácea | 1, 2, 3 |
| <i>Phytolacca icosandra</i> L. | Phytolaccaceae | Herbácea | 1, 2, 3, 4 |
| <i>Anagallis arvensis</i> L. | Primulaceae | Herbácea | 3 |
| <i>Rubus humistratus</i> Steud. | Rosaceae | Arbustiva | 1, 2, 3 |
| <i>Crusea longiflora</i> (Willd. ex. R. & S.) W.R. Anderson | Rubiaceae | Herbácea | 1, 2, 3 |
| <i>C. coccinea</i> DC. | Rubiaceae | Herbácea | 1, 2, 3, 4 |
| <i>Cestrum</i> sp. | Solanaceae | Arbustiva | 1, 2, 3, 4 |
| <i>Jaltomata procumbens</i> (Cav.) J.L. Gentry | Solanaceae | Herbácea | 2 |
| <i>Physalis</i> sp. | Solanaceae | Herbácea | 3 |
| <i>Solanum aligerum</i> Schlecht. | Solanaceae | Arbustiva | 1, 2 |
| <i>S. americanum</i> Mill. | Solanaceae | Herbácea | 1, 2, 3, 4 |
| <i>S. appendiculatum</i> H. & Dunal | Solanaceae | Trepadora | 1, 2 |
| <i>S. brevipedicelatum</i> Roe | Solanaceae | Herbácea | 1 |
| <i>S. chrysotrichum</i> Schlecht | Solanaceae | Arbustiva | 1, 2, 3, 4 |
| <i>Solanum</i> sp. (número 28) | Solanaceae | - | |
| <i>Solanum</i> sp. (número 29) | Solanaceae | - | 2, 3 |
| Número 46 (no identificada) | Solanaceae | - | 2 |

| Especie | Familia | Forma de vida | Colecta |
|--|----------------|----------------------|----------------|
| <i>Turpinia occidentalis</i> (Sw.) Wedd. | Staphyleaceae | Herbácea | 3 |
| <i>Phenax hirtus</i> (Sw.) Wedd. (H) (3) | Urticaceae | Herbácea | 3 |
| <i>Vitis</i> sp. | Vitaceae | Trepadora | 2, 4 |
| Número 37 (no identificada) | - | - | 2 |
| Número 38 (no identificada) | - | - | 2 |
| Número 39 (no identificada) | - | - | 2 |
| Número 42 (no identificada) | - | - | 2 |
| Número 43 (no identificada) | - | - | 2 |
| Número 44 (no identificada) | - | - | 2 |
| Número 45 (no identificada) | - | - | 2 |
| Número 49 (no identificada) | - | - | 2 |
| Número 50 (no identificada) | - | - | 2 |
| Número 59 (no identificada) | - | - | 3 |
| Número 60 (no identificada) | - | - | 3 |
| Número 62 (no identificada) | - | - | 3 |
| Número 63 (no identificada) | - | - | 3 |
| Número 65 (no identificada) | - | - | 2, 3 |
| Número 68 (no identificada) | - | - | 3 |
| Número 70 (no identificada) | - | - | 3 |
| Número 72 (no identificada) | - | - | 3 |
| Número 73 (no identificada) | - | - | 4 |
| Número 74 (no identificada) | - | - | 4 |

FECHA EFECTIVA DE PUBLICACIÓN
29 DE DICIEMBRE DE 2008

López-Muraira, Irma Guadalupe. (Noviembre de) 2008. Manual de maleza del cultivo de *Agave tequilana* en Jalisco. Instituto Tecnológico de Tlajomulco y Tequila Sauza, S.A. de C.V. Primera edición, [1-8] 9-254 [255-256] pp. Ilustrado con fotografías y dibujos; 7 «tablas»; 125 ref. bibl., ISBN: 978-968-5876-20-9. Precio: no proporcionado.

El presente libro constituye una edición bella e interesante, por cuanto a la cantidad de ilustraciones que lo conforman y que lo convierten en un manual importante para la identificación visual de las plantas arvenses («malas hierbas» o maleza), del cultivo de *Agave tequilana* en Jalisco. Viene a llenar un vacío con respecto a este grupo de plantas tan importantes por el impacto negativo en la producción de cosechas. Es un buen inicio para continuar luego con el resto de los cultivos en el estado.

El volumen consta de varios apartados: **Prólogo, Presentación, Introducción, Antecedentes**, El concepto de maleza, Importancia de la maleza, Características de la maleza, Interacciones Maleza-Cultivo, Período crítico de competencia, Otros factores relacionados que limitan la producción, Estudios ecológicos de la maleza del agave, Caracterización de la maleza en el agave, Malezas trepadoras, Control de las malas hierbas en el agave, Uso de herbicidas en el cultivo del agave, Antecedentes del control, Estrategias de selectividad al cultivo del agave, Tabla de herbicidas, Efectos positivos de la maleza. **Regiones del Estado de Jalisco, Descripción de las principales malezas, Bibliografía, Glosario, Clave para la identificación de familias incluidas en el presente manual.** Sinopsis de los taxones de la malezas asociadas al cultivo del agave, Ilustraciones, Índice de nombres comunes, Índice taxonómico.

La parte principal de la obra lo constituye la «Descripción de las principales malezas», que más que «Descripción» es un «Catálogo», término más apropiado y sin

menoscabo de la idea. Comprende 185 páginas, en cada una de ellas se muestra un taxón: en la parte superior el nombre científico, las correspondientes imágenes de la especie en cuestión y abajo una descripción textual reducida que presta escasa ayuda para reconocer a un individuo. Las imágenes son estupendas y muestran de manera fehaciente, el oficio de Héctor Rubén Iruegas Buentello. El caso de los nombres científicos es otro asunto. La nomenclatura botánica es una disciplina difícil, pero demasiado importante para dejarla de lado. Conviene, por tanto, analizar esta parte con mucho detenimiento. Para ello se tomaron al azar 19 páginas, que corresponderían casi al 10% del total. Se encontró que: los apellidos de varios autores no se abreviaron de manera uniforme (aparece Decae. (44*) o Decaisne (43), cuando lo correcto es Decne.; Mill (71) en lugar de Mill.; Cav (133) por Cav. (32); Ness por Nees (30); Llave (52), en lugar de La Llave; Ort. (131) y Ortega (120) y otros más); no se actualizaron los nombres de los autores (aparece H.B.K. (47, 49, 58, etcétera), en vez de Kunth). Hay inconsistencia en la presencia de sinónimos (42, 46, 48, 74, etcétera): ni están todos, ni todos los nombres científicos los tienen, debió haberse optado por no poner ninguno, puesto que no es un trabajo de sistemática, en el sentido estricto y evitar, de este modo ambigüedades. No se actualizaron algunos nombres científicos (dice *Matelea sepicola* W.D. Stevens. (50), y debe decir *Dictyanthus sepicola* (W.D. Stevens) W.D. Stevens; *Gnaphalium viscosum* H.B.K. (64), debiendo ser *Pseudognaphalium viscosum* (Kunth) Anderb.). La identificación de las especies

*Los números entre paréntesis de este párrafo, se refieren a las páginas en el libro.

es correcta en su mayor parte, excepto en el caso de *Dyssodia tagetiflora* Lag., que aparece como *Adenophyllum cancellatum* (Cass.) Villarreal (51*); *Ipomoea hederifolia* L. (94) en vez de *Ipomoea coccinea* L., y tal vez otras. *Croton ciliato-glandulifer* Ortega (120), es un nombre incompleto, debiendo ser *Croton ciliato-glanduliferus* Ort., entre otros detalles.

Amén de algunas incorrecciones como escribir «malezas» por «maleza», el uso de anglicismos («tablas» en vez de «cuadros»), y emplear el verbo «clasificar» como sinónimo de «identificar» o «determinar», el texto es fácil de seguir y comprender. Por otro lado, no debe soslayarse la responsabilidad social que la autora tiene, pues cada error que aparece impreso corre el riesgo de repetirse al infinito.

Desde luego, con estas observaciones no pretendo, ni podría lograrlo, restarle méritos al manual que está destinado a convertirse en el libro de cabecera de todos aquellos interesados en las plantas, desde

el científico botánico, los amantes de la naturaleza y el agricultor, hasta el horticultor interesado en la introducción de otras especies como ornamentales. En lo personal, siempre he sido un admirador ferviente de la obra artística de Jorge Monroy, la elección de la imagen de la portada es un detalle espléndido y de buen gusto, pues es posible reconocer a casi todas las especies de arvenses que aparecen en ella.

Con seguridad habrá ediciones futuras de este manual, mientras no haya otros libros mejores. Lo ideal sería que se hicieran todas las correcciones pertinentes y que el trabajo pudiera estar también en algún portal de internet (*en línea*), para que llegara a un público más amplio y no quedara sólo en manos de unos cuantos privilegiados.

Servando Carvajal

servando.carvajal@cucba.udg.mx
Herbario del Instituto de Botánica
Universidad de Guadalajara

*Los números entre paréntesis de este párrafo, se refieren a las páginas en el libro.