

**Artículos de difusión científico-técnica**

Desarrollo de divisiones de colonias de *Melipona beecheii* (*Hymenoptera, Meliponini*) a partir de tres tamaños de población . . . . . 4

**E. Quijano, J. A. González-Acereto y J. J. G. Quezada-Euán**

Diversidad y datos poblacionales de pequeños roedores como indicadores de cambios en la selva de la reserva Cuxtal, Yucatán, México . . . . . 12

**S. Hernández-Betancourt, E. Rivadeneyra, J. Aldana Guillermo, Y. Balam Ballote, C. Morales Breck, M. Rasmussen Terán, y S. Medina Peralta.**

**Artículos de revisión**

El papel fisiológico del plasma seminal y su importancia en algunas biotecnologías reproductivas en la especie porcina . . . . . 21

**F. Centurión Castro, M. Alfaro Gamboa, M. y R. Aké López**

Conducta sexual del carnero y del macho cabrío; su importancia y factores que la afectan . . . . . 32

**C. Silva Mena**

**Ensayos**

Abejas silvestres: diversidad, el papel como polinizadores y la importancia de su conservación. . . . . 38

**V. Meléndez, V. Parra, H. Delfín, R. Ayala, E. Reyes y P. Manrique.**

**Acerca de la revista y lineamientos para los autores . . . . . 45**

# Bioagrociencias

Revista de difusión del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias  
Universidad Autónoma de Yucatán



## Abejas silvestres:

Diversidad, el papel como polinizadores y la importancia de su conservación

Revista de difusión científica y técnica  
del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias -  
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia  
de la Universidad Autónoma de Yucatán



## Comité editorial

### Coordinación:

Carlos Silva Mena

Alfonso Aguilar Perera

Luis López Burgos

Silvia Hernández Betancourt

Juan Magaña Monforte

Virginia Meléndez Ramírez

Javier Quezada Euán

Luis Ramírez y Avilés

Carmen Salazar Gómez Varela

## Directorio

Mphil. Alfredo Dájer Abimerhi  
**Rector**

Dr. José De Jesús Williams  
**Director**

Dr. Jorge Santos Flores  
**Secretario Académico**

M. en C. José Enrique Abreu Sierra  
**Secretario Administrativo**

Dr. Hugo Delfín González  
**Jefe de la Unidad de Posgrado  
e Investigación**

Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias - Facultad de Medicina  
Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán

Km. 15.5 Carretera Mérida-Xmatkuil, Apdo Postal 4-116 Itzimmá,  
Mérida, Yucatán, México.

Tel. (999) 9423200 Fax (999) 9423205.

## – Bienvenida –

En este primer número de la revista le damos la más sincera bienvenida a usted, amable lector, que interesado en los temas biológicos y agropecuarios hará posible la continuidad de este proyecto, gestado con el propósito de difundir información científica y técnica y opiniones y análisis de profesionales expertos en diversas ramas relacionadas con las ciencias biológicas y agropecuarias.

Atte. el comité editorial

Foto de portada: Nelby Paola Valladares Romero,  
*Melipona beecheii* alimentándose en panal.

Diseño de publicación y portada:  
Francia González Escarela.

Impreso en el Campus de Ciencias Biológicas y  
Agropecuarias - Facultad de Medicina Veterinaria y  
Zootecnia - UADY

Bioagrocencias es una publicación semestral, de  
distribución gratuita y sin fines de lucro. Se permite la  
reproducción total o parcial citando las fuentes  
completas.

## – Presentación –

Actualmente la información científica y técnica, aquélla que se genera mediante la investigación y la relacionada con la aplicación de la primera en procesos de todo tipo, no está confinada a los libros especializados, y cuando se habla de la información impresa es inevitable pensar en las revistas periódicas, que sirven de vehículo para difundir los resultados de las últimas investigaciones, los últimos avances tecnológicos y las ideas y opiniones de especialistas y personas involucradas en actividades científicas y/o técnicas. En México los institutos de investigación y los de educación superior producen información científico-técnica que se publica en revistas internacionales o nacionales, especializadas o de divulgación. Las revistas especializadas difunden la información entre un público formado por investigadores, académicos y otros especialistas, y las de divulgación la llevan al público en general, para el que muchas veces las revistas especializadas no son accesibles.

Sin embargo a veces la información generada no llega a publicarse a pesar de ser valiosa, sobre todo porque se refiere a las condiciones locales, debido a que no tiene la envergadura necesaria para una revista especializada o porque no se le puede dedicar el tiempo necesario para darle la forma requerida por una revista especializada. Entonces esta información languidece sobre los escritorios o en los cajones de los investigadores.

La revista Bioagrocencias nace con el propósito de ayudar a la difusión de este tipo de información, de ponerla en

circulación y al alcance del público para el que pueda ser de importancia o utilidad. Además desea ser el vehículo de trabajos procedentes de la revisión de información relevante o que contengan las reflexiones y/o críticas de especialistas o conocedores acerca de diversos aspectos del dominio de la revista. El Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Yucatán ya tiene una revista especializada para la publicación de información científico-técnica; Bioagrocencias no es otra revista especializada, ni se propone llegar a serlo. Su intención es ser y permanecer un foro para la difusión de información e ideas accesible al público en general pero que llame la atención también de los especialistas por las características de su contenido, que se desea objetivo y con buen grado de rigor y exactitud. Bioagrocencias espera ser bien recibida por la comunidad universitaria y el público en general y se compromete a esforzarse para publicar siempre información relevante y servir de medio de comunicación entre los diferentes actores del ámbito científico-técnico regional. En la sección "Acerca de la revista", en las páginas finales de este número, se encuentra más información sobre Bioagrocencias.

El comité editorial

En este número inaugural se publican cinco artículos, dos en la sección de artículos de difusión científico-técnica, dos en la de artículos de revisión y uno en la sección de ensayos. En la sección de difusión científico-técnica el primer artículo trata del establecimiento de colonias artificiales de abejas meliponas, endémicas de Yucatán y de mucho valor tradicional, pero amenazadas por diversos factores. Los autores exponen la importancia de estas abejas desde diferentes puntos de vista y estudian el efecto del tamaño de la población con la que se inicia una nueva colonia sobre la viabilidad de ésta. En el segundo artículo se investiga la relación entre la diversidad y otras características de las poblaciones de pequeños roedores en la reserva ecológica en la que se encuentra el propio Campus y los cambios registrados en el ambiente a consecuencia de las actividades humanas. En este estudio se observó que los cambios en el tipo de vegetación de la zona se relacionan con modificaciones en las proporciones de las poblaciones de las diversas especies de pequeños roedores del área. Los artículos de revisión tratan, el primero de la importancia fisiológica del plasma seminal y el uso de éste en algunas biotecnologías reproductivas en el cerdo, y el segundo de las características y la importancia de la conducta sexual del carnero y el macho cabrío, así

como del efecto de algunos factores sobre ella. Ambos artículos están basados únicamente en información especializada publicada sobre todo en revistas. Por último, en el ensayo los autores abordan el tema de las abejas silvestres, en la segunda aparición de estos himenópteros en este número, para referirse a su diversidad en la región, a su papel como polinizadores y a las razones por las que se debe luchar por su conservación.

**Artículos de difusión científico-técnica**

Desarrollo de divisiones de colonias de *Melipona beecheii* (*Hymenoptera*, *Meliponini*) a partir de tres tamaños de población . . . . . 4

**E. Quijano, J. A. González-Acereto y J. J. G. Quezada-Euán**

Diversidad y datos poblacionales de pequeños roedores como indicadores de cambios en la selva de la reserva Cuxtal, Yucatán, México . . . . . 12

**S. Hernández-Betancourt, E. Rivadeneyra, J. Aldana Guillermo, Y. Balam Ballote, C. Morales Breck, M. Rasmussen Terán, y S. Medina Peralta.**

**Artículos de revisión**

El papel fisiológico del plasma seminal y su importancia en algunas biotecnologías reproductivas en la especie porcina . . . . . 21

**F. Centurión Castro, M. Alfaro Gamboa, M. y R. Aké López**

Conducta sexual del carnero y del macho cabrío; su importancia y factores que la afectan . . . . . 32

**C. Silva Mena**

**Ensayos**

Abejas silvestres: diversidad, el papel como polinizadores y la importancia de su conservación. . . . . 38

**V. Meléndez, V. Parra, H. Delfín, R. Ayala, E. Reyes y P. Manrique.**

**Acerca de la revista y lineamientos para los autores** . . . . . 45

E. Quijano, J. A. González-Acereto y J. J. G. Quezada-Euán  
Departamento de Apicultura, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán.

## Resumen

Las técnicas tradicionales de división de colonias de *M. beecheii* consisten en separar una colonia por la mitad para producir dos colonias hijas. Sin embargo, este método limita la velocidad a la que se pueden reproducir los nidos y el número de divisiones que se puede obtener por colonia. En este trabajo se estudió el efecto del tamaño poblacional sobre el desarrollo de divisiones buscando conducir a recomendaciones técnicas que incrementen el número efectivo de colonias. Se usaron tres tipos de división: con 1 panal y 120 abejas, con 2 panales y 180 abejas y con 3 panales y 240 abejas. Los resultados mostraron que el tamaño poblacional más eficiente para el desarrollo, establecimiento y permanencia de colonias fue el tratamiento tres ya que en éste se obtuvo el mayor número de celdas nuevas, mayor número de potes y una tasa menor de consumo de cera y miel por abeja. Sin embargo, es posible obtener colonias a partir de tamaños poblacionales aun de 120 obreras y un panal aunque su desarrollo es más lento. Lo más importante en estos casos es considerar varios puntos para garantizar el éxito de estas divisiones: 1) utilizar malla anti mosquito y plastilina para limitar el acceso de fóridos a las cajas; 2) proporcionar alimentación artificial en forma de miel; 3) proporcionar cera de abeja melífera o cerumen de meliponinos; 4) transferir sólo abejas jóvenes que no hayan realizado vuelos fuera de la colonia para evitar que regresen a su nido original y abandonen la división 5) asegurarse de que el tamaño de las cajas que habrán de utilizarse no sea excesivo para garantizar mejor organización y

vigilancia del espacio y evitar problemas de termorregulación.

## Introducción

Las abejas sin aguijón (tribu Meliponini) son insectos altamente sociales que tienen importancia como polinizadores en los ecosistemas tropicales por el gran número de especies que visitan, con lo que ayudan a la conservación de la biodiversidad (Roubik 1989). Sus colonias pueden ser fácilmente manipuladas con un bajo costo y su cera y miel pueden ser utilizados para generar ingresos (Medellín *et al.*, 1990) La explotación semidoméstica de los meliponinos o meliponicultura se ha realizado desde tiempos precolombinos en toda Mesoamérica. En nuestro país la especie más explotada y de mayor importancia ha sido *Melipona beecheii* debido a la mayor producción y calidad en su miel (nutricional y farmacológica). Esta especie es conocida en Yucatán como xunan-kab (González, 1984). La meliponicultura se caracteriza por ser una práctica que se lleva a cabo a pequeña escala y en forma tradicional, es decir, sin una tecnología avanzada (Weaver y Weaver 1980). Además en el estado de Yucatán esta actividad está en decadencia por diversos factores como: 1) la introducción de la caña de azúcar y la incorporación de este producto en la dieta de los indígenas 2) la deforestación masiva 3) la falta de vías de comercialización para la venta de los productos y con esto falta de expectativas económicas en el campo 4) la pérdida de técnicas para un manejo eficiente de las colonias y 5) la competencia interespecífica por recursos

este producto en la dieta de los indígenas 2) la deforestación masiva 3) la falta de vías de comercialización para la venta de los productos y con esto falta de expectativas económicas en el campo 4) la pérdida de técnicas para un manejo eficiente de las colonias y 5) la competencia interespecífica por recursos nectaropoliníferos entre la abeja *A. mellifera* y los meliponinos (Quezada-Euán *et al.* 2001). De igual forma, el número de colonias de *M. beecheii* en estado silvestre ha disminuido considerablemente debido a la destrucción de la selva caducifolia y subcaducifolia, ubicando a esta abeja en la lista de especies en peligro de desaparecer (Quezada-Euán *et al.* 2007). En Yucatán, las técnicas tradicionales de la división de colonias de *M. beecheii* consisten en separar una colonia por la mitad para producir dos colonias hijas. Sin embargo, este método limita la velocidad a la que se pueden reproducir los nidos y el número de divisiones que se puede obtener por colonia. Además se desaprovecha la producción de reinas que es constante en esta especie. En Brasil se han realizado estudios en los cuales se han utilizado tamaños pequeños de población para iniciar colonias con resultados exitosos. Aidar y

Campos (1998) realizaron divisiones con poblaciones pequeñas con la especie *M. quadrifasciata* y obtuvieron desarrollo poblacional satisfactorio en todos sus tratamientos, mostrando ventajas tanto en el ahorro de material biológico como en la producción de estas divisiones.

En este trabajo se estudió el efecto del tamaño poblacional sobre el desarrollo de divisiones buscando conducir a recomendaciones técnicas que incrementen el número efectivo de colonias utilizando la mínima cantidad de material biológico y maximizando así el aprovechamiento de este escaso recurso.

## Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en el meliponario del Departamento de Apicultura del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), ubicada en el kilómetro 15.5 de la carretera Mérida – Xmatkuil, al sur de la ciudad de Mérida. El tipo de colmena a utilizar fue la desarrollada por González-Acereto (1990) denominada “tecnología intermedia con bisagras”. Consiste en una caja de madera que tiene las siguientes medidas:



Figura 1. Modelo de caja de tecnología intermedia con bisagras utilizado en el estudio. Se observa la plastilina colocada en los bordes como preparación a la transferencia de la división.

9.5 cm de ancho; 15 cm de alto; 40 cm de largo. Esta caja tiene un sistema de bisagras que permite que dos de las paredes laterales se abran, facilitando con esto las labores de cosecha y revisión de nidos (Figura 1).

El experimento consistió en comparar tres tamaños poblacionales en las divisiones para determinar cuál resultaba más eficiente para el desarrollo y permanencia de colonias de *M. beecheii*. Para cada uno de los tres tratamientos se tuvieron cinco repeticiones. El tamaño poblacional de los tratamientos se basó en un trabajo realizado por Aidar y Campos (1998) en Brasil con *M. quadrifasciata*:

- T1 = División con un panal y una población de 120 abejas jóvenes;
- T2 = División con tres panales y una población de 180 abejas jóvenes,
- T3 = División con cinco panales y una población de 240 abejas jóvenes.

A diferencia de otras abejas sin aguijón, las del género *Melipona* no hacen celdas reales, las reinas nacen de celdas de cría iguales a las de las obreras y en una proporción 1:4 (Wenseleers *et al.* 2004). Por lo tanto, al realizar las divisiones en este género es necesario incluir panales con pupas próximas a emerger entre las cuales estén incluidas reinas que encabezarán la futura colonia. Por ello, se identificaron panales de color más claro con pupas para producir las divisiones. La reina madre por lo general se observó en los panales de cría nueva y no fue puesta en las divisiones. Los potes de alimento no fueron transferidos a las divisiones ya que el olor de miel o polen puede atraer moscas parásitas (fóridos). Una vez realizada la división de acuerdo a lo recomendado por González-Acereto y De Araujo (2005), se tapó el orificio de entrada de la caja con malla mosquitero

para que las abejas no salieran y evitar la entrada de fóridos. Se colocó plastilina en todas las comisuras de las cajas para evitar la entrada de depredadores y la posible salida de las abejas. El orificio de salida se abrió después de 3 días de la transferencia.

En los tamaños 2 y 3 (T2 y T3) los panales de cría provinieron de diferentes colonias. En todos los casos sólo fueron introducidas abejas jóvenes recién emergidas de los panales por lo que no se presentó ningún tipo de ataque entre ellas aunque provenían de diferentes colonias. Para cada tamaño de división se contabilizaron una a una las abejas. Las divisiones recién formadas se apoyaron mediante la alimentación artificial, suministrándoles miel pura de *Apis mellifera*. La miel fue depositada en vasos hechos de una mezcla de cera de *A. mellifera* y cerumen de meliponinos. La alimentación con miel (en promedio 20gr) fue proporcionada con una frecuencia semanal.

Las divisiones se realizaron el 10-Abril-2003 y todas estuvieron en orfandad (sin reina). El periodo experimental establecido para observar el desarrollo de las colonias fue de ocho semanas del 10-Abril-2003 al 5-Junio-2003 y las mediciones se realizaron cada semana.

Para eliminar el efecto de diferentes tamaños poblacionales los valores analizados se estimaron en porcentaje o en tasa. Las variables medidas fueron:

- Tasa de desarrollo de los panales (conteo de celdas nuevas/número de abejas adultas);
- Consumo de alimentos (miel y cera): para esto se pesaron los vasos para alimentación artificial hechos de cera (con y sin miel) antes de colocarlos en las cajas y a la semana fueron retirados y substituidos por otros vasos para el

pesaje de los gramos consumidos de cera y miel por abeja adulta;

- Tasa de construcción de potes nuevos (conteo de potes nuevos/número de abejas adultas)
- Tasa de invasión de fóridos (número de parásitos (fóridos)/ número de abejas adultas).

Los datos se transformaron a arcoseno para cumplir los requisitos de normalidad. Se realizó un análisis de varianza (ADEVA) de medidas repetidas para comparar las variables entre tratamientos tomando a las diferentes poblaciones como covariable para eliminar su efecto. En los casos de diferencias significativas a  $\alpha=0.05$  se realizó una prueba de comparación múltiple de Duncan para comparar las medias entre los tres tratamientos. También se realizó un análisis de Correlación de Pearson para comprobar si existió relación entre el consumo de miel y cera por abeja y la tasa de elaboración de potes.

## Resultados

El tratamiento 3 fue el que tuvo un mayor número de celdas nuevas construidas al final de los dos meses

(273), el tratamiento 2 tuvo 191 celdas nuevas y el tratamiento 1 tuvo 141 celdas nuevas (tabla 1). Estas diferencias en número fueron significativas al comparar las tasas de construcción por semana ( $F_{3, 9} = 9.12$ ). El promedio semanal de construcción de celdas nuevas fue aumentando por igual en los tres tratamientos (figura 2).

No existieron diferencias significativas en el número de fóridos encontrados en los tratamientos  $P > 0.05$  ( $F_{3, 9} = 1.3$ ; tabla 1). Las medias de la presencia de fóridos al término de las ocho semanas fueron: Tratamiento 1: 4 fóridos, Tratamiento 2: 5 fóridos y Tratamiento 3: 8 fóridos. Se puede observar que en el periodo de la semana tres a la cinco hubo un aumento en el número de fóridos en todas las colonias y a partir de la sexta semana el número de fóridos disminuyó hasta que en la octava semana los fóridos se eliminaron en los tres tratamientos hasta en un 95%.

En el consumo de miel los tratamientos difirieron significativamente ( $F_{3, 10} = 9.9$ ). El consumo fue significativamente mayor en las colonias del tratamiento 1 comparado con el de los tratamientos 2 y

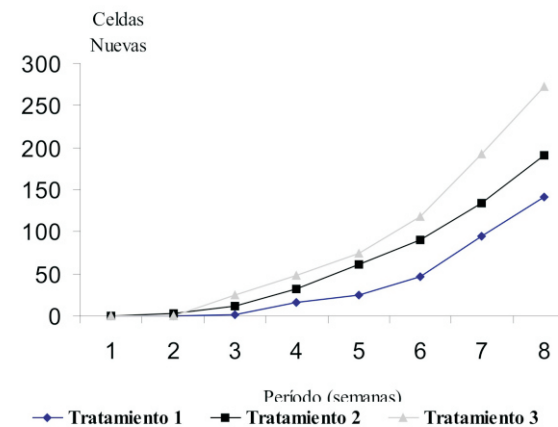


Figura 2. Progreso en la construcción de celdas nuevas en los tres tratamientos a lo largo del experimento.

y 3 (tabla 1). El consumo de cera por abeja de los tratamientos dos y tres fue menor que en el tratamiento 1 ( $F_{3, 9} = 8.7$ ).

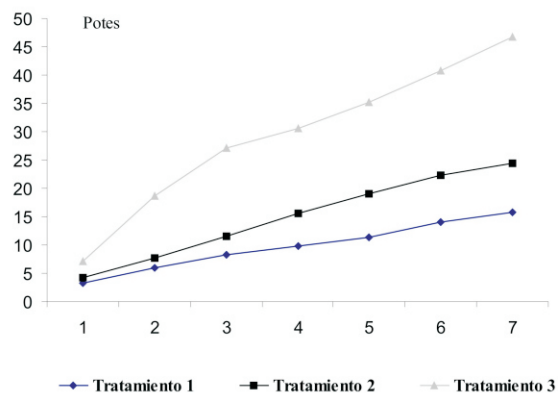
Tabla 1. Comparación de las medias semanales entre tratamientos. Literales diferentes en una misma línea indican diferencias significativas a  $p < 0.05$ .

Variable	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Tasa de construcción de celdas	0.339 ± 0.26 <b>a</b>	0.298 ± 0.26 <b>a</b>	0.38 ± 0.23 <b>b</b>
Tasa de invasión de fóridos	0.043 ± 0.01 <b>a</b>	0.041 ± 0.02 <b>a</b>	0.041 ± 0.01 <b>a</b>
Consumo de miel por abeja (g)	0.152 ± 0.02 <b>a</b>	0.093 ± 0.03 <b>b</b>	0.083 ± 0.001 <b>b</b>
Consumo de cera por abeja (g)	0.012 ± 0.007 <b>a</b>	0.008 ± 0.005 <b>b</b>	0.009 ± 0.006 <b>b</b>
Tasa de construcción de potes	0.071 ± 0.047 <b>a</b>	0.062 ± 0.046 <b>a</b>	0.108 ± 0.072 <b>b</b>

Las medias en la elaboración de potes al término de las ocho semanas fueron: Tratamiento 1: 16 potes; Tratamiento 2: 24 potes y Tratamiento 3: 47 potes. Se vieron potes desde la primera semana del experimento, el número de potes elaborados fue aumentando considerablemente semana a semana (figura 3). Sin embargo, el tratamiento 3 tuvo una mayor tasa de construcción de potes ( $F_{3, 9} = 9.3$ ).

Se encontró una correlación negativa para la suma del consumo de miel y cera por abeja y la tasa de construcción de potes ( $r = -0.49$ ).

Figura 3. Promedios del número de potes construidos por tratamiento durante las ocho semanas.



## Discusión

Los resultados del presente trabajo mostraron que es posible crear divisiones artificiales exitosas de colonias de *Melipona beecheii* a partir de tamaños poblacionales pequeños. El tamaño poblacional más eficiente para el desarrollo, establecimiento y permanencia de colonias fue el del tratamiento tres con 240 abejas, ya que en éste se obtuvo

con 240 abejas, ya que en éste se obtuvo el mayor número de celdas nuevas, mayor número de potes y menor número de colonias perdidas. Además el uso de recursos en este tratamiento parece ser más eficiente ya que el consumo de miel y cera por abeja fue significativamente menor y la tasa de construcción de celdas nuevas y potes fue mayor. En el tratamiento 2 se perdieron 2 divisiones por efecto de los fóridos y por abandono. La eliminación de larvas de fóridos en colonias pequeñas y débiles es más difícil ya que no hay organización y se requiere de mucho trabajo (Nascimento, 1996). Los fóridos atacan colonias débiles, puesto que colonias fuertes no permiten su entrada (Robinson, 1980). Sin embargo, es interesante que los tratamientos dos y tres, donde hubo mayor población, también tuvieron similar tasa de invasión de fóridos en las semanas 3-5. En el caso de las divisiones del tratamiento tres, al contar con mayor población se defendieron mejor que las colonias de los tratamientos uno y dos que contaban con menor número de obreras y donde finalmente se perdieron dos repeticiones. Aun así todas las colonias sobrevivientes se defendieron bien de los fóridos y en la séptima y octava semana el índice de fóridos disminuyó considerablemente, hasta en un 95%. El uso de una malla protectora resultó un método adecuado para reducir la invasión con fóridos.

En la colonia cinco del segundo tratamiento nunca se observaron celdas nuevas, y por el contrario a la tercera semana se despobló. Suponemos que probablemente se transfirió un número mayor de abejas adultas que jóvenes. Este factor ya se había observado en experimentos anteriores, en los que cuando la mayoría de la población era de abejas adultas pecoreadoras éstas

regresaban a su colonia de origen dejando despoblada la nueva división. Además las abejas jóvenes también las seguían y los panales se quedaban solos (Obs. Pers.). En estas divisiones, desde la primera semana se empezó a notar que la población iba disminuyendo hasta que se quedó despoblada en la semana tres. Nogueira (1997) afirma que cuando se hace una división y la población tiene una edad adulta, estas abejas tienden a regresar a su colonia original. Esto probablemente se debe a la memoria que conservan las obreras adultas sobre su nido de origen, al que regresan si se les coloca en uno extraño. Por ello una recomendación obligada es tener mucho cuidado en que en las divisiones se transfieran principalmente obreras recién emergidas u obreras que aún no realizan vuelos de orientación fuera de su colonia, ya que así no tendrán memoria de la ubicación de la misma. Al escoger abejas jóvenes, pero no necesariamente de la misma edad, se garantiza un mejor equilibrio en las colonias ya que tendrían obreras que cumplan otras funciones (polietismo temporal). Es posible que combinando diferentes edades en las divisiones se tenga un equilibrio en las actividades a desempeñar en la colonia, ya que al poner solamente abejas adultas éstas tienden a regresar a su colonia original (Quezada-Euán y González-Acereto 1994). Puede ser que la pérdida de las colonias 4 y 5 del segundo tratamiento haya sido por esta razón.

El tratamiento tres tuvo una menor tasa de consumo de cera y miel juntas y una mayor elaboración de potes. Además se encontró una relación inversa entre tasa de consumo por abeja y construcción de potes. Esto también pudo deberse a que generalmente las colonias fuertes, al tener mayor población, también pueden

iniciar el trabajo de colecta de néctar y polen. Posiblemente el hecho de tener una población mayor hizo que estas colonias pudieran destinar un mayor número de abejas a la colecta de recursos, lo que a su vez les puede permitir construir más potes para almacenar el alimento (Heard 1998). Sin embargo, las colonias con menos abejas probablemente requieren que más abejas permanezcan dentro de la colonia defendiendo contra los fóridos y tratando de termorregular mejor el nido. El periodo climático en el que se realizó el trabajo (previo a las lluvias) resultó ser una época en la cual había bastante floración, lo que resultó ideal para la división de las colonias y su establecimiento, ya que el contar con alimento permitía construir potes.

En un estudio que realizó Imperatriz-Fonseca (1977) comparando dos tamaños poblacionales en *Trigona* se concluyó que ambos tamaños funcionaron en relación con su proporción de obreras tal como fue evidente en el presente trabajo. Al evaluarlos estadísticamente el tamaño poblacional mayor apareció como el mejor por tener cantidades mayores en las variables que evaluó (en ese caso mayor producción de miel y polen), pero el otro tamaño con el que trabajó también funcionó. Este trabajo llega a una conclusión similar, es posible obtener colonias a partir de tamaños poblacionales aun de 120 obreras y un panal, las recomendaciones en estos casos son: 1) utilizar malla anti mosquito y plastilina para limitar el acceso de fóridos a las cajas; 2) proporcionar alimentación artificial en forma de miel tomando en cuenta que su tasa de consumo es relativamente mayor por abeja; 3) proporcionar cera de abeja melífera o cerumen de meliponinos; 4) transferir sólo abejas jóvenes que no hayan realizado vuelos fuera de la

colonia para evitar que regresen a su nido original y abandonen la división, y 5) asegurarse de que el tamaño de las cajas que habrán de utilizarse no sea excesivo, para garantizar mejor organización y vigilancia del espacio y evitar problemas de termorregulación. En ese sentido las cajas que se utilizaron en este trabajo resultaron relativamente grandes para las divisiones y por ello una recomendación es reducir las dimensiones a 9 cm de ancho, 7 cm de alto y 30 cm de largo. De cualquier forma, si el espacio resulta grande para la división, éste puede reducirse con cartón o una hoja de cera de abeja melífera para un mejor control del ambiente interno por parte de las abejas (Moo-Valle *et al.* 2000).

Para una mejor determinación de la eficiencia de cada tamaño poblacional, sería necesario también incluir variables relacionadas con la aceptación de las reinas vírgenes y su inicio de postura, y finalmente evaluar el desarrollo y la productividad de las colonias en el siguiente ciclo de producción de miel.

Una recomendación final de este trabajo es que tanto el tamaño poblacional como el número de panales de cría y el buen estado de éstos al iniciar una división de *M. beecheii* deben atenderse porque son fundamentales para que su desarrollo sea exitoso. Resulta importante el cuidado previo y durante la realización de las divisiones pues al tratarse de poblaciones pequeñas son más susceptibles de perderse.

## Agradecimientos

Al proyecto CONACYT-SISIERRA 2002-0106 "Rescate de la meliponicultura en Yucatán".

## Referencias

- Aidar, D. S. y Campos, L.A.O. 1998. Manejo e manipulação artificial de colônias de *Melipona quadrifasciata* Lep. (Apidae: Meliponinae). An. Soc. Entomol. Brasil. 27: 157-159.
- González, A.J. 1984. Acerca de la regionalización de la nomenclatura maya de las abejas sin aguijón (*Melipona* spp.) en Yucatán. Rev. Geografía Agrícola # 6. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Heard, T. A. 1998. Propagation of hives of the stingless bee *Trigona carbonaria*. J. Austral. Entomol. Soc. 27: 303-304.
- Imperatriz-Fonseca, V.L. 1977. Studies on *Paratrigona subnuda* (Moure) Hymenoptera, Apidae, Meliponinae-II: Behaviour of the virgin queen. Bolm. Zool., Univ. São Paulo, 2: 169-182.
- Medellín, M. S., Campos, L. E., Gonzalez, J. A. y Cámara, G.V. 1990. Meliponicultura maya: perspectivas para su sostenibilidad, documento promocional, FMVZ, Universidad Autónoma de Yucatán, México.
- Moo-Valle, J.H., Quezada-Euán, J.J.G., Navarro, J. y Rodríguez-Carvajal, L. 2000. Patterns of intranidal temperature fluctuation for *Melipona beecheii* nesting in natural cavities. J. Apic. Res. 39: 3-7.
- Nascimento, V. 1996. Aspectos biológicos, ecológicos y genéticos de *Melipona* (*Michmelia*) *capixaba* Moure y Camargo (Hymenoptera, Apidae). Tesis de Maestría Universidad Federal de Uberlandia, Brasil.
- Nogueira- Neto, P. 1997. Vida e criacao de abelhas indígenas sem ferrao. Editora Nogueirapis. Brasil.

Quezada-Euán, J.J.G. 2005. Biología y uso de las abejas sin aguijón de la península de Yucatán, México (Hymenoptera: Meliponini). Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán, No.16.

Quezada-Euán, J.J.G. y González, A.J. 1994. A preliminary study on the initial development of colonies of *Melipona beecheii* B. (Hymenoptera: Apidae) in traditional and rational hives. J. Apic. Res. 33: 167-170.

Quezada-Euán, J.J.G., May-Itzá, W. de J. y González-Acereto, J.A. 2001. Meliponiculture in México: problems and perspective for development. Bee World 82: 160-167.

Quezada-Euán, J. J. G., Paxton, R., Palmer, K. A., May Itzá W. de J., Tay, W. T. y Oldroyd, B. P. 2007. Morphological and molecular characters reveal differentiation in a Neotropical social bee, *Melipona beecheii* (Apidae: Meliponini). Apidologie 38:247-258.

Robinson, O. R. 1980. Estudios ecoetológicos en *Friesomelitta languida*. Tesis de Maestría. Instituto de Bociencias. Universidad de Sao Paulo, Brasil.

Roubik, D. W. 1989. Ecology and natural history of tropical bees. Cambridge University Press; Cambridge, UK.

Weaver, W. y Weaver, C. V. 1981. Beekeeping with stingless bee *Melipona beecheii* by the Yucatecan Maya. Bee World. 62: 7-19.

Wenseleers, T., Hart, A.G., Ratnieks, F.L.W. y Quezada-Euán J.J.G. 2004. Queen execution and caste conflict in the stingless bee *Melipona beecheii*. Ethology 110: 725-736.

# Diversidad y datos poblacionales de pequeños roedores como indicadores de cambios en la selva de la reserva Cuxtal, Yucatán, México

S. Hernández-Betancourt<sup>2</sup>, E. Rivadeneyra<sup>1</sup>, J. Aldana Guillermo<sup>1</sup>, Y. Balam Balloté<sup>1</sup>, C. Morales Breck<sup>1</sup>, M. Rasmussen Terán<sup>1</sup>, y S. Medina Peralta<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Licenciatura en Biología; <sup>2</sup> Depto. de Zoología, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. <sup>3</sup> Facultad de Matemáticas, Campus de Ingeniería y Ciencias Exactas, Universidad Autónoma de Yucatán.

## Resumen

Se realizó una evaluación rápida entre poblaciones de roedores en la selva de Cuxtal, Yucatán. Se trabajó en un sistema productivo abandonado (SP) y un acahual (AC), colocando en cada uno un cuadrante de 60 estaciones de trapeo con equidistancia de 10 m; se usaron trampas Sherman cebadas con semillas de girasol, que abarcaron 4400 m<sup>2</sup> y 3800 m<sup>2</sup> respectivamente. Se muestreó por tres noches consecutivas durante cuatro semanas, usando el método captura-recaptura. Se capturaron 66 individuos correspondientes a cuatro especies (*Mus musculus*, *Heteromys gaumeri*, *Ototylomys phyllotis* y *Peromyscus yucatanicus*), con esfuerzo de captura de 1440 noches trampa. La probabilidad de captura en AC fue de 5.3 % (D.E. 4.4) y en SP de 10.3% (D.E. 8.7). El 73 % (n=48) se capturó en SP, donde sólo se registraron *M. musculus* (n=45) y *H. gaumeri* (n=3), y el 27 % (n= 18) en AC, donde se registraron las cuatro especies. *M. musculus* tuvo la mayor densidad (219 ind/ha) en el SP, con individuos principalmente adultos, la proporción de sexos no fue diferente de 1:1 y la mayoría de las hembras (n=24) estuvieron preñadas. *H. gaumeri* (n=12) fue la especie más abundante en AC (80 ind/ha). La proporción de sexos tampoco fue diferente de 1:1. En AC se removieron seis especies de semillas, principalmente ebanáceas y fabáceas y una especie de caracol, y en SP se removieron semillas de sandía. Se concluyó que la pérdida de selva favorece a las especies generalistas

y excluye a las especialistas.

## Introducción

La mayoría de los ecosistemas de la Tierra están sujetos a perturbaciones por causas naturales y antropogénicas (Allan *et al.*, 2003). Algunas actividades del sector productivo primario (e.g. agricultura, ganadería, silvicultura, entre otras) modifican los hábitats de diversas especies, alterando sus abundancias relacionadas con la heterogeneidad del hábitat y disminuyendo la productividad primaria y secundaria así como la resiliencia (Hilje y Monge, 1988; Howard, 1967; Rapport y Whitford, 1999; Zarza, 2001). La pérdida de biodiversidad y la disminución en la abundancia de mamíferos pequeños y medianos en selvas áridas y semiáridas son las principales respuestas a la perturbación (Allan *et al.*, 2003). Estas actividades productivas crean paisajes con diferente estructura vegetal, grados de heterogeneidad y sucesión y, por ende, cambian la diversidad y la abundancia de las poblaciones de vertebrados (August, 1983; Lawton *et al.*, 1998).

Los animales que no pueden responder inmediatamente a los cambios en su ambiente tienden a disminuir sus poblaciones (Álvarez-Buylla, 1993), y en algún momento pueden llegar a desaparecer del sitio original. También se pueden encontrar especies que responden fácilmente a dichos cambios, ayudados por su alta capacidad reproductiva y oportunismo, pudiendo

incluso desplazar a especies más susceptibles (Wright *et al.*, 1979).

Se necesita conocer cuáles son las especies que permanecen en estos tipos de vegetación y cómo están respondiendo a los cambios ambientales. El uso de grupos taxonómicos como indicadores de cambios en sitios impactados por actividades humanas es de gran utilidad para conocer su estado actual y compararlo con sitios menos perturbados (Halfpeter y Moreno, 2005). Debido a que las características anatómicas, biológicas y conductuales de ciertos organismos son adaptaciones a su medio ambiente, éstas pueden ser buenos indicadores del estado de conservación o perturbación de un hábitat.

El objetivo de este estudio fue hacer una evaluación rápida de la diversidad y abundancia de pequeños roedores en un sistema productivo abandonado (cultivo de sandías) y en una selva baja (acaahual) de la comisaría de Molas, reserva ecológica Cuxtal, Yucatán.

## Materiales y métodos

**Área de estudio.** El estudio se realizó dentro de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica "Cuxtal", que abarca 10,757 ha (Fig. 1), en la comisaría de Molas, a 20° 58' latitud norte y 89°37' longitud oeste del estado de Yucatán. El clima es de tipo Aw0 (i)gw", cálido subhúmedo con lluvias en verano (García, 1973), la temperatura

media anual es de 25.9° C, con precipitación anual de 927.8 mm. En esta zona se encuentra selva baja caducifolia, caracterizada por un estrato arbóreo conformado principalmente por árboles de la familia Fabaceae y otro herbáceo de bejucos leñosos y caducos; las familias mejor representadas en el área son: Euphorbiaceae, Fabaceae, Asteraceae y Rubiaceae (Gobierno del Estado, 2004). El suelo está formado por asociaciones de rendzina café rojiza y negra con litosoles (Duch, 1998; Flores y Espejel, 1994). La fauna está representada por 12 especies de anfibios, 55 especies de reptiles, 168 especies de aves y 53 especies de mamíferos (Gobierno del Estado, 1993).



Figura 1. Localidad de estudio, Comisaría de Molas, Mérida, Yucatán.



**Sitios de muestreo.** Se establecieron dos sitios de muestreo denominados acahual (AC) y sistema productivo abandonado (SP). En el AC se encuentra una vegetación de selva baja caducifolia (Flores y Espejel, 1994), la cual después de ser explotada por plantaciones de henequén ha estado en descanso desde hace 20-25 años (Gobierno del Estado, 1993; informantes de predio). Las especies vegetales representativas son *Bursera simaruba*, *Gymnopodium floribundum*, *Neomillspaughia emarginata*, *Mimosa bahamensis*, *Diospyros anisandra*, *Diospyros cuneata*, *Caesalpinia gaumeri*, *Bauhinia divaricata*, *Lysiloma latisiliquum* y *Lippia graveolens*, entre otras. El suelo del terreno es de tipo rendzina asociada con litosoles, de 40-70 cm de profundidad y textura arcillosa con afloramientos rocosos y pedregosidad moderada. En el SP se habían cultivado sandías, habiendo sido la última cosecha en abril del 2004. Las herbáceas presentes son *Aeschynomene americana*, *Rhynchelytrum repens*, *Lasiacis divaricata*, *Tithonia sp.* y *Ruellia nudiflora*. Este sitio originalmente tenía el mismo tipo de selva y suelo que el anterior.

**Trabajo de campo.** El estudio se realizó durante 2004. Se muestreó durante cuatro semanas (del 23 de junio al 18 de julio) por tres noches consecutivas. Se usó el método de captura-recaptura (Krebs, 1985), marcando a los animales capturados mediante la ectomización de falanges (Rudran, 1996). En cada sitio se colocó un cuadrante de 60 estaciones de trapeo con equidistancias de 10 m, usando trampas Sherman que se cebaron con semillas de girasol. Se cubrieron 4 400 m<sup>2</sup> y 3 800 m<sup>2</sup> respectivamente, y el esfuerzo de

captura realizado fue de 1440 noches trampa en las cuatro semanas del estudio. El análisis de datos se hizo considerando las especies dominantes en cada cuadrante (*Heteromys gaumeri* y *Mus musculus*). De los individuos capturados se registró el peso, sexo, condición reproductiva y pelaje. Las edades para *H. gaumeri* se establecieron como: subadulto (30-50g y longitud de 230-250mm) y adulto (>51g y >250mm) (Hernández-Betancourt, 2003). Para las edades de *Mus musculus* se hizo una gráfica de acumulación, obteniendo: juveniles (5-8 g y 100-130 mm), subadultos (10-13g y 131-140 mm) y adultos (> 14g y >141mm). Para la condición reproductiva se tomó en cuenta, para las hembras: vagina cerrada o perforada, lactante, postlactante y gestante (palpación de embriones en el tercer tercio gestacional); y para los machos: testículos inguinales y testículos escrotales con vesícula seminal alargada.

**Análisis estadístico.** Sólo se realizó a las poblaciones más abundantes en cada sitio. Para determinar la densidad de la población de las cuatro especies encontradas en los sitios de estudio se usó el método NMIV (número mínimo de individuos vivos), que es un método de conteo directo (Krebs, 1985). Se utilizó la prueba Xi-cuadrada de bondad de ajuste para dos categorías con la corrección de Yates para determinar si la proporción de sexos es 1:1 (Zar, 1999).

## Resultados

En total se capturaron 66 individuos correspondientes a cuatro especies *Heteromys gaumeri*, *Ototylomys phyllotis*, *Peromyscus yucatanicus* y *Mus musculus*. Del total de los individuos

capturados, el 27 % (n=18) se capturó en AC y el 73 % (n=48) en SP. Los porcentajes de captura por especie en cada sistema fueron, para AC: *H. gaumeri* 67%, *O. phyllotis* 11%, *P. yucatanicus* 11% y *M. musculus* 11 %, y en SP: *M. musculus* 94% y *H. gaumeri* 6 %. Las especies más abundantes en general fueron *M. musculus* y *H. gaumeri* (Fig. 2). En el AC se logró la acumulación total de especies en el noveno día de captura y en el SP se logró en el séptimo día.

En los primeros días el número de animales capturados por primera vez (reclutas) fue mayor. Las recapturas de *H. gaumeri* se incrementaron a partir de la segunda semana y las de *M. musculus* a partir de la tercera (Fig. 3). La probabilidad de captura en AC fue de 5.3 % (D.E. 4.4) mientras que en CP fue 10.3% (D.E. 8.7). En ambos sistemas la probabilidad aumentó hacia la última semana.

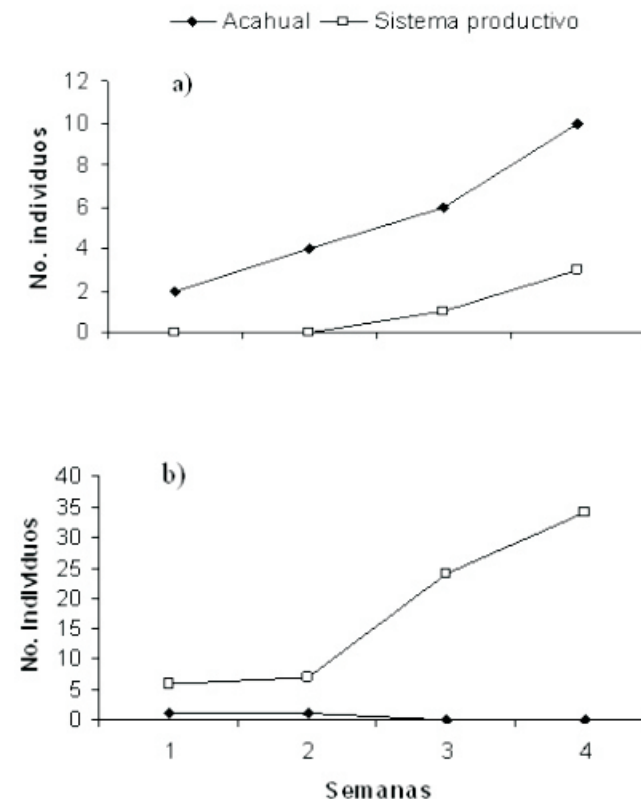


Figura 2. Abundancia de individuos capturados en AC y en SP. a) *H. gaumeri* y b) *M. musculus*.

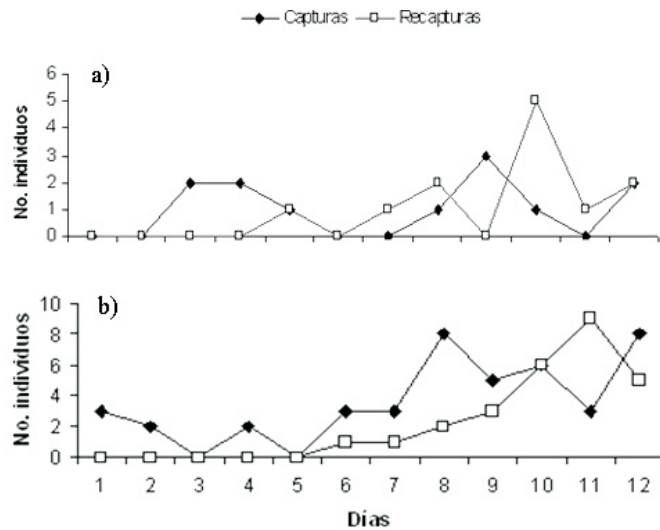


Figura 4. Densidades poblacionales observadas y calculadas. a) *H. gaumeri* en AC, b) *M. musculus* en SP.

En cuanto a la estructura de la población por edades, la de *H. gaumeri* estuvo constituida por adultos (58%) y subadultos (42%), sin presencia de juveniles (Fig. 5). Para *M. musculus* el mayor componente también estuvo representado por adultos, (75%) con prevalencia de hembras, el segundo componente lo constituyeron los juveniles (19%) y la proporción más baja la presentaron los subadultos hembras, seguidos por los subadultos machos (Fig. 5).

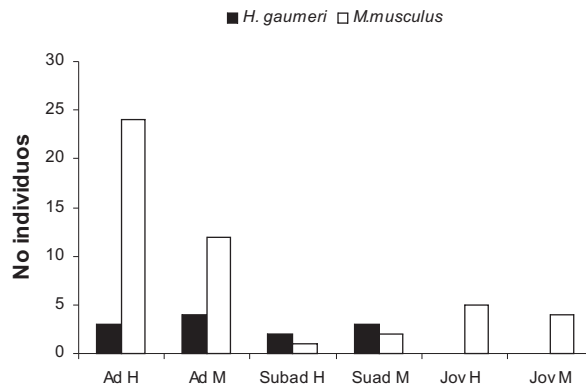


Figura 5. Estructura poblacional por edades de *H. gaumeri* y *M. musculus*. M: Macho, H: Hembra, Ad: adulto y Suad: subadulto, jov: joven.

**Reproducción.** La proporción de sexos fue 1:1 ( $p > 0.05$ ) (*M. musculus*:  $X^2 = 1.49$ , g.l. = 1,  $p = 0.2222$ ; *H. gaumeri*:  $X^2 = 0.084$ , g.l. = 1,  $p = 0.7719$ ). En la población de *H. gaumeri* no se observó actividad reproductiva, pero sí machos y hembras maduros sexualmente y subadultos que en pocos meses alcanzarían la madurez sexual. En contraste *M. musculus* sí la tuvo. Del total de hembras adultas, el 60% estuvieron gestantes o poslactantes. La mayoría de estos individuos se capturaron en las dos últimas semanas de muestreo.

Al revisar los abazones y trampas de *H. gaumeri* se observó que removió seis especies de semillas, principalmente ebenáceas y fabáceas, y una especie de caracol en el AC, y en SP removió además semillas de sandía.

**Discusión**

Las cuatro especies capturadas en la zona de estudio se encuentran entre las ocho que se han capturado con mayor frecuencia en otras localidades de Yucatán (Cimé et al., 2006). *H. gaumeri* y *Peromyscus yucatanicus* son endémicas de la Península de Yucatán, la primera requiere de vegetación conservada para desarrollar sus poblaciones ya que es granívora y dispersora de semillas (Schmichdt et al., 1989; Hernández-Betancourt et al., 2003) y la segunda puede adaptarse a sistemas menos conservados ya que es generalista y se ha mencionado que puede llegar a formar plagas en plantíos de maíz (Young y Jones, 1983). *Otodylomys phyllotis* es una especie silvestre arborícola que se alimenta sobre los árboles o en el suelo, frecuentemente se encuentra con las especies arriba mencionadas (Ceballos y Oliva, 2005; Hernández-Betancourt et

al., 1996). *M. musculus* (ratón casero) es una especie introducida, muy ligada a las actividades humanas que es capaz de vivir en espacios peridomésticos y en el campo en condiciones silvestres, su alta tasa de reproducción y su rápido desarrollo propician su transformación en plaga (Bolger et al., 1997). Las especies con mayor abundancia de captura fueron para el SP *M. musculus* y para el AC *Heteromys gaumeri*. Durante el periodo de estudio llovió en las dos últimas semanas, y por lo tanto las capturas aumentaron en ese tiempo, debido a que los pequeños roedores durante esta época tienen mayor cantidad de alimentos al producirse frutos y semillas en las plantas. Las probabilidades de captura muestran claramente que en el SP hubo mayores capturas aunque la diversidad fue baja (dos especies), en cambio en AC la diversidad fue mayor, pero la abundancia fue menor, denotándose por la baja captura. Las recapturas de los individuos de *H. gaumeri* se incrementaron en la segunda semana; en contraste, los incrementos de *M. musculus* se lograron hasta la tercera. Esto probablemente se debió a la baja disponibilidad de alimento en el AC, ya que la vegetación no mostraba fructificación, estaba seca y por lo tanto los ratones pudieron aprovechar la oferta de las semillas de las trampas, mientras que en SP había una alta disponibilidad de semillas de sandía que fueron aprovechadas por los individuos. El método (NMIV) para evaluar la densidad poblacional sobreestimó la densidad observada en forma directa, pero en baja proporción. En ambos sistemas se observó la presencia de *Heteromys gaumeri*, aunque en el SP fue muy baja; esto indica que esta especie fue la dominante en la selva baja de Molas,

pero al modificarla para explotar la tierra esta especie baja sus poblaciones y se aleja en busca de un hábitat más propicio. En cuanto a *M. musculus*, no se le registró en el AC y en el SP tuvo una alta densidad de población favorecida por la disponibilidad al alimento (semillas de sandía) y por su capacidad de reproducirse y desarrollarse en corto tiempo, que son características de adaptación de los componentes de la familia Muridae (Vaughan, 2000).

El análisis de la estructura por edades mostró que la población de *M. musculus* se encontraba activa ya que se constituyó por individuos de las tres edades, donde prevalecieron los adultos, tanto hembras como machos, lo cual indica que la reproducción estaba ocurriendo, lo que se confirmó con la presencia de jóvenes de nuevas generaciones que aumentaron la población. En contraste la población de *H. gaumeri* mostró poco movimiento, se presentaron sólo dos edades, con prevalecía de adultos de ambos sexos pero no hubo jóvenes. Esto se debe a que la especie pertenece a la familia de los heterómidos, cuyos integrantes tienen ciclos reproductivos dependientes de la disponibilidad de alimento, que está ligada a la época de lluvias y por lo tanto los apareamientos se dan al principio de la misma y los nacimientos ocurren al siguiente mes, cuando la productividad aumenta; los jóvenes emergen de las madrigueras al final de la época cuando hay fructificación en la mayoría de las plantas (Hernández-Betancourt, 2003, Sánchez-Cordero y Fleming, 1993) en contraste la reproducción y el desarrollo de los jóvenes son lentos comparados con los de *M. musculus*.

La proporción de sexos se mantuvo en equilibrio en las dos especies estudiadas, sin embargo la actividad reproductiva se

observó solamente en la población de *Mus musculus*, ya que la mayoría de las hembras adultas se encontraron gestantes o poslactantes. Las recapturas permitieron ver que hembras reproductivas capturadas en la primera semana fueron poslactantes en la última, lo cual indica el aporte de nuevos individuos a la población. Esta especie llega a la madurez sexual en tres o cuatro semanas y sus camadas son en promedio de tres individuos (Vaughan *et al.*, 2000). El segundo componente de la estructura poblacional fue el de los jóvenes, algunos de los cuales también se pudieron seguir mediante las recapturas. Finalmente, la actividad de dispersor de semillas de *H. gaumeri* quedó demostrada en el AC al encontrar seis especies de semillas principalmente fabáceas y ebenáceas y una especie de caracol, como se ha visto que lo hace en la selva mediana subcaducifolia del sur de Yucatán (Hernández-Betancourt *et al.*, 2005), además en SP removió semillas de sandía.

### Conclusiones

De acuerdo con los datos obtenidos, tanto de diversidad como de parámetros poblacionales, se concluye que la pérdida de selva favorece a las especies generalistas como *M. musculus*, que por su naturaleza biológica es susceptible de formar plagas, que resultan agresivas para los cultivos. Como consecuencia resultan excluidas por competencia las especies especialistas, que dispersan semillas y hacen posible la recuperación de la selva. El AC tiene importancia en la conservación ya que alberga especies nativas (*P. yucatanicus* y *H. gaumeri*) y silvestres (*O. phyllotys*), cuyas poblaciones en las selvas conservadas viven en equilibrio y cumplen sus funciones como base de la cadena

alimenticia, ya que reptiles, aves y mamíferos medianos se alimentan de sus individuos, y como almacenadores de semillas que forman bancos de germoplasma vegetal.

### Referencias

- Allan, B. F., Keesing, F. y Ostfeld, R. S. 2003 Effect of forest fragmentation of Lyme disease risk. *Conservation Biology*, 17: 267-272.
- Álvarez-Buylla, E.R. 1993. La extinción de las especies: causas demográficas. Un ejemplo de los neotrópicos. *Omnia*. Revista de la Coordinación General de Estudios de Posgrado UNAM. Vol.1: 18-26 Universidad Nacional Autónoma de México.
- August, P. 1983. The role of habitat complexity and heterogeneity in structuring tropical mammal communities. *Ecology* 64:1495-1507.
- Bolger, D.T., Albert A.C., Suvajot R.M., Potenza P., McCalvin C., Tran D., Mazzoni S. y Soulé, M.E. 1997. Response of rodents to habitat fragmentation in coastal South California. *Ecological Application*. 7: 552- 563.
- Ceballos, G. y Oliva, G. (coordinadores) 2005. Los mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Fondo de cultura Económica. 983 p.
- Cimé, J.A., Chablé Santos, J.B., Sosa Escalante, J.E. y Hernández Betancourt, S.F. 2006. Quirópteros y pequeños roedores de la Reserva de la Biosfera de Ría Celestún, Yucatán, México. *Acta Zoológica Mexicana* 22: 127-131.
- Duch, G. J. 1988. La conformación territorial del Estado de Yucatán. Los componentes del medio físico. Universidad Autónoma de Chapingo. Centro Regional de la Península de Yucatán. 240 p.

- Flores, J. S. y Espejel, I. 1994. Vegetación de la Península de Yucatán. *Etnoflora Yucatanense*. Fascículo 3. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán. 135 p.
- García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM. 246 p.
- Gobierno del Estado de Yucatán. Mérida Yucatán (Ayuntamiento de Mérida). 2004. Plan de manejo de la Reserva Ecológica de Cuxtal. 50 p.
- Halfpter, G. y Moreno, C.E. 2005. Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gama. En: Sobre diversidad biológica: El significado de las diversidades. Halfpter, Soberón G. J., Kolef P. y A. Meliá (eds.). *Monografías tercer milenio*, Vol. 4 . S. E. A., CONABIO, CONACYT, DIVERSITAS. 5-18.
- Hernández-Betancourt, S. F., V. Sánchez-Cordero, J. E. Sosa-Escalante y Segovia, A. 1996. VIII Listados faunísticos de México. Instituto de Biología. UNAM. México, D. F. 39 p.
- Hernández-Betancourt, S. 2003. Dinámica poblacional de *Heteromys gaumeri* Allen y Chapman 1897 en una selva mediana del sur de Yucatán. Tesis de doctorado. UAM-Iztapalapa. México, D. F. 272 p.
- Hernández-Betancourt, S.F., López-Wilchis, R., Cimé Pool, J. A. y Medina Peralta, S. 2003. Área de actividad, movimiento y organización social de *Heteromys gaumeri* Allen y Chapman, 1897 (Rodentia:Heteromyidae) en una selva mediana subcaducifolia de Yucatán, México. *Act. Zool. Mex.* 90: 77-91.
- Hernández-Betancourt, S. F., Gómez González, J., Cimé Pool, J. A., Medina Peralta, S. y Euán Canal, C. M. 2005. First report of use of land snails for

*Heteromys gaumeri* (Rodentia: Heteromyidae) in a subdeciduous forest in Yucatan, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana* 21(2): 155-156.

Hilje, L. y Monge, J. 1988. Diagnóstico preeliminar acerca de los animales que son plaga en Costa Rica. Postgrado en Manejo de Vida Silvestre. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 17 p.

Howard, W.E. 1967. Biological control of vertebrate pest. Proceedings 3rd. Vertebrate pest conference. San Francisco, California. 137-157.

Krebs, C.J. 1985. Ecología. Estudio de distribución y la abundancia. 2ª Edición. Ed. Harla. México. 753 p.

Lawton, J. H., Bignell, D. E., Bolton, B., Bloemers, G. F., Eggleton, P., Hammond, P. M., Hodda, M., Holts, R. D., Larsen, T. B., Mawdsley, N. A., Stork, N. E., Srivastava, D. D. y Watt, A. D. 1998. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitats modification in tropical forest. *Nature* 339:72-76.

Rapport, D. J., y Whitford, W.G. 1999. How ecosystems respond to stress. *BioScience* 49: 193-203.

Rudran, R. 1996. Method for marking mammals. En: *Measuring and monitoring biological diversity: Standard methods for mammals*. D. E. Wilson, Cole F. R., Nichols J. D., Rudran R. y M. S. Foster (eds.). Smithsonian Institution Press. Washington, D. C. 299-310.

Sánchez-Cordero, V. y Fleming, T. H. 1993. Ecology of Tropical Heteromyids. En: *Biology of Heteromyidae*. H. H. Genoways y J. H. Brown (Eds.). Special Publications No. 10. Amer Soc. Mamm. 596-615.

Schmidt, C. A., Enstromg, M. D. y Genoways, H. H. 1989. *Heteromys gaumeri*. *Mammalian Species*. 345: 1-4.

Vaughan, T. A., J. M. Ryan y Czaplewski, N.J. 2000. *Mammalogy*. 4ª Edición. Thomson Learning, Inc.

Estados Unidos. 564 pp.

Wright, E.N., Y.R., Inglis y Feare, C.J. (eds.) 1979. Birds problems in agriculture. Proceedings of a Conference in Understanding Agricultural Birds Problems. BCPC Publications, Croydon. London. 210 p.

Young, C.J. y Jones, K. 1983. *Peromyscus yucatanicus*. *Mammalian Species*. 196: 1-3.

Zar, J. H. 1999. *Biostatistical Analysis*. 4a Ed. Prentice-Hall. New Jersey, USA. 663 p.

Zarza, H. 2001. Estructura de la comunidad de pequeños mamíferos en diversos hábitats en la Selva Lacandona, Chiapas, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.

## El papel fisiológico del plasma seminal y su importancia en algunas biotecnologías reproductivas en la especie porcina

F. Centurión Castro, M. Alfaro Gamboa, M. y R. Aké López  
Departamento de Reproducción y Mejoramiento Genético, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.

### Introducción

El plasma seminal (PS) es un fluido biológico complejo de naturaleza diversa cuyos componentes se unen instantes antes de la eyaculación. El efecto del plasma seminal sobre los espermatozoides es controvertido. Existen resultados en diferentes especies que demuestran que la exposición de los espermatozoides al plasma seminal reduce su capacidad fecundante (Iwamoto *et al.*, 1992); pero también se ha demostrado cómo la adición del plasma seminal a los espermatozoides mejora la fertilidad de los mismos (Curry y Atherton, 1990). Por otra parte, los nuevos sistemas de producción porcina están demandando la incorporación de nuevas biotecnologías asociadas a la reproducción. Conceptos como bioseguridad, intercambio de material genético, progreso genético, incremento en el rendimiento de los reproductores, homogeneidad de las camadas, etc. están obligando a desarrollar, hasta llevar a la práctica, procedimientos que quedaban relegados al campo de la investigación en reproducción animal. Entre estos procedimientos se encuentra la inseminación intrauterina profunda, la transferencia no quirúrgica de embriones, la fecundación in vitro y la vitrificación de embriones, la criopreservación de gametos, el desarrollo de nuevos diluyentes espermáticos y la preselección de sexo mediante la separación de espermatozoides X e Y mediante citometría de flujo. Aunque las ventajas en la aplicación de estos procedimientos son indiscutibles, el uso de estas tecnologías no está exento de inconvenientes o dificultades técnicas aún por resolver.

En general, la manipulación de los espermatozoides utilizados en las diferentes biotecnologías necesariamente debe pasar por diferentes procedimientos que pueden disminuir la capacidad fecundante de los espermatozoides. Procedimientos como el enfriamiento, centrifugación, dilución e incubación alteran la función de los espermatozoides y algunos de esos efectos pueden estar asociados con la eliminación del plasma seminal de la superficie de los espermatozoides. Dado que los procesos tecnológicos inducen cambios en los espermatozoides similares a los que sufren de forma fisiológica momentos antes de la fecundación, la adición de plasma seminal o de sustancias que se encuentran presentes en el plasma, podría reestabilizar a los espermatozoides al estado que presentaban en el momento de la eyaculación, pudiendo asegurar un incremento en el éxito de la fertilización cuando estos espermatozoides sean inseminados en un lugar diferente al oviducto.

### Funciones del plasma seminal

La influencia del PS sobre los espermatozoides, desde que salen del testículo hasta realizar la fertilización, comprende dos vertientes: el efecto directo sobre los espermatozoides y el efecto sobre el tracto reproductivo de la hembra.

F. Centurión Castro, M. Alfaro Gamboa, M. y R. Aké López

Departamento de Reproducción y Mejoramiento Genético, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.

### Introducción

El plasma seminal (PS) es un fluido biológico complejo de naturaleza diversa cuyos componentes se unen instantes antes de la eyaculación. El efecto del plasma seminal sobre los espermatozoides es controvertido. Existen resultados en diferentes especies que demuestran que la exposición de los espermatozoides al plasma seminal reduce su capacidad fecundante (Iwamoto *et al.*, 1992); pero también se ha demostrado cómo la adición del plasma seminal a los espermatozoides mejora la fertilidad de los mismos (Curry y Atherton, 1990). Por otra parte, los nuevos sistemas de producción porcina están demandando la incorporación de nuevas biotecnologías asociadas a la reproducción. Conceptos como bioseguridad, intercambio de material genético, progreso genético, incremento en el rendimiento de los reproductores, homogeneidad de las camadas, etc. están obligando a desarrollar, hasta llevar a la práctica, procedimientos que quedaban relegados al campo de la investigación en reproducción animal. Entre estos procedimientos se encuentra la inseminación intrauterina profunda, la transferencia no quirúrgica de embriones, la fecundación in vitro y la vitrificación de embriones, la criopreservación de gametos, el desarrollo de nuevos diluyentes espermáticos y la preselección de sexo mediante la separación de espermatozoides X e Y mediante citometría de flujo. Aunque las ventajas en la aplicación de estos procedimientos son indiscutibles, el uso de estas tecnologías no está exento de inconvenientes o dificultades técnicas aún por resolver.

En general, la manipulación de los espermatozoides utilizados en las diferentes biotecnologías necesariamente debe pasar por diferentes procedimientos que pueden disminuir la capacidad fecundante de los espermatozoides. Procedimientos como el enfriamiento, centrifugación, dilución e incubación alteran la función de los espermatozoides y algunos de esos efectos pueden estar asociados con la eliminación del plasma seminal de la superficie de los espermatozoides. Dado que los procesos tecnológicos inducen cambios en los espermatozoides similares a los que sufren de forma fisiológica momentos antes de la fecundación, la adición de plasma seminal o de sustancias que se encuentran presentes en el plasma, podría reestabilizar a los espermatozoides al estado que presentaban en el momento de la eyaculación, pudiendo asegurar un incremento en el éxito de la fertilización cuando estos espermatozoides sean inseminados en un lugar diferente al oviducto.

### Funciones del plasma seminal

La influencia del PS sobre los espermatozoides, desde que salen del testículo hasta realizar la fertilización, comprende dos vertientes: el efecto directo sobre los espermatozoides y el efecto sobre el tracto reproductivo de la hembra.

*Heteromys gaumeri* (Rodentia: Heteromyidae) in a subdeciduous forest in Yucatan, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana* 21(2): 155-156.

Hilje, L. y Monge, J. 1988. Diagnóstico preeliminar acerca de los animales que son plaga en Costa Rica. Postgrado en Manejo de Vida Silvestre. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 17 p.

Howard, W.E. 1967. Biological control of vertebrate pest. Proceedings 3rd. Vertebrate pest conference. San Francisco, California. 137-157.

Krebs, C.J. 1985. Ecología. Estudio de distribución y la abundancia. 2ª Edición. Ed. Harla. México. 753 p.

Lawton, J. H., Bignell, D. E., Bolton, B., Bloemers, G. F., Eggleton, P., Hammond, P. M., Hodda, M., Holts, R. D., Larsen, T. B., Mawdsley, N. A., Stork, N. E., Srivastava, D. D. y Watt, A. D. 1998. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitats modification in tropical forest. *Nature* 339:72-76.

Rapport, D. J., y Whitford, W.G. 1999. How ecosystems respond to stress. *BioScience* 49: 193-203.

Rudran, R. 1996. Method for marking mammals. En: *Measuring and monitoring biological diversity: Standard methods for mammals*. D. E. Wilson, Cole F. R., Nichols J. D., Rudran R. y M. S. Foster (eds.). Smithsonian Institution Press. Washington, D. C. 299-310.

Sánchez-Cordero, V. y Fleming, T. H. 1993. Ecology of Tropical Heteromyids. En: *Biology of Heteromyidae*. H. H. Genoways y J. H. Brown (Eds.). Special Publications No. 10. Amer Soc. Mamm. 596-615.

Schmidt, C. A., Enstromg, M. D. y Genoways, H. H. 1989. *Heteromys gaumeri*. *Mammalian Species*. 345: 1-4.

Vaughan, T. A., J. M. Ryan y Czaplewski, N.J. 2000. *Mammalogy*. 4ª Edición. Thomson Learning, Inc.

Estados Unidos. 564 pp.

Wright, E.N., Y.R., Inglis y Feare, C.J. (eds.) 1979. Birds problems in agriculture. Proceedings of a Conference in Understanding Agricultural Birds Problems. BCPC Publications, Croydon. London. 210 p.

Young, C.J. y Jones, K. 1983. *Peromyscus yucatanicus*. *Mammalian Species*. 196: 1-3.

Zar, J. H. 1999. *Biostatistical Analysis*. 4a Ed. Prentice-Hall. New Jersey, USA. 663 p.

Zarza, H. 2001. Estructura de la comunidad de pequeños mamíferos en diversos hábitats en la Selva Lacandona, Chiapas, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.

## Influencia directa del plasma seminal sobre los espermatozoides

### Nutrición

Los espermatozoides obtienen del PS los componentes necesarios para mantener su metabolismo y supervivencia. Estos componentes son principalmente la fructosa, glucosa, glucopéptidos y glicoproteínas (Dacheux *et al.*, 1991). La glicólisis y respiración constituyen la principal fuente de energía necesaria para el metabolismo y la motilidad de los espermatozoides de los mamíferos (Sidhu y Guraya, 1979). Se ha demostrado que existe considerable variación entre especies en cuanto a la capacidad de los espermatozoides para oxidar varios sustratos. Por ejemplo, los espermatozoides de caprinos y bovinos oxidan ácido acético en vez de fructosa o glucosa y también oxidan sorbitol. Los espermatozoides del verraco oxidan rápidamente el piruvato, lactato y glicerol, pero no oxidan sorbitol.

### Efecto antioxidante

El plasma seminal tiene propiedades antioxidantes que protegen a los espermatozoides del flujo de metabolitos oxígeno reactivos. En los espermatozoides humanos se ha observado que la generación de especies oxígeno reactivos (ROS) por parte de los leucocitos, y también de los propios espermatozoides, se correlaciona positivamente con la pérdida de motilidad espermática y con la reducción de la capacidad para la fusión con el ovocito (Aitken, 1999; Baker *et al.*, 1996). La pérdida de estas funciones se debe al ataque de los radicales libres, que actúan sobre la doble cadena de lípidos de la membrana plasmática, que contiene una alta concentración de ácidos grasos poliinsaturados susceptibles al ataque de dichos radicales libres. De esta forma se pierde

la doble cadena de lípidos, la membrana plasmática cambia su fluidez y se altera la función del espermatozoide (Jones *et al.*, 1979). Así, la excesiva generación de radicales libres está asociada con defectos de la función espermática, no sólo por alterar la membrana plasmática sino también por dañar el ADN en el núcleo (Aitken, 1999). Entre los antioxidantes más importantes están la ergotioneína, superóxido dismutasa, peroxidasa y catalasa (Zini *et al.*, 1993). Otros componentes de defensa contra la peroxidación lipídica son la carnitina, (Dacheux *et al.*, 1991), la carnosina (Quinn *et al.*, 1992), la taurina, la hipotaurina y la espermina (Cross, 1993).

### Regulación de la motilidad

Se sabe que la motilidad espermática está regulada por la fosforilación de las proteínas del flagelo. Muchos autores han señalado que las proteínas regulan la motilidad, ya sea estimulándola (Metz *et al.*, 1990; Fujinoki *et al.*, 2001) o inhibiéndola (Kordan *et al.*, 1999; Scott, 2000). Se han identificado en el plasma seminal tres proteínas relacionadas con la motilidad espermática (Fujinoki *et al.*, 2001). En 1981 Mann y Lutwak Mann señalan que una proteína seminal denominada proteína de motilidad progresiva (FMP) induce la motilidad rectilínea en espermatozoides inmóviles e inmaduros. Posteriormente, en 1990, Metz *et al.*, demostraron que los espermatozoides de las muestras con un alto porcentaje de motilidad presentaban una mayor cantidad de proteínas en la membrana plasmática. En el plasma seminal del toro se ha identificado la proteína PDC-109, que ha sido relacionada con la motilidad hiperactiva del espermatozoide (Aumuller *et al.*, 1988). Esta proteína se une a la pieza intermedia y cuello de los

espermatozoides. Resultados similares se han obtenido en ratones por Scott (2000). Este autor describe la importancia de la proteína no solamente en la estimulación de la motilidad sino también en la interacción entre el endometrio y el espermatozoide, proceso fundamental durante la migración espermática.

Sin embargo, existen evidencias de que otras proteínas presentes en el plasma seminal actúan inhibiendo la motilidad de los espermatozoides. La proteína factor inhibidor de la motilidad espermática (SMIF por sus siglas en inglés), existente en el plasma seminal de los cerdos, inhibe la motilidad espermática (Strzezek *et al.*, 1992). Esta proteína inactiva el sistema de motilidad de los espermatozoides al interactuar con receptores de la membrana plasmática, especialmente en la pieza intermedia (Kordan *et al.*, 1999). Al unirse con receptores de adenosina cambia la fluidez de la membrana plasmática e intensifica la pérdida de metabolitos intracelulares vitales, como nucleótidos de adenosina (Kordan *et al.*, 1998).

### Capacitación y reacción acrosómica

La capacitación espermática es un proceso secuencial que incluye numerosos cambios fisiológicos, como la desestabilización de la membrana (Harrison *et al.*, 1996), la entrada de iones de calcio (Yanagimachi, 1994) y la fosforilación de las proteínas. Se le considera además como el evento de preparación más importante para la fertilización y es un proceso gradual y de etapas múltiples por los cuales atraviesa el espermatozoide durante su paso a través del tracto genital femenino y que lo prepara para que presente la reacción

acrosómica (Rodríguez-Martínez, *et al.*, 2005). Durante este periodo de incubación en el tracto genital femenino, las proteínas del PS unidas a la superficie del espermatozoide son removidas, particularmente las ubicadas en la región del acrosoma, de tal manera que la superficie espermática queda expuesta y por lo tanto accesible a los compuestos que se unen a lípidos contenidos en los fluidos del tracto genital femenino, los cuales extraen el colesterol de la membrana plasmática; este proceso incrementa la permeabilidad y permite cambios tales como la captación de Ca extracelular, la fosforilación de la tirosina y la reorganización de la membrana espermática. Las proteínas del PS han sido propuestas por Oliphant *et al.*, (1985) como factores discapacitadores que previenen la reacción acrosomal prematura y, como se mencionó, su remoción puede iniciar el proceso de capacitación.

### Reconocimiento de gametos y fecundación

Debido a que los espermatozoides adquieren del PS algunos de los componentes involucrados en la unión de los gametos, se considera que el PS influye directamente sobre los espermatozoides para incrementar su competencia para fertilizar (Yanagimachi, 1994). El reconocimiento del espermatozoide por el ovocito se debe a una interacción entre proteínas y carbohidratos. El mecanismo parece ser mediado por una interacción entre proteínas (lectinas) de la superficie espermática y la estructura de los glicanos de la cadena de glicoproteínas que rodea a la zona pelúcida (Töpfer-Petersen *et al.*, 1998). Así, las moléculas de espermadhesinas que permanecen sobre los espermatozoides capacitados están en una buena situación para actuar como proteínas de unión primaria

de la zona pelúcida (Töpfer Petersen *et al.*, 1998) y participar en el reconocimiento ovocito-espermatozoide (Sanz *et al.*, 1992). Las espermadhesinas, por sus características de unirse a la membrana del espermatozoide, participan en diferentes pasos de la fertilización (Calvete *et al.*, 1993). Sin embargo, otros autores señalan que el PS no tiene relación con la fertilización (Maxwell y Johnson, 1999; Way *et al.*, 2000) o que tiene un efecto deletéreo sobre los espermatozoides (Gadella *et al.*, 1991).

### Influencia del plasma seminal sobre el tracto reproductivo femenino

#### Transporte pasivo

Varios autores han observado que cuando se aplica PS en el momento de la inseminación artificial se promueve el transporte pasivo al aumentar las contracciones del músculo liso del útero (Claus, 1989) por efecto de las prostaglandinas que estimulan dichas contracciones (Harper, 1994). De esta forma el PS ayuda a la distribución de los espermatozoides dentro del tracto reproductivo (Weitze *et al.*, 1990). Los estrógenos del PS también pueden estar involucrados en el incremento del transporte espermático hacia la unión útero-tubárica (Weitze *et al.*, 1990).

#### Relajación del istmo tubárico

La entrada de los espermatozoides al oviducto es restringida por la unión útero-tubárica; así sólo los espermatozoides con buena motilidad entran al reservorio de un modo selectivo (Holt, 2000). La relajación del istmo tubárico favorece la entrada de espermatozoides al oviducto y por tanto el incremento del número de espermatozoides accesorios en la zona pelúcida con capacidad de fecundar al ovocito (Waberski *et al.*,

1996). En este sentido, se ha observado que el PS influye sobre la relajación del istmo-tubárico (Vering y Einarsson, 1980). El PS también propicia, en parte, que los espermatozoides permanezcan más tiempo en el tracto reproductivo de la hembra (Flowers, 1997). En un estudio realizado con semen congelado de cerdo, se observó que cuando las muestras de semen para inseminar se descongelan en un medio con PS el periodo de retención de los espermatozoides en el oviducto es más prolongado que lo normal (Moore y Hibbitt, 1976).

#### Inmunomodulación del útero

El PS puede contribuir al éxito de la fecundación mediante la regulación del sistema inmune local materno (Thaler, 1989) al provocar una inflamación temporal del endometrio, la proliferación de leucocitos y glándulas endometriales y la activación de células de nódulos linfáticos locales con el fin de preparar al útero para la implantación de los embriones. En concreto, las proteínas seminales porcinas (PSP I/II), proteínas mayoritarias en el PS, actúan como inmunoestimulantes (Leshin *et al.*, 1998). Sin embargo, este proceso incrementa la fagocitosis endometrial y, en consecuencia, la posibilidad de que los espermatozoides queden atrapados en el endometrio. Por lo tanto, un rápido transporte de los espermatozoides a través del útero y su almacenamiento en la parte alta del tracto genital parece ser un proceso necesario para proteger a los espermatozoides contra el ataque inmunológico (Hunter, 1984). Por otra parte, se ha reportado que el PS contiene factores no estrogénicos que protegen a los espermatozoides de una inflamación en el medio ambiente uterino, propiciando una población de espermatozoides viables con capacidad de alcanzar el sitio de fertilización

(Rozeboom *et al.*, 2000). Sanz *et al.* (1992) señalan que una proteína unida al cinc participa en los procesos de inmunomodulación del útero y de este modo protege a los espermatozoides del medio interno del útero.

#### Adelanto de la ovulación

Una de las propiedades del PS es su capacidad de adelantar el momento de la ovulación. Se ha observado que la administración de infusiones intrauterinas de fluido seminal al inicio del estro en las cerdas acorta el intervalo inicio del estro-ovulación y reduce la variabilidad en el momento de la ovulación (Weitze *et al.*, 1990). El adelanto de la ovulación es de aproximadamente 8 a 14 horas, y parece ser que sólo ocurre en cerdas nulíparas (Waberski *et al.*, 1999). Otros estudios no han evidenciado el adelanto de la ovulación en cerdas primerizas, pero sí se ha observado en cerdas adultas con celos de más de 50 horas (Waberski *et al.*, 2000). Este efecto sobre la ovulación se ha atribuido a un mecanismo local unilateral, ya que la infusión de PS dentro de un solo cuerno uterino adelanta la ovulación en el ovario ipsilateral. Dicho efecto parece requerir del contacto del PS en la unión útero-tubárica, donde el componente activo probablemente sean los estrógenos del PS (Waberski *et al.*, 1999). Weiler y Claus (1991) sugieren que los estrógenos del PS estimulan la liberación de prostaglandinas del endometrio, las cuales alcanzan el ovario por vía capilar e incrementan su concentración en el folículo. Otra ruta sería la disminución del intervalo entre la aparición del pico de LH y el momento de la ovulación al modular eventos de naturaleza paracrina que participan en el proceso de la ovulación, como la producción de

citoquinas y factores de crecimiento (Waberski *et al.*, 2000).

### Utilización del plasma seminal en biotecnologías reproductivas

En general, la manipulación de los espermatozoides utilizados en las diferentes biotecnologías necesariamente debe pasar por diferentes procedimientos que pueden disminuir su capacidad fecundante. Procedimientos como el enfriamiento, centrifugación, dilución e incubación alteran la función de los espermatozoides, y algunos de estos efectos pueden estar asociados con la eliminación del PS de la superficie de los espermatozoides (Rodríguez-Martínez *et al.*, 1997; Maxwell y Johnson, 1999; Perez-Pe *et al.*, 2001). El PS se ha utilizado en varias biotecnologías, como la criopreservación de los espermatozoides (Aurich *et al.*, 1996) y la separación de espermatozoides X e Y mediante citometría de flujo (Johnson *et al.*, 1989; Maxwell *et al.*, 1997).

#### Congelación y descongelación del semen

Está bien documentado que las bajas temperaturas alteran la membrana plasmática e inhiben la función del espermatozoide (Fiser y Fairfull, 1989), así como su viabilidad y capacidad de fecundación (Pérez *et al.*, 1996). Los espermatozoides de verraco son especialmente sensibles al choque frío, manifestándose determinadas alteraciones espermáticas rápidamente cuando se enfrían los espermatozoides por debajo de 15° C (Pursel *et al.*, 1972). Esto desestabiliza la membrana y afecta su fluidez (Watson, 1996). Los cambios de temperatura afectan la membrana plasmática al modificar su composición lipídica y la agrupación de

las proteínas, lo que tiene como consecuencia la alteración de la motilidad y la viabilidad espermáticas (Watson, 2000). La presencia del PS incrementa la resistencia de los espermatozoides al choque frío y su capacidad para sobrevivir a la congelación y descongelación. El PS rutinariamente se elimina de las preparaciones de espermatozoides de verraco con el fin de evitar su efecto tóxico antes de almacenarlos en congelación (Moore y Hibbitt, 1976). Sin embargo, su presencia durante un tiempo en la fase del precongelado permite a los espermatozoides desarrollar resistencia al choque frío (Pursel *et al.*, 1973). Se ha demostrado que los espermatozoides experimentan una serie de cambios similares a la capacitación espermática durante el proceso de congelación (Green y Watson, 2001). Aunque la capacitación espermática sigue sin ser conocida en profundidad, la fosforilación de la tirosina de proteínas de la membrana plasmática del espermatozoide es una de las etapas del proceso de capacitación espermática. Esta misma fosforilación ocurre durante el proceso de criopreservación espermática. Pérez-Pe *et al.* (2002) han demostrado que la adición de proteínas del PS antes de la congelación no sólo mejora la supervivencia espermática sino que, además, induce una disminución de la fosforilación de la tirosina.

### Separación de espermatozoides X e Y mediante citometría de flujo

La citometría de flujo es un procedimiento que afecta la viabilidad celular. Además de la alta presión utilizada, la separación de espermatozoides X e Y mediante citometría de flujo requiere dos estados de dilución del semen. El primero es de

100 a 200 veces cuando los espermatozoides se tiñen con el fluorocromo Hoechst 33342, para diferenciar el cromosoma X del Y, y el segundo cuando los espermatozoide pasan a través del citómetro de flujo, se seleccionan y son proyectados al tubo de recolección. Esto da como resultado una dilución final de 3000 a 30000 veces dependiendo de la especie (Johnson *et al.*, 1989). Se sabe que la dilución de los espermatozoides en medios salinos ejerce un efecto negativo sobre la célula. Este efecto se debe a la eliminación de componentes de bajo peso molecular que cubren a los espermatozoides y mantienen la integridad de la membrana plasmática. Cuando la dilución es excesiva se produce una pérdida permanente de la motilidad, actividad metabólica y capacidad de fertilización, conocida como efecto de dilución (Mann y Lutwak Mann, 1981). Valcarcel *et al.* (1994) observaron que después de la dilución el porcentaje de espermatozoides intactos era más bajo que el porcentaje de espermatozoides móviles, lo que demuestra la presencia de subpoblaciones de espermatozoides motiles con la membrana dañada en muestras diluidas. La viabilidad de los espermatozoides lavados con medio salino declina significativamente dentro de los primeros 30 minutos de la dilución, y luego continúa declinando de forma progresiva. Además, la eliminación de los componentes de superficie puede crear cargas diferentes entre los espermatozoides, dando por resultado una aglutinación cabeza con cabeza. Sin embargo, este deterioro se previene al suplementar el medio salino con 10 % de PS (Ashworth *et al.*, 1994). Se han identificado componentes benéficos de bajo peso molecular (7-10 kDa) del PS que pueden reemplazar el

efecto positivo del PS completo (Ashworth *et al.*, 1994) y que podrían tener, incluso, mayor beneficio sobre el espermatozoide al compararlo con el PS total (Kovalski *et al.*, 1992). Para finalizar el procedimiento de separación de los espermatozoides X e Y mediante citometría de flujo es necesario concentrarlos mediante centrifugación. Pero este proceso causa cambios proteolíticos progresivos al espermatozoide (Mann, 1964), lo que puede ser atribuido al daño mecánico de su membrana (Mc Kinney *et al.*, 1996) o al incremento de radicales oxígeno reactivo (Mc Kinney *et al.*, 1996). Esto se traduce en una reducción del porcentaje de espermatozoides vivos después de la centrifugación tras la separación; la adición de PS en el proceso proporciona protección contra esta disminución y aumenta el porcentaje de células viables (Maxwell *et al.*, 1997).

### Referencias

Aitken, R.J. (1999). The Amoroso lecture. The human spermatozoon-a cell in crisis?. *J. Reprod. Fertil.* 115: 1-7.  
 Ashworth, P.J.C., Harrison, R.A.P., Miller, N.G., Plummer, J.M. y Watson, P.J. (1994). Survival of ram spermatozoa at high dilution: protective effect of simple constituents of culture media as compared with seminal plasma. *Reprod Fertil Develop.* 6:173-180.  
 Aumuller, G., Vesper, M., Seitz, J., Kemme, M. y Scheit, K.H. (1988). Binding of a major secretory protein from bull seminal vesicles to bovine spermatozoa. *Cell. Tissue. Res.* 252 : 377-384.  
 Aurich, J.G., Kühne, A., Hoppe, E. y Aurich, C. (1996). Seminal plasma affects membrane integrity and motility of equine spermatozoa after cryopreservation. *Theriogenology.* 46:

791-779.  
 Baker, H.W.G., Brindle, J., Irvine, D.S. y Aitken, R.J. (1996). Protective effect of antioxidants on the impairment of sperm motility by activated polymorphonuclear leukocytes. *Fertil. Steril.* 65: 411-419.  
 Calvete, J.J., Solis, D., Sanz, L., Díaz-Mauriño, T., Schafer, W., Mann, K. y Töpfer-Petersen, E. (1993). Characterization of two glycosylated boar spermadhesins. *European J. Biochem.* 218: 719-725.  
 Claus, R. (1989). Oestrogens of the boar: effects on male and female reproductive functions. En: *Reproductive Biology and Medicine.* Holstein, A.F., Voigt, K.D. y Graesslin, D (eds). Diesbach Verlag, Germany.  
 Cross, L.N. (1993). Multiple effects of seminal plasma on the acrosome reaction of human sperm. *Mol. Reprod. Dev.* 35: 316-323.  
 Curry, P.T. y Atherton, R.W. (1990). Seminal vesicles: Development, secretory products, and fertility. *Arch. Androl.* 25: 107-113.  
 Dacheux, J.L., Dacheux, F. y Paquignon, M. (1991). Changes in the sperm surface membrane and the protein content of fluid during epididymal transit in the boar. *Boar semen preservation II. Reproduction in domestic animals, supplement 1.* Johnson, L.A. and Rath, D (eds). Proceedings of the Second International Conference on Boar Semen Preservation. Held at Beltsville, MD, USA, August 1990. Edit. Paul Parey Scientific Publishers, Berlin and Hamburg.  
 Fiser, P.S. y Fairfull, R.W. (1989). The effect of glycerol-related osmotic changes on post-thaw motility and acrosomal integrity of ram spermatozoa. *Cryobiology.* 26: 64-69.  
 Flowers, W.L. (1997). Management of



- boars for efficient semen production. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 52: 67-78.
- Fujinoki, M., Ohtake, H. y Okuno, M. (2001). Serine phosphorylation of flagellar proteins associated with the motility activation of hamster spermatozoa. *Biomedical. Res. (Tokyo)*. 22: 45-58.
- Gadella, B.M., Colenbrander, B. y Lopez-Cardozo, M. (1991). Arylsulphatases are present in boar seminal plasma and could play a role in destabilizing sperm. *Boar semen preservation II. Reproduction in domestic animals, supplement 1.* Johnson, L.A. and Rath, D (eds). *Proceedings of the Second International Conference on Boar Semen Preservation.* Held at Beltsville, MD, USA, August 1990. Edit. Paul Parey Scientific Publishers, Berlin and Hamburg.
- Green, C.E. y Watson, P.F. (2001). Comparison of the capacitation-like state of cooled boar spermatozoa with true capacitation. *Reproduction*. 122: 889-898.
- Harper, M.J.K. (1994). Gamete and zygote transport. En: Knobil, E and Neill, J.D (eds.), *The Physiology of Reproduction*. 2nd edn. Raven Press, New York.
- Harrison, R.A.P., Ashworth, R.I.C. y Miller, N.G.A. (1996). Bicarbonate/CO<sub>2</sub> an effector of capacitation induces a rapid and reversible change in the lipid architecture of boar sperm plasma membranes. *Mol. Reprod. Dev.* 45:378-391.
- Holt, W.V. (2000). Fundamental aspects of sperm cryobiology: The importance of species and individual differences. *Theriogenology*. 53: 47-58.
- Hunter, R.H.F. (1984). Pre-ovulatory arrest and peri-ovulatory redistribution of competent spermatozoa in the isthmus of the pig oviduct. *J. Reprod. Fert.* 72: 203-211.
- Iwamoto, T., Tsang, A., Luterman, M., Dickson, J., DeLamirande, E., Okuno, M., Mohri, H. y Gagnon, C. (1992). Purification and characterization of a sperm motility-dynein ATPase inhibitor from boar seminal plasma. *Mol. Reprod. Dev.* 31: 55-62.
- Johnson, L.A., Flook, J.P. y Hawk, H.W. (1989). Sex preselection in rabbits: live births from X and Y sperm separated by DNA and cell sorting. *Biol. Reprod.* 41: 199-203.
- Jones, R., Mann, T. y Sherins, R.J. (1979). Peroxidative breakdown of phospholipids in human spermatozoa: spermicidal effects of fatty acid peroxides and protective action of seminal plasma. *Fertil. Steril.* 31: 531-537.
- Kordan, W., Holody, D., Eriksson, B., Fraser, L., Rodriguez-Martinez, H. y Strzezek, J. (1998). Sperm Motility Inhibiting Factor (SMIF)-a plasmatic peptide with multifunctional biochemical effects on boar spermatozoa. *Reprod. Dom. Anim.* 33: 347-354.
- Kordan, W., Mollova, M.V., Ivanova, M., Holody, D., Georgieva, R. y Strzezek, J. (1999). Immunolocalization and binding characteristics of boar seminal plasma glycoprotein (Gp-54) and its component -the sperm motility inhibiting factor (SMIF). *Anim. Sci. Papers and Reports*. 17:49-57.
- Kovalski, N.N., de Lamirande, E. y Gagnon, C. (1992). Reactive oxygen species generated by human neutrophils inhibit sperm motility: protective effect of seminal plasma and scavengers. *Fertil. Steril.* 58: 809-816.
- Leshin, L.S., Raj, S.M., Smith, C.K., Kwok, S.C., Kraeling, R.R. y Li, W.I. (1998). Immunostimulatory effects of pig seminal proteins on pig lymphocytes. *J. Reprod. Fertil.* 114: 77-84.
- Mann, T. (1964). *The biochemistry of semen and of the male reproductive tract.* London: Methuen and Co.
- Mann, T y Lutwak-Mann, C. (1981). *Male Reproductive Function and Semen.* Springer-Verlag, Heidelberg.
- Maxwell, W.M.C. y Johnson, L.A. (1999). Physiology of spermatozoa at high dilution rates: the influence of seminal plasma. *Theriogenology*. 52: 1353-1362.
- Maxwell, W.M.C., Welch, G.R. y Johnson, L.A. (1997). Viability and membrane integrity of spermatozoa after dilution and cytometric sorting in the presence or absence of seminal plasma. *Reprod. Fertil. Dev.* 8: 1165-1178.
- McKinney, K.A., Lewis, S.E.M. y Thompson, W. (1996). Reactive oxygen species generation in human sperm: Luminol and Lucigenin chemiluminescence probes. *Arch. Androl.* 36: 119-125.
- Metz, K.W., Berger, T. y Clegg, E.D. (1990). Absortion of seminal plasma proteins by boar spermatozoa. *Theriogenology*. 34: 691-700.
- Moore, H.D.M. y Hibbitt, K.G. (1976). The binding of labelled basic proteins by boar spermatozoa. *J. Reprod. Fertil.* 46: 71.
- Oliphant, G., Reynolds, A.B. y Thomas, T.S. (1985). Sperm surface components involved in the control of the acrosoma reaction. *Am. J. Anat.* 174: 269-284.
- Perez, L.J., Valcarcel, A., De las Heras, M.A., Moses, D. y Baldassarre, H. (1996). Evidence that frozen /thawed ram spermatozoa show accelerated capacitation in vitro as assessed by chlortetracycline assay. *Theriogenology*. 46: 131-140.
- Pérez-Pé, R., Cebrián-Pérez, J.A. y Muiño-Blanco, T. (2001). Seminal plasma proteins prevent cold-shock membrane damage to ram spermatozoa. *Theriogenology*. 56: 425-434.
- Pérez-Pé, R., Grasa, P., Fernández-Juan, M., Peleato, M.L., Cebrián-Pérez, J.A. y Muiño-Blanco, T. (2002). Seminal plasma proteins reduce protein tyrosine phosphorylation in the plasma membrane of cold-shocked ram spermatozoa. *Mol. Reprod. Dev.* 61: 226-233.
- Pursel, V.G., Johnson, L.A. y Schulman, L.L. (1972). Interaction of extender composition and incubation period on cold shock susceptibility of boar spermatozoa. *J. Anim. Sci.* 35: 580-584.
- Quinn, P.J., Boldyrev, A.A. y Formazuyk, V.E. (1992). Carnosine: its properties, functions and potential therapeutic applications. *Molec. Aspects. Med.* 13: 379-444.
- Rodríguez-Martínez, H., Larsson, B. y Pertoft, H. (1997). Evaluation of sperm damage and techniques for sperm cleanup. *Reprod. Fertil. Dev.* 9: 297-308.
- Rodríguez-Martínez, H., Saravia, F., Wallgren, M., Tienthai, P., Johannisson, A., Vazquez, J.M., Martinez, E., Roca, J., Sanz, L. y Calvete, J.J. (2005). Boar spermatozoa in the oviduct. *Theriogenology*. 63: 514-535.
- Rozeboom, K.J., Troedsson, M.H.T., Hodson, H.H., Shurson, G.C. y Crabo, B.G. (2000). The importance of seminal plasma on the fertility of subsequent artificial inseminations in swine. *J. Anim. Sci.* 78: 443-448.
- Sanz, L., Calvete, J.J., Schafer, W., Mann, K. y Töpfer-Petersen, E. (1992). Isolation and biochemical characterization of two isoforms of boar sperm zona-pellucida-binding protein. *Biochem. Biophys. Acta.* 1119: 127-132.
- Scott, A.M. (2000). A glimpse at sperm function in vivo: sperm transport and epithelial interaction in the female reproductive tract. *Anim. Reprod. Sci.* 60-61: 337-348.

Sidhu, K.S. y Guraya, S.S. (1979). Glycolytic, Krebs cycle and pentose phosphate cycle enzymes in spermatozoa of the buffalo (*Bubalus bubalis*). *J. Reprod. Fertil.* 57: 205-208.

Strzezek, J., Kordan, W., Kostyra, H. y Zaborniak, A. (1992). Purification and partial Characterization of a 5700 Da sperm motility inhibiting factor from seminal plasma of boar. *Anim. Reprod. Sci.* 29: 35-52.

Thaler, C.J. (1989). Immunological role for seminal plasma in insemination and pregnancy. *Am. J. Reprod. Immunol.* 21: 147-150.

Töpfer-Petersen, E., Romero, A., Varela, P.F., Ekhlasi-Hundrieser, M., Dostálová, Z., Sanz, L. y Calvete, J.J. (1998). Spermadhesins: A new protein family. Facts, hypotheses and perspectives. *Androl.* 30: 217-224.

Valcárcer, A., de las Heras, M.A., Pérez, L., Moses, D.F. y Baldassarre. (1994). Fluorescent staining as a method of assessing membrane damage and post-thaw survival of ram spermatozoa. *Theriogenology.* 41: 483-489.

Viring, S. y Einarsson, S. (1980). Effect of boar seminal plasma on uterine and oviductal motility in oestrus gilts. *Acta. Vet. Scand.* 21: 607-616.

Waberski, D., Soares, J.A.G., Bandeira de Arruda, E. y Weitze, K.F. (1996). Effect of a transcervical infusion of seminal plasma prior to insemination on the fertilising competence of a low numbers of boar spermatozoa at controlled AI-ovulation interval. *Anim. Reprod. Sci.* 44:165-173.

Waberski, D., Kremer, H., Borchardt Neto, G., Jungblut, P.W., Kallweit, E. y Weitze, K.F. (1999). Studies on a local effect of boar seminal plasma on ovulation time in gilts. *J. Vet. Med.* 46: 431-438.

Waberski, D., Töpfer-Petersen, E. y Weitze, K.F. (2000). Does seminal plasma contribute to gamete interaction in the porcine female tract?. *Boar Semen Preservation IV.* Johnson, L.A and Guthrie, H.D (Eds). IVth International Conference on Boar Semen Preservation, Maryland USA. p: 165-172.

Watson, P.F. (1996). Cooling of spermatozoa and fertilizing Capacity. *Repro. Dom. Anim.* 31: 135-140.

Watson, P.F. (2000). The causes of reduced fertility with cryopreserved semen. *Anim. Rep. Sci.* 60-61: 481-492. Conference on Boar Semen Preservation, Maryland USA. p: 165-172.

Watson, P.F. (1996). Cooling of spermatozoa and fertilizing Capacity. *Repro. Dom. Anim.* 31: 135-140.

Watson, P.F. (2000). The causes of reduced fertility with cryopreserved semen. *Anim. Rep. Sci.* 60-61: 481-492.

Way, A.L., Griel L.C. Jr. y Killian, G.J. (2000). Effects of accessory sex gland fluid on viability, capacitation, and the acrosome reaction of cauda epididymal bull spermatozoa. *J. Androl.* 21: 213-219.

Weiler, U. y Claus, R. (1991). Endocrine aspects of testicular function, especially hormones in the seminal plasma, and their fate in the female reproductive tract: testicular steroids and their relevance for male and female reproductive functions. *Reprod. Dom. Anim. Supp.* 1: 41-61.

Weitze, K.F. (1990). The use of long-term extender in pig A.I. a view of the international situation. *Pigs News and Information* 11: 23-26.

Yanagimachi, R. (1994). Mammalian fertilisation. En: Knobil E., Neil J.D., editors. *The physiology of reproduction.* 2nd ed. New York: Raven Press. 1944p. 189-317.

Zini, A., de Lamirande, E. y Gagnon, C. (1993). Reactive oxygen species in semen of infertile patients: level of superoxide dismutase and catalase-like activities in seminal plasma and spermatozoa. *International J. Androl.* 16: 183-188.

C. Silva Mena - Departamento de Reproducción y Mejoramiento Genético, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán.

## Introducción

La conducta sexual es el conjunto de gestos, actitudes y acciones que muestra un animal como manifestación de su disposición o deseo, y de su capacidad en su caso, de efectuar la cópula con otro animal, incluyendo los intentos de cópula y la cópula misma. Entonces, la conducta sexual completa tiene dos componentes: el impulso, deseo sexual o libido, que se ha definido como “la disposición y ansiedad de un macho por montar e intentar servir a una hembra” (Chenoweth, 1981), y la capacidad de servicio, o sea la aptitud para realizar efectivamente la cópula. Los individuos de ambos sexos de las especies de animales domésticos manifiestan conducta sexual, pero le corresponde al macho en particular el papel activo en el proceso que culmina con el apareamiento y la posibilidad de concepción. Por ésta y por otras razones, especialmente en las especies ovina y caprina, la conducta sexual del macho tiene implicaciones de gran importancia para el comportamiento reproductivo y productivo de los rebaños (Kilgour, 1985; Perkins y Fitzgerald, 1994; Bretzlaff, 1995). La conducta sexual del macho es un aspecto que se puede evaluar y también que puede alterarse por la influencia de varios factores, con los consecuentes efectos sobre el comportamiento reproductivo del rebaño.

En este trabajo se discuten algunos aspectos relacionados con las características de la conducta sexual del macho de las especies ovina y caprina, con la forma en que esta conducta puede afectar el comportamiento del rebaño y con los factores que pueden afectar la

conducta sexual del macho.

## Características de la conducta sexual del carnero y del macho cabrío

La conducta sexual normal, inducida por la libido, comprende la búsqueda, el cortejo, la preparación para la cópula y la cópula. Los machos de las especies ovina y caprina tienen algunos rasgos comunes en cuanto a esta conducta (Kilgour, 1985). En ambas especies, en condiciones de monta libre, el macho busca hembras en calor o próximas a estarlo mediante el olfateo de la región perineal y la parte trasera de los muslos. Cuando un macho detecta a una hembra en estro o en proestro, permanece junto a ella e inicia el cortejo, que incluye el olfateo de la región perineal, leves golpes o empujones con los hombros o la cabeza, golpes con las patas delanteras a las patas traseras de la hembra, rápidos lamidos, la emisión de breves sonidos de baja intensidad y el flehmen, que es un reflejo común a los machos de las especies de ungulados. El flehmen involucra al órgano vomeronasal, constituido por dos conductos ciegos en el piso de la cavidad nasal que se comunican con las fosas nasales y el paladar, este reflejo sirve para detectar feromonas y otros olores estimuladores. Además, el macho cabrío emite durante este proceso pequeñas cantidades de orina hacia sus patas delanteras y su pecho (Kilgour, 1985; Bretzlaff, 1995). También se observan en esta etapa gestos y posturas de agresividad o amenaza, como por ejemplo arquear el cuerpo, bajar la cabeza, golpear el suelo con las patas y en el cabrío la erección del pelo de los hombros y del cuello.

El cortejo le sirve al macho para verificar la receptividad sexual de la hembra, ya que si ésta no está apropiadamente en calor se alejará del macho, mientras que en caso contrario permanecerá junto a él y aceptará la cópula (Kilgour, 1985; Perry, 1985). El cortejo le sirve también parcialmente al macho para prepararse para la cópula, ya que no hay separación clara entre estas dos etapas de la conducta de acoplamiento; en cierto momento del cortejo el macho intentará montar a la hembra. En el carnero y el macho cabrío es común la ejecución de una o más falsas montas, en las que el macho se coloca sobre la grupa de la hembra pero sin intentar la penetración sino que desciende rápidamente. Para efectuar la cópula el macho monta a la hembra, localiza la entrada de la vagina con los movimientos apropiados, penetra y eyacula muy rápidamente con un fuerte impulso pélvico hacia delante e inmediatamente después desciende. Después de la cópula se presenta un breve período refractario relacionado en gran medida con la pérdida temporal del valor estimulador de la hembra con la que se acaba de copular; después de cierto tiempo el animal recupera el interés sexual. Este tiempo puede reducirse si se le presenta al macho una nueva hembra en estro (Chenoweth, 1981; Kilgour, 1985).

## Evaluación de la conducta sexual

La evaluación de la conducta sexual del macho de las especies domésticas se efectúa generalmente con base en sus dos componentes ya citados: la libido y la capacidad de servicio (Chenoweth, 1981; Kilgour, 1985; Silva-Mena *et al.*, 2000) Ambos aspectos se evalúan esencialmente mediante el mismo procedimiento, que consiste en poner al macho en un corral con una o

varias hembras en estro y observar sus manifestaciones de interés y actividad sexual para calificarlo de acuerdo con éstas (Chenoweth, 1981; Perkins y Fitzgerald, 1994). Se usan diferentes rasgos como base para calificar la libido y/o la capacidad de servicio; entre éstos se encuentran: a) el tiempo de reacción a la primera eyaculación, que se refiere al tiempo que pasa entre la presentación de la hembra en celo y la ejecución del primer servicio; b) el número y el tipo de manifestaciones de interés sexual mostradas durante un período de observación (empujones, montas o servicios); c) el número de montas por servicio; y d) el número de servicios proporcionados durante 20 ó 30 minutos (Chenoweth, 1981; Kilgour, 1985; Perkins y Fitzgerald, 1994). Los rasgos a, b y c se usan como indicadores de libido en carneros (Kilgour, 1985), aunque el c también se ha usado en toros como indicador de la capacidad de servicio (Silva-Mena *et al.*, 2000), y el d se usa generalmente como indicador de la capacidad de servicio (Chenoweth, 1981; Kilgour, 1985). Estos aspectos se refieren a la especie ovina, pero se han usado también en la especie caprina, a pesar de que existen algunas diferencias en la conducta de las dos especies, debido a que no se han establecido indicadores precisos para la evaluación de la libido en caprinos (Kilgour, 1985). La evaluación apropiada de la libido y la capacidad de servicio, y el uso en la reproducción únicamente de los machos con características satisfactorias o sobresalientes, aumentan las probabilidades de obtener un mejor comportamiento reproductivo del rebaño (Chenoweth, 1981; Perkins y Fitzgerald, 1994).

## Relación entre la conducta sexual del macho y el comportamiento reproductivo del rebaño

La importancia que tiene la conducta sexual del macho para la eficiencia reproductiva del rebaño se hace evidente cuando se considera que el carnero y el macho cabrío tienen una extraordinaria capacidad de cópula y de producción de semen, de modo que un solo macho puede servir, con buenos resultados de fertilidad, entre 50 y 60 hembras en un período reproductivo; que un macho cabrío puede proporcionar 20 servicios por día durante un tiempo limitado y que la proporción macho: hembras en el ovino puede llegar a ser de 1:250 (Chenoweth, 1981; Kimberling y Marsh, 1991; Bretzlaff, 1995; Williams, 1995). Por esta razón es muy importante que el o los machos de un rebaño tengan una conducta sexual normal, ya que si un macho presenta conducta sexual deficiente un gran número de hembras en estro podrían quedar sin servicio, con la consecuente baja en la tasa de reproducción.

Además, en estas especies la presencia del macho entre las hembras tiene el efecto de estimular o precipitar la presentación del estro, característica conocida como “efecto macho” (Galloway, 1994; Perkins y Fitzgerald, 1994; Bretzlaff, 1995). Debido a este efecto, la presencia de un macho sexualmente

activo en el rebaño no solamente tiende a asegurar el servicio de las hembras en estro sino también que un mayor número de hembras presenten calor. El efecto macho es más notorio en hembras próximas a comenzar a ciclar y que han estado separadas del macho durante cierto tiempo (Bretzlaff, 1995). Este efecto del macho sobre las hembras se debe en parte a un estímulo olfativo mediante feromonas del macho; otro factor causal está representado por la actividad sexual que despliegan los machos, de manera que los individuos con libido alta son más efectivos para inducir el estro que individuos de baja libido (Tabla 1) (Perkins y Fitzgerald, 1994). Esta característica refuerza la importancia de la conducta sexual del macho para el rendimiento reproductivo del rebaño y enfatiza la necesidad de utilizar como sementales únicamente machos con libido y capacidad de servicio de media a alta. Además, se ha observado que la libido está relacionada en gran medida con factores genéticos y que las hembras crías de carneros de libido alta son más fértiles que las hijas de carneros de libido baja (Chenoweth, 1981; 1983).

Tabla 1. Número y porcentaje de ovejas anéstricas en las que se indujo la ovulación en un grupo de control (sin exposición al macho) y en dos grupos expuestos a machos de alta (AC) o de baja (BC) conducta sexual (Perkins y Fitzgerald, 1994).

TRATAMIENTO	No. DE OVEJAS	OVEJAS QUE OVULARON	
		No	%
Control	40	7	17.5 <sup>a</sup>
Exposición a machos AC	40	38	95.0 <sup>b</sup>
Exposición a machos BC	41	32	78.0 <sup>c</sup>

a-b y c: P < 0.01; b-c: P < 0.02

## Factores que afectan la conducta sexual del macho

La conducta sexual del macho depende de factores genéticos y hormonales, de la integridad morfológica y funcional de aparato reproductivo y del organismo en su conjunto y del efecto de elementos estimuladores o inhibidores del medio ambiente. Por esta razón la conducta sexual es un carácter muy lábil y variable entre individuos (Chenoweth 1981; Fitzgerald 1997); la manifestación de la conducta sexual puede ser afectada por una variedad de factores, entre los principales de los cuales se encuentran los siguientes:

### Factores genéticos

El impulso sexual o libido de los animales depende particularmente de factores genéticos (Chenoweth, 1983), de modo que se ha observado la existencia de diferencias en cuanto a la libido entre líneas de toros, de verracos y de carneros (Chenoweth 1981; 1983). Además se han encontrado indicaciones de que algunas formas de incapacidad sexual se deben a factores genéticos, y algunas alteraciones estructurales que afectan la capacidad de cópula tienen heredabilidad alta (Chenoweth, 1983). Hacia el otro sentido, ya se ha mencionado la relación observada en ovinos entre algunos rasgos del comportamiento reproductivo de las ovejas y el grado de libido de sus padres, de forma que las hembras crías de carneros de libido alta tienen mejores tasas de ciclicidad y de partos (Chenoweth, 1983). Las diferencias raciales que se han observado en cuanto a la libido y la frecuencia de servicios en los ovinos (Chenoweth, 1981) entran en esta categoría.

### Edad

La conducta sexual como conjunto de

eventos ordenados que culminan con la cópula comienza a manifestarse hacia la pubertad (Williams, 1995; Fitzgerald, 1997), es decir cuando el animal ha adquirido cierto grado de desarrollo corporal y se hace capaz de reproducirse. Pero la edad a la que un animal alcanza la pubertad es muy variable ya que depende de factores como la nutrición, la raza, la presencia de otros animales en el entorno, la duración del fotoperíodo, etc. (Fitzgerald, 1997; Silva-Mena, 1997). Una vez que un animal ha llegado a la pubertad, lo que en algunas razas de cabras puede ocurrir después de los 4 meses de edad (Bretzlaff, 1995) y en algunos carneros entre los 5 y los 6 meses de edad (Fitzgerald, 1997) en climas templados, la conducta sexual continúa afirmándose a medida que el animal crece. A esta afirmación contribuye en gran medida la experiencia que puedan adquirir los animales. En los machos adultos, a cierta edad, la manifestación de la conducta, y la capacidad de actividad sexual, llegan a su apogeo y luego comienzan a declinar; la edad a la que cada uno de estos eventos ocurre en la vida de un animal es muy variable.

### Factores sociales

La influencia de las interacciones entre animales sobre la conducta sexual del macho se puede considerar desde dos perspectivas: 1) la de su efecto sobre el establecimiento y la afirmación de la conducta sexual; y 2) la de su efecto sobre la manifestación de dicha conducta en animales adultos y con conducta sexual bien definida. En el primer caso se trata de la influencia del manejo que se da a los animales jóvenes en crecimiento en cuanto a si se les mantiene aislados o en grupo y si están en contacto con hembras o con otros machos durante esta etapa. En el ovino se ha observado que el mantenimiento de grupos de carneros

jóvenes a causa de ocurrencia de alteraciones de la conducta sexual, como la inhibición de ésta o conducta homosexual (Chenoweth, 1981; Fitzgerald, 1997). Estas alteraciones de la conducta sexual se han observado en un 10 a 20% de casos en algunas poblaciones de carneros. Por el contrario, en carneros mantenidos conjuntamente con hembras se ha observado un inicio más temprano de la actividad de cópula (Fitzgerald, 1997).

El otro aspecto del efecto de factores sociales sobre la conducta sexual se refiere a la inhibición de la conducta sexual que puede sufrir un animal debido a la influencia de un macho dominante. Tanto en carneros como en cabras se establece una jerarquía entre los machos de un grupo; los animales dominantes pueden impedir que los subordinados manifiesten conducta sexual o hacer que la manifiesten menos intensamente (Ortiz et al., 2001). Se ha observado que carneros y cabríos dominantes muestran una conducta sexual normal cuando se les prueba bajo la observación de machos subordinados, pero cuando se prueban bajo la observación de otros animales dominantes efectúan menos montas y servicios que cuando no están siendo observados por aquéllos (Chenoweth, 1981; Perry, 1985; Ortiz et al., 2001). En condiciones de monta libre estas interacciones pueden dar como resultado que única o mayormente los machos dominantes sirvan a las hembras en calor.

#### La estación del año

Tanto en caprinos como en ovinos, y particularmente en las regiones de clima templado, se ha observado que la actividad sexual es mayor en los meses de otoño y menor en los de primavera

(Chenoweth, 1981; Bretzlaff, 1995). Aunque -a diferencia de lo que ocurre en las hembras- los machos pueden en general mostrar conducta sexual durante todo el año, se puede notar una disminución de esta actividad durante la primavera. El efecto del factor estacional es bastante complejo, ya que está relacionado con la raza y la edad de los animales, así como con la amplitud de la variación del fotoperíodo y la disponibilidad de alimento (Gloria et al., 1994; Delgadillo et al., 1999).

#### La nutrición

El estado nutricional de los animales es de suma importancia para la conducta sexual. En general un buen nivel de nutrición contribuirá a la manifestación de la conducta sexual apropiada, y un alto nivel de nutrición en los animales en crecimiento adelanta la pubertad y el inicio de la actividad sexual (Nolan et al., 1990; Robinson, 1996; Williams, 1995), y en ovinos se ha observado que animales alimentados con dietas altas en proteínas muestran mejor libido que animales con dietas bajas en proteínas (Chenoweth, 1981). Sin embargo, la alimentación excesiva, que conduzca a la obesidad, tendrá un efecto desfavorable sobre la libido y la capacidad de servicio, y lo mismo ocurre con una alimentación deficiente que cause un detrimento de la condición corporal.

En conclusión, la conducta sexual del macho en las especies ovina y caprina tiene una influencia muy importante y compleja sobre el comportamiento reproductivo del rebaño, y el conocimiento de la forma en que afecta dicha influencia y del papel que juegan diferentes factores en ella puede ser muy útil para el ganadero.

#### Referencias

- Bretzlaff, K. 1995. Goat breeding and infertility. En: Animal Breeding and Infertility. Editado por: M. J. Meredith. Blackwell Science Ltd. London. 169-208.
- Chenoweth, P.J. 1981. Libido and mating behavior in bulls, boars and rams. A review. *Theriogenology*. 16:155-177.
- Chenoweth, P.J. 1983. Sexual behavior of the bull: A review. *J. Dairy Sci.* 66: 173-179.
- Delgadillo, J.A., Canedo, G.A., Chemineau, P., Guillaume, D. y Malpoux, B. 1999. Evidence of an annual reproductive rhythm independent of food availability in male creole goats in subtropical northern Mexico. *Theriogenology*. 52: 727-737.
- Fitzgerald, J. 1997. Applied reproductive physiology of the ram. En: *Current Therapy in Large Animal Theriogenology*. Editado por: R.S. Youngquist. W.B. Saunders Co. Philadelphia. 571-574.
- Galloway, D.B. 1994. A review of male reproductive function and dysfunction. *Animal Reproduction*. Proceedings of a regional seminal held by the International Foundation for Science (IFS). Niamey. 171-192.
- Gloria, E., Regisford, C. y Katz, L.S. 1994. Effects of Bromocriptine Treatment on the Expression of Sexual Behavior in Male Sheep (*Ovis aries*)1, 2. *J. Anim. Sci.* 72: 591-597.
- Kilgour, R. 1985. Libido – The sexual responsiveness of Male Farm Animals. En: *Ethology of Farm Animals*. Editado por: A.F. Fraser. Elsevier Science Publishers. B.V. Amsterdam. 313-324.
- Kimberling, C.V. y Marsh, D. 1991. Ram breeding soundness evaluation (BSE). *Proc. Ann. Mtg. Society for Theriogenology*. San Diego. 258-274.
- Nolan, C.J., Neuendorff, D.A., Godfrey,

- R.W., Harms, P.G., Welsh, T.H. Jr., McArthur, N.H.
- y Randel, R.D. 1990. Influences of energy intake on prepubertal development of Brahman bulls. *J. Anim. Sci.* 68:1087-1096.
- Ortiz, A. M. Silva, C., Montes de Oca, C., Dzul, D. y Xiu, R. 2001. Jerarquía y dominancia social en el macho cabrío bajo condiciones de trópico subhúmedo. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 35: 323-330.
- Perkins, A. y Fitzgerald, J.A. 1994. The behavioral component of the ram effect. The influence of ram sexual behavior on the induction of estrus in anovulatory ewes. *J. Anim. Sci.* 72:51-55.
- Perry, G.C. Mating Behavior. 1985. En: *Ethology of Farm Animals*. Editado por: A.F. Fraser. Elsevier Science Publishers. B.V. Amsterdam, 325-333.
- Robinson, J.J. Nutrition and Reproduction. 1996. *Animal Reproduction Science*. 42:25-34.
- Silva-Mena, C. 1997. Peripubertal traits of Brahman bulls in Yucatan. *Theriogenology*. 48:675-685.
- Silva-Mena, C. Aké-López, R. y Delgado-León, R. 2000. Sexual behavior and pregnancy rate of Bos indicus bulls. *Theriogenology*. 53:991-1002.
- Williams, H. Ll. 1995. Sheep breeding and infertility. En: *Animal Breeding and Infertility*. Editado por: M.J. Meredith. Blackwell Science Ltd. London. 355-434.

V. Meléndez<sup>1</sup>, V. Parra<sup>2</sup>, H. Delfin<sup>1</sup>, R. Ayala<sup>3</sup>, E. Reyes y P. Manrique<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Zoología y <sup>2</sup>Departamento de Ecología, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán.

<sup>3</sup>Estación de Biología Chamela, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. A. P. 21 San Patricio, Jalisco, 48980, México

## Introducción

La conservación de la biodiversidad es una preocupación mundial ya que varias poblaciones y comunidades bióticas se encuentran en peligro de desaparecer del planeta. La disminución de la diversidad biológica es alarmante también, debido a que diversas especies desempeñan un papel muy importante en los procesos ecológicos esenciales para la preservación y mantenimiento de los ecosistemas terrestres y por lo tanto su pérdida puede traer efectos negativos y difíciles de reparar. Entre las especies claves se encuentran los polinizadores de las plantas con flores; la importancia de los polinizadores es evidente porque la polinización es el primer paso en la reproducción sexual de las plantas, cuya culminación es la producción de frutos y semillas que aseguran la reproducción vegetal y por otro lado proporcionan diversos productos para el bienestar y la alimentación de la humanidad.

La polinización es un proceso complejo que implica el transporte del polen entre las flores de las plantas de la misma especie, algunas veces a grandes distancias, de manera específica y con mecanismos a veces muy especializados, como en el caso de la polinización de las orquídeas, que involucra la emisión de sustancias químicas de las flores que son detectadas por las abejas. La ruptura del proceso de polinización puede tener consecuencias graves en el funcionamiento de los ecosistemas debido a que es una interacción ecológica clave. En particular, los sistemas de polinización y los polinizadores definen

cómo es la variación genética en las comunidades de plantas, la diversidad de la flora y la evolución de las plantas. Además, tienen una fuerte influencia en otras interacciones ecológicas, como la relación que mantienen los animales frugívoros con las plantas y la conservación de los ecosistemas al iniciar procesos de regeneración de la vegetación.

En la agricultura la polinización y los polinizadores son un componente básico en la producción de una mayor cantidad y calidad de frutos y semillas, por lo que su valor en la productividad a nivel mundial es enorme. Sin embargo, las poblaciones de abejas silvestres se encuentran amenazadas por la fragmentación del hábitat, la agricultura intensiva y la introducción de otras especies de abejas, entre otros factores, que ocasionan alteraciones en las poblaciones de varias especies de abejas que son sensibles a las perturbaciones antropogénicas.

Así, la polinización es sin duda la más importante contribución de las abejas, y su conservación es vital para la continua supervivencia y dinámica de los ecosistemas y para la productividad de los sistemas agrícolas. Debido a su importancia han surgido diversas campañas para la protección y conservación de los polinizadores, las que enfatizan que las abejas incluso forman parte de la biodiversidad cultural. Para su conservación, y la del resto de la diversidad biológica en general, se requiere de estrategias de colaboración entre todas las sociedades

humanas. En este contexto se abordan en el presente trabajo las temáticas que profundizan esta perspectiva.

## Diversidad y biología de las abejas

En el mundo se conocen cerca de 20 000 especies de abejas reconocidas, aunque se estima que su número puede llegar hasta 30 000 especies debido a que en varias regiones, principalmente en los trópicos, la fauna de abejas no ha sido suficientemente estudiada. Hasta ahora se conocen alrededor de 4000 especies para Norteamérica (incluyendo el norte de México) y un número similar para Eurasia. Existen más de 7000 especies en Sudamérica, cerca de 4000 en África y se considera que en Australia existen 3000 especies. En las zonas tropicales del mundo ocurre la mayor riqueza y diversidad de abejas. Latinoamérica supera a todas las regiones por tener la mayor riqueza de especies, y cada año se encuentran en ella numerosas especies nuevas, además de que es en donde las poblaciones de estos organismos son más abundantes por las numerosas especies sociales. En México aún no se ha estudiado la apifauna en varias áreas, pero hasta ahora ya se han identificado cerca de 2000 especies de abejas y muy probablemente su número se incremente a cerca de 3000.

Las abejas se encuentran en todos los ecosistemas terrestres, desde la tundra del ártico, los Andes y el Himalaya, en donde se pueden encontrar a altitudes de 4500 msnm, hasta las zonas desérticas y xerófitas, en bosques templados y selvas tropicales. Las zonas templadas con estaciones marcadas presentan más especies de abejas solitarias, las abejas sociales que tienen colonias perennes se encuentran con más especies en los trópicos, en donde el clima es cálido y hay

más disponibilidad de recursos florales todo el año. Las islas parecen tener una menor riqueza de especies pero su tipo de fauna es especial, por ejemplo, algunas especies de abejas carpinteras están adaptadas para ser transportadas sobre el agua a grandes distancias.

La mayoría de las especies de abejas son de hábitos solitarios, es decir, cada nido sólo es habitado por una sola hembra, algunas especies presentan algún nivel social y pueden ser agrupadas como abejas parasociales, y solamente una baja proporción (<5%) son abejas altamente sociales (eusociales), en éstas hay castas y división del trabajo. Algunas especies son parásitas o cleptoparásitas de otras especies de abejas solitarias o sociales, en este caso las abejas roban en los nidos de otras abejas, es decir, entran a un nido ya construido y colocan sus huevos para que se desarrolle su progenie. En general, las abejas anidan principalmente en el suelo, donde pueden tener densas agregaciones o colonias subterráneas, o en los troncos de los árboles como en el caso de algunas abejas sin aguijón; ciertas abejas solitarias pueden anidar también en agujeros de la madera realizados por otros insectos.

Los hábitos y conductas de las abejas las hacen excelentes polinizadores, las abejas visitan las flores para recolectar recompensas como néctar y polen, algunas también colectan tejidos vegetales, aceites, resinas y gomas. El néctar les proporciona especialmente carbohidratos, mientras que el polen es su principal fuente de proteínas, estos recursos son el primordial alimento tanto de adultos como de juveniles y, por lo tanto, han desarrollado características morfológicas y conductuales únicas para obtenerlos. Una característica muy importante de las abejas son las partes

partes bucales que les permiten obtener el néctar de las flores. Los caracteres morfológicos más distintivos que facilitan la captura y transporte del polen son las sedas plumosas en su cuerpo y las estructuras especiales en las tibias de las patas posteriores llamadas curbículas en forma de cuchara, como en las abejas sin aguijón, o escopas, cuando se compone de mechones de sedas o como en algunas abejas de la familia Megachilidae que trasportan el polen en sedas del abdomen.

El sistema de búsqueda de alimento o forrajeo, específico para las especies, es otro carácter que presentan las abejas para obtener de manera eficiente las recompensas florales. Las abejas se acercan a las flores debido a diversos atrayentes florales como la forma, el color, el olor, el tamaño y la textura. En algunas especies de plantas una única flor puede ser la unidad atractiva, mientras que en otras un conjunto de flores o inflorescencias es el atractivo floral. Entre las abejas hay grandes diferencias en cuanto a las preferencias por recursos florales; algunas especies son generalistas, esto es que visitan muchas flores de distintas familias para obtener recursos, mientras que las abejas especialistas visitan sólo unas pocas especies de plantas de familias emparentadas. Esta interacción ecológica mutualista planta-polinizador, en donde ambos interactuantes obtienen un beneficio, se inició hace millones de años. Los caracteres desarrollados por las plantas y por las abejas indican una estrecha relación que ha llevado a que las abejas sean los más eficientes polinizadores de numerosas especies de plantas con flores, tanto silvestres como cultivadas.

### Amenazas para las abejas silvestres

En la actualidad, la diversidad de abejas silvestres está seriamente amenazada por varios factores, los principales son la fragmentación y pérdida de los hábitats naturales, la deforestación con la pérdida de recursos florales y las prácticas agrícolas que utilizan gran cantidad de agroquímicos en los campos de cultivo. La agricultura moderna depende en gran medida de productos químicos para el control de insectos y arvenses, sustituyendo métodos tradicionales. Numerosos agricultores utilizan agroquímicos para obtener una mayor producción en sus cultivos. Sin embargo, el uso indiscriminado de estos productos provoca grandes problemas ambientales, así como la disminución de fauna silvestre incluyendo a las abejas, que mueren por envenenamiento. Esto ocurre cuando las abejas visitan las flores de cultivos que son tratados con estos productos y al recoger su alimento también recogen algunas de las sustancias que contienen los pesticidas, las cuales matan a las abejas forrajeras y, cuando logran llegar al nido, también a las de la colmena.

La pérdida del hábitat y la deforestación disminuyen las fuentes de alimento disponible y los sitios de apareamiento, anidación y refugio e impiden la migración de las abejas. Adicionalmente algunas prácticas tradicionales se están perdiendo, por ejemplo, en México hay más de 43 especies de abejas sociales sin aguijón y varias especies han sido utilizadas por diferentes culturas indígenas. En la cultura maya los indígenas obtenían de los árboles nidos silvestres de las abejas “xunan-kab” (*Melipona beecheii*) que mantenían en jobones (troncos ahuecados) en sus

comunidades. Existía también una amplia comercialización de miel y cerumen desde el sureste de México hasta Honduras, productos que eran utilizados como ofrendas. Estas abejas fueron tan importantes que se encuentran representadas en los antiguos códices mayas, y los indígenas aún les brindan un lugar especial en sus ceremonias; desafortunadamente esta tradición se está perdiendo rápidamente y está en peligro de desaparecer.

Aunado a lo anterior, hace más de un siglo se inició la introducción de las abejas melíferas europeas (*Apis mellifera mellifera* y *A. mellifera ligustica*) a México, y fueron manejadas desde entonces en el país. En la Península de Yucatán se introdujeron a principios del siglo pasado. Sin embargo, hace dos décadas, la transformación biológica y socioeconómica de la actividad apícola se modificó por el proceso de africanización de las abejas europeas, lo que se debió a la dispersión de la abeja africana (*Apis mellifera scutellata*) desde Brasil, donde fueron introducidas en 1956 y de donde se escaparon en el siguiente año para después dispersarse e invadir la mayor parte del continente americano. Al presente, hay millones de colonias de abejas melíferas africanizadas en México, y son una fuerte presión para las abejas silvestres nativas por la competencia para obtener los recursos florales. En varios países se considera que las abejas melíferas desplazan a las abejas nativas de las flores y que podrían ocasionar una gran disminución en sus poblaciones. Además se sabe que algunas especies de plantas que visitan las abejas melíferas tienen una polinización deficiente y por lo tanto se ven afectadas en su reproducción.

Es importante acentuar que además del problema de las abejas melíferas ya mencionado se están produciendo e introduciendo por el hombre otras especies de abejas que pueden estar afectando a las poblaciones de abejas silvestres nativas. Es conocido que en varios países, incluyendo México, se están produciendo y utilizando especies del género *Bombus* (abejorros), las cuales se usan para la polinización de cultivos dentro de invernaderos. Las colonias de *Bombus* de criaderos comerciales están frecuentemente infectadas con enfermedades y además son portadoras de parásitos, desafortunadamente las abejas se escapan de los encierros y causan impactos negativos en las poblaciones de abejas silvestres nativas.

### Valor de la polinización

Las abejas silvestres contribuyen con el servicio ecológico de la polinización tanto en la vegetación natural como en los cultivos. En los trópicos, la mayoría de las especies de árboles, arbustos y herbáceas son polinizadas por abejas silvestres. La FAO considera que de las poco más de 100 especies de cultivos que proporcionan el 90 % del suministro de alimentos para 146 países, 71 son polinizadas por abejas (casi todas silvestres). Estos beneficios no habían sido apreciados por la sociedad, pero ahora se reconoce que aunque los productos de las abejas melíferas como la miel y cera son importantes, su valor es trivial comparado con la gran importancia del papel de las abejas como polinizadores. Así es que la polinización es la más importante contribución de las abejas en las distintas regiones del mundo, y aunque no es posible considerar todos los beneficios de este servicio ecológico, se ha calculado que el

valor económico de la polinización en los ecosistemas es de 120 a 200 billones de dólares anuales. El valor de la polinización en las plantas cultivadas se ha calculado desde hace varias décadas, en 1962 su valor económico se estimó en 4.6 billones de dólares anuales considerando el valor total de la producción agrícola en los Estados Unidos de América (EUA). Posteriormente se han presentado varias cifras basadas en distintos métodos y aproximaciones, la mayoría considera el valor total de la producción de los cultivos y algunas incluyen beneficios indirectos. En la actualidad, las cifras para EUA están entre un rango de 1.6 a 18 billones de dólares anuales, para Canadá de 1.2 billones, de 1.2 a 2 billones en Australia y de 3.1 billones en Nueva Zelanda. Como se puede apreciar, para cada país el valor de la polinización es distinto, pero es indudable que es muy elevado, ya que es estimado en varios billones de dólares anuales en diferentes partes del mundo.

En algunas zonas templadas el valor económico de la polinización se había estimado considerando sólo a las abejas melíferas (*A. mellifera*) como los principales polinizadores de las plantas cultivadas. Sin embargo, actualmente se ha reconocido que este cálculo es un error, ya que varios cultivos son polinizados por otras especies de abejas, porque se sabe que las abejas melíferas no visitan algunos cultivos o no son eficientes en la polinización. Por ejemplo, la alfalfa, que es un cultivo muy importante en EUA, es polinizada por abejas solitarias (*Megachile rotundata*). Otros ejemplos de cultivos que tienen un valor de millones de dólares anualmente en los EUA, son la soya, el algodón y el girasol, cada uno de éstos depende de

abejas específicas para su polinización. También la polinización en cultivos como el tomate y el chile, que necesitan de abejas que pueden polinizar con vibraciones (“buzz pollination”), no puede ser realizada de manera eficiente por las abejas melíferas, ya que éstas no tienen esa conducta de forrajeo. En Mesoamérica cultivos como la calabaza (*Cucurbita spp.*) han tenido una estrecha relación por miles de años con especies de abejas de los géneros *Peponapis* y *Xenoglossa*, que son las especies de abejas más eficientes en la polinización del cultivo.

En general, en las zonas tropicales se sabe que las responsables de la polinización de plantas silvestres y cultivadas son principalmente abejas silvestres, aunque aún falta conocer completamente a todas las especies que polinizan los cultivos y es posible que puedan ser varias especies de abejas las que contribuyen a la polinización de cada cultivo. Es importante entonces subrayar que mediante las interacciones con las plantas nativas, a veces altamente especializadas, las abejas silvestres juegan un papel vital en el mantenimiento de los ecosistemas y de los agroecosistemas de todas las regiones del mundo. La sociedad en general necesita prevenir y evitar los factores que amenazan a las abejas silvestres. Se requiere de esfuerzos conjuntos entre los diferentes sectores sociales para implementar estrategias que permitan un manejo adecuado de las poblaciones de abejas tanto silvestres como comerciales, de manera que no se afecte negativamente la diversidad en cada región del mundo.

## Campanas para la conservación de los polinizadores

A pesar de la importancia de las abejas silvestres, durante mucho tiempo el estudio de su ecología y su papel en la polinización había sido escaso, en especial en las regiones tropicales, desconociendo también los efectos negativos de algunas prácticas agrícolas en los cultivos y careciendo de la información sobre las especies más efectivas en la transferencia del polen, con las cuales se puede obtener una mayor cantidad y calidad de frutos. Es sólo desde hace dos décadas que se pone énfasis en su estudio, así como en el nivel de la escala geográfica a la que ocurren los servicios ecológicos de la polinización.

En general actualmente se sabe que hay una disminución en la diversidad y abundancia de ciertas especies de polinizadores y por lo tanto existe un alto riesgo de romper el equilibrio natural de los ecosistemas, reducir la economía de los sistemas productivos que dependen directamente de la producción y comercialización agrícola y, finalmente, provocar una gran reducción de especies de plantas, frutos y semillas que son importantes en la alimentación mundial del hombre. Así, el servicio ecológico de la polinización y los polinizadores han tomado relevancia en el ámbito internacional y nacional, y se han instituido diversas iniciativas para su protección.

The North American Pollinator Initiative (NAPI) comprende una red establecida de instituciones, asociaciones e investigadores involucrados en todo lo relacionado con los polinizadores así como también en los servicios que proveen a la sociedad, es una asociación de programas públicos y privados de

conservación de polinizadores. Dentro de estos programas se encuentran: The Forgotten Pollinator Campaign, The Sao Paulo Declaration on Pollinator Conservation and Sustainable Use y The North American Pollinator Protection Campaign (NAPPC) que desde su fundación ha tenido mucho interés en llamar la atención sobre el estado crítico de los polinizadores y la necesidad de protegerlos en toda el área de Canadá, Estados Unidos y México. NAPPC es una cooperación de más de 90 organizaciones que integran diversos científicos y asociaciones ambientalistas y de conservación, así como la industria privada y algunas entidades estatales y federales, tiene la finalidad principal de elaborar y poner en práctica un plan dirigido a coordinar los proyectos locales, nacionales e internacionales relativos a los polinizadores. En México se tiene la NAPPC-México, con el interés en la protección de los polinizadores, como parte de NAPPC internacional.

The International Pollinator Initiative (IPI), es un portafolio de programas, proyectos y actividades del sector público y privado, conectados por un espíritu de cooperación. También se han instituido The European Pollinator Initiative (EPI) con la misma estructura de IPI, The African Pollinator Initiative (API), The International Centre for Integrated Mountain Development (ICIMOD) que incluye la región Kush-Himalaya (Afganistán, Bangladesh, Bhutan, China, India, Myanmar, Nepal y Pakistán) y The Brazilian Pollinators Initiative (BPI). Instituciones como API, BPI y ICIMOD están juntas en Global Environmental Facility (GFE) con la FAO como gestor.

En la agricultura el servicio de la polinización ha comenzado a formar



parte de la estructura de planeación y costos asociados a los distintos cultivos en los agroecosistemas en diferentes países. En el presente se reconoce que la polinización de muchos cultivos por todo el mundo es un servicio ecológico que proveen fundamentalmente las abejas silvestres, y su preservación está dentro de los programas de conservación. En la llamada "crisis de polinización", el Convenio de las Naciones Unidas sobre la diversidad biológica estableció en 2002 una iniciativa internacional para la conservación y el uso sostenible de polinizadores, en la esfera de su programa de trabajo sobre la agrobiodiversidad. La FAO, organismo coordinador de esta iniciativa, está preparando un proyecto orientado a llenar las enormes lagunas de conocimiento sobre los servicios de polinización e iniciar buenas prácticas agrícolas que permitan la conservación de los polinizadores en una gran variedad de regiones ecológicas y sistemas agrícolas en el mundo. En este esfuerzo conjunto participan instituciones mexicanas, con su grupo de trabajo, entre las que destacan la Universidad Autónoma de Yucatán, ECOSUR Tapachula, la UNAM (Instituto de Biología y el Centro de Ecología) y la Universidad Autónoma de Guadalajara.

### Conclusiones

Existen evidencias científicas en diversas partes del mundo de una reducción alarmante de las poblaciones de abejas silvestres. Estos insectos son de suma importancia por el papel que tienen en la polinización de la mayoría de las plantas silvestres en los ecosistemas y por su gran contribución en la polinización de las plantas cultivadas en

los agroecosistemas. Algunas particularidades de su morfología, ecología y biología las hacen excelentes polinizadores. Desafortunadamente, en la actualidad diversas actividades humanas amenazan sus poblaciones, principalmente la pérdida de hábitats y las prácticas agrícolas con alto uso de agroquímicos. El enorme valor económico de las abejas silvestres por el servicio ecológico de la polinización (billones de dólares anuales) ha impulsado la creación de diversas campañas en distintas regiones y países para la protección y conservación de los polinizadores, incluyendo a las abejas silvestres y otros grupos de animales, y también se está alentando la participación del público en general. En México diferentes universidades están promoviendo la campaña para la conservación de los polinizadores con la finalidad de hacer esfuerzos conjuntos en todos los ámbitos sociales.

**B**ioagrociencias es una revista de difusión científico-técnica del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Yucatán. Publica información resultante de la investigación en biología, medicina veterinaria y zootecnia, agroecología y economía agropecuaria, así como escritos analíticos y/o críticos sobre temas de los mismos ámbitos. Su propósito es difundir información intermedia entre la de revistas especializadas y la de revistas de divulgación general. Está dirigida a profesionistas, estudiantes y personas relacionadas con las ciencias biológicas y agropecuarias, incluyendo al público en general.

### Trabajos que publica:

- Artículos de difusión científico-técnica
- Artículos de revisión
- Ensayos técnicos o científicos
- Reseñas bibliográficas o de evento científico
- Cartas al editor
- Reportes de caso

### Artículo de difusión científico-técnica

Contiene información procedente de un trabajo de investigación; puede incluir reportes preliminares, resúmenes de informes técnicos finales, de tesis y trabajos en extenso publicados en memorias de reuniones especializadas de investigación. Los manuscritos deben contener las siguientes secciones después del título y autores: resumen, introducción, materiales y métodos, resultados, discusión, agradecimientos en su caso y referencias.

### Artículo de revisión

Contiene información sobre un tema del ámbito de la revista, presentada con enfoque analítico-crítico en la forma común en un artículo de revisión especializado. Debe contener las siguientes secciones después del título y autores: introducción, secciones del contenido y referencias.

### Ensayo técnico o científico

Contiene las reflexiones del autor acerca de las características, resultados o aplicación de una tecnología o método, o acerca de un conjunto de conocimientos, del quehacer científico o de una problemática en algún tema del ámbito de la revista. Necesariamente el enfoque será analítico-crítico. La forma del escrito es libre, aunque debe ser claro y lógico. Puede estar dividido o no en secciones y contener o no referencias.

### Reseña bibliográfica o de evento científico

Contiene el análisis crítico de un libro científico o técnico de publicación reciente, de preferencia en el estado, la región o el país, o bien de un evento científico, reunión especializada o descubrimiento importante. La forma del escrito es libre pero al igual que el ensayo debe ser claro y lógico.

### Carta al editor

Su contenido puede ser producto de una reflexión, observación o investigación. Su principal característica es la brevedad, pero debe estar bien estructurado, ya sea que se divida en secciones o no. También puede o no tener referencias.

parte de la estructura de planeación y costos asociados a los distintos cultivos en los agroecosistemas en diferentes países. En el presente se reconoce que la polinización de muchos cultivos por todo el mundo es un servicio ecológico que proveen fundamentalmente las abejas silvestres, y su preservación está dentro de los programas de conservación. En la llamada "crisis de polinización", el Convenio de las Naciones Unidas sobre la diversidad biológica estableció en 2002 una iniciativa internacional para la conservación y el uso sostenible de polinizadores, en la esfera de su programa de trabajo sobre la agrobiodiversidad. La FAO, organismo coordinador de esta iniciativa, está preparando un proyecto orientado a llenar las enormes lagunas de conocimiento sobre los servicios de polinización e iniciar buenas prácticas agrícolas que permitan la conservación de los polinizadores en una gran variedad de regiones ecológicas y sistemas agrícolas en el mundo. En este esfuerzo conjunto participan instituciones mexicanas, con su grupo de trabajo, entre las que destacan la Universidad Autónoma de Yucatán, ECOSUR Tapachula, la UNAM (Instituto de Biología y el Centro de Ecología) y la Universidad Autónoma de Guadalajara.

### Conclusiones

Existen evidencias científicas en diversas partes del mundo de una reducción alarmante de las poblaciones de abejas silvestres. Estos insectos son de suma importancia por el papel que tienen en la polinización de la mayoría de las plantas silvestres en los ecosistemas y por su gran contribución en la polinización de las plantas cultivadas en

los agroecosistemas. Algunas particularidades de su morfología, ecología y biología las hacen excelentes polinizadores. Desafortunadamente, en la actualidad diversas actividades humanas amenazan sus poblaciones, principalmente la pérdida de hábitats y las prácticas agrícolas con alto uso de agroquímicos. El enorme valor económico de las abejas silvestres por el servicio ecológico de la polinización (billones de dólares anuales) ha impulsado la creación de diversas campañas en distintas regiones y países para la protección y conservación de los polinizadores, incluyendo a las abejas silvestres y otros grupos de animales, y también se está alentando la participación del público en general. En México diferentes universidades están promoviendo la campaña para la conservación de los polinizadores con la finalidad de hacer esfuerzos conjuntos en todos los ámbitos sociales.

**B**ioagrociencias es una revista de difusión científico-técnica del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Yucatán. Publica información resultante de la investigación en biología, medicina veterinaria y zootecnia, agroecología y economía agropecuaria, así como escritos analíticos y/o críticos sobre temas de los mismos ámbitos. Su propósito es difundir información intermedia entre la de revistas especializadas y la de revistas de divulgación general. Está dirigida a profesionistas, estudiantes y personas relacionadas con las ciencias biológicas y agropecuarias, incluyendo al público en general.

### Trabajos que publica:

- Artículos de difusión científico-técnica
- Artículos de revisión
- Ensayos técnicos o científicos
- Reseñas bibliográficas o de evento científico
- Cartas al editor
- Reportes de caso

### Artículo de difusión científico-técnica

Contiene información procedente de un trabajo de investigación; puede incluir reportes preliminares, resúmenes de informes técnicos finales, de tesis y trabajos en extenso publicados en memorias de reuniones especializadas de investigación. Los manuscritos deben contener las siguientes secciones después del título y autores: resumen, introducción, materiales y métodos, resultados, discusión, agradecimientos en su caso y referencias.

### Artículo de revisión

Contiene información sobre un tema del ámbito de la revista, presentada con enfoque analítico-crítico en la forma común en un artículo de revisión especializado. Debe contener las siguientes secciones después del título y autores: introducción, secciones del contenido y referencias.

### Ensayo técnico o científico

Contiene las reflexiones del autor acerca de las características, resultados o aplicación de una tecnología o método, o acerca de un conjunto de conocimientos, del quehacer científico o de una problemática en algún tema del ámbito de la revista. Necesariamente el enfoque será analítico-crítico. La forma del escrito es libre, aunque debe ser claro y lógico. Puede estar dividido o no en secciones y contener o no referencias.

### Reseña bibliográfica o de evento científico

Contiene el análisis crítico de un libro científico o técnico de publicación reciente, de preferencia en el estado, la región o el país, o bien de un evento científico, reunión especializada o descubrimiento importante. La forma del escrito es libre pero al igual que el ensayo debe ser claro y lógico.

### Carta al editor

Su contenido puede ser producto de una reflexión, observación o investigación. Su principal característica es la brevedad, pero debe estar bien estructurado, ya sea que se divida en secciones o no. También puede o no tener referencias.

## Reporte de caso

Contiene información sobre una situación precisa dentro del dominio de la revista. Puede ser la ocurrencia de una enfermedad o de un evento biológico, ecológico o algún otro suceso en el área de interés de la revista. Debe primero ubicar al lector en el contexto y luego presentar la información de manera organizada, por lo que puede estar dividido en secciones. Debe apoyarse con información publicada y por lo tanto contar con referencias.

## Proceso de revisión y editorial

Los manuscritos serán revisados por especialistas, quienes enviarán sus comentarios al comité editorial de la revista, que con base en las recomendaciones tomará la decisión correspondiente para publicar los manuscritos en caso de ser aceptados. Este proceso puede llegar a tener una duración máxima de tres meses a partir de que la revista acusa la recepción de un manuscrito.

## Lineamientos para los autores

La revista publica sólo trabajos en español. Los manuscritos deben enviarse a la revista (una copia impresa y el archivo electrónico en Word) con las siguientes características:

Doble espacio, letra Times New Roman 12, márgenes de 2.5 cm a ambos lados en hojas tamaño carta, con renglones y páginas numerados.

## Secciones del manuscrito

El título debe ser breve y claro, en negritas, centrado y con minúsculas, salvo los nombres propios, y con caracteres número 14. Debajo, a dos

dobles espacios, debe llevar los nombres de los autores (iniciales y apellido o apellidos, según sea) sin títulos académicos y seguidos del nombre de la institución de filiación; en su caso, ésta debe ser indicada con un superíndice, como en el ejemplo siguiente:

P. R. Sánchez Pérez<sup>1</sup>, J. A. Vargas González<sup>1</sup> y B. N. Smith<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, y <sup>2</sup>Licenciatura en Biología, de la UADY.

El resumen (300 palabras máximo) debe contener lo esencial del objetivo, metodología y resultados del trabajo. Debe ser de un solo párrafo sin secciones.

La introducción debe ser breve y clara, situar al lector en el contexto de la problemática que se aborda y conducir lógicamente al enunciado del objetivo del trabajo al final de la introducción.

Materiales y métodos debe contener la descripción clara y precisa de los procedimientos que se usaron en el trabajo y los elementos con los que se hizo, incluyendo en su caso el contexto físico o geográfico.

En Resultados se debe describir y explicar lo que se obtuvo en la investigación. Se debe evitar la repetición de datos que se hayan presentado en tablas o figuras.

La discusión debe contener el análisis de los resultados y la conclusión que se extrae de ellos. En esta sección se comparan los resultados propios con los de otros autores; se tratan de explicar y se plantean sus posibles implicaciones.

## Extensión de los escritos (con doble espacio)

- Artículo de difusión, de revisión y ensayo técnico o científico: mínimo 6, máximo 20 páginas tamaño carta.

- Reseña bibliográfica o de evento científico, y carta al editor: de 4 a 8 páginas.

- Reporte de caso: de 4 a 10 páginas.

## Tablas y figuras

Numerar con arábigos, tanto tablas como figuras. Las tablas llevan su designación y leyenda a manera de título y las figuras debajo de ellas. Las figuras deben ser de buena calidad y en blanco y negro. Tablas y figuras deben estar ubicadas dentro del texto, en el lugar que los autores consideren más adecuado, y todas deben estar citadas.

## Formato de referencias

La forma de citar las fuentes en el texto y referirlas en la lista se debe sujetar a los términos establecidos por el método Harvard. Con este método las citas en el texto se hacen con los apellidos del o los autores y el año de la publicación y cuando se trata de más de dos autores se utiliza la expresión *et al.* después del primer autor. La lista de referencias se elabora en orden alfabético con base en las primeras letras del apellido del primer autor. En todo caso los autores deben apegarse a las formas habituales en las ciencias biológicas y mantener la uniformidad en cada escrito. Los siguientes son algunos ejemplos de formas de citar y enlistar fuentes de información con el método sugerido.

## Dos autores

· Autores y año en paréntesis

En ocasiones es conveniente tratar los datos continuos como discretos, haciendo grupos de categorías (Gelbaum y March, 1969).

· Autores en el texto y año en paréntesis  
Gelbaum y March (1969) mencionan la conveniencia de tratar los datos continuos como si fueran discretos...

· Autores y año en el texto

En ocasiones es conveniente tratar los datos continuos como discretos, haciendo grupos de categorías tal como lo mencionaron Gelbaum y March, en 1969.

## Trabajos de más de dos autores

En este caso se emplean las siglas en latín *et al.*

· Autores y año en paréntesis

El mayor aporte de semillas del Pedregal de San Ángel se presenta en los meses de diciembre y enero que corresponden al tiempo de secas (Castillo *et al.* 2002).

· Autores en el texto y año en paréntesis  
Según Castillo *et al.* (2002), el mayor aporte de semillas del Pedregal de San Ángel se presenta en los meses de diciembre y enero que corresponden al tiempo de secas.

· Autores y año en el texto

En el 2002 Castillo *et al.* reportaron que el mayor aporte de semillas del Pedregal de San Ángel....

## Las referencias bibliográficas seguirán el siguiente formato:

### Revistas

Domínguez T. B. y L.Y. Olvera. 2003. Patrones de temperatura periférica y control psicológico del dolor crónico. *Suma Psicológica* 10 (1):81-188

## Fascículo de una serie

Lira Saade R. 2004. Cucurbitaceae de la península de Yucatán. Fascículo 22. Serie Etnoflora yucatanense. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán.

## Capítulo de libro

Fábos J.G. 1995. Introduction and overview: the greenways movement, uses and potentials of greenways. En: J.G. Fábos y J. Ahern (Eds.) Greenways. The beginning of an international movement. Elsevier. Amsterdam.

## Internet

### 1. Artículo

Gutiérrez Báez C. 2006. Lista de especies de plantas de plantas acuáticas vasculares de la península de Yucatán, México. Polibotánica.21:75-87. Fecha de consulta 15 /05/2007 en <http://www.herbario.encb.ipn.mx/pb/pdf/pb21/yuca.pdf>

### 2. Artículo en periódicos en versión electrónica

Morales J.J. (15 enero 2007). Plan para salvar laguna de Cancún detenido por tica. La Jornada Ciencias. Fecha de consulta 17/01/2007 en <http://www.jornada.unam.mx/2007/01/16/index.php?section=ciencias>

### 3. Enciclopedia en línea

Encyclopaedia Britannica online, River dolphin consultado 20 /02/2007 en <http://www.britannica.com/search?query=dolphins&ct=>

### 4. Trabajos sin referencia

Telatar, E. A Mathematical Theory of Communication. Texto en red s.r (sin referencia) 2.02.1998. Consultado el 18 /03/2007 en <http://cm.bell-labs.com/cm/ms/what/shannonday/paper.html%205>

### 5. Documento sin autor ni año identificado

<http://www.zoowebplus.com/datos/ornit>

orrinco.html. Fecha de consulta 26/05/2007.

## Abreviaturas:

Seguir las formas acostumbradas en las ciencias biológicas. Para usar una abreviatura particular del trabajo se debe escribir el nombre completo en la primera aparición seguido de la abreviación entre paréntesis, posteriormente se puede usar sólo la abreviación.



# UADY

CAMPUS DE  
CIENCIAS  
BIOLÓGICAS Y  
AGROPECUARIAS  
"Luz, Ciencia y Verdad"

FACULTAD DE MEDICINA  
VETERINARIA Y ZOOTECNIA