



Bioagrociencias

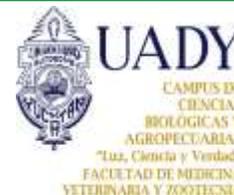
Revista de difusión del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Yucatán

*El
Maquech*

*"la joya
víviente"*



*2013: Año internacional de la cooperación
en la esfera del agua*



Revista de difusión científica

Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
Universidad Autónoma de Yucatán

Comité editorial

Editor general

Virginia Meléndez Ramírez

Coeditor

Alfonso Aguilar Perera

Editores asociados

Víctor Cobos Gasca

Luis López Burgos

Silvia Hernández Betancourt

Juan Magaña Monforte

Javier Quezada Euán

Luis Ramírez y Avilés

Juan Javier Ortiz Díaz

Edwin J. Gutiérrez Ruíz

Directorio

Mphil. Alfredo Dájer Abimerhi

Rector

M. en C. Marco Torres León

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

Fotos de portada

<http://mioplanet.org/>

<http://www.ecoticias.com>

Armado editorial de la publicación

Marcos Barros-Rodríguez

Posgrado Institucional

Bioagrocencias, Año 6 (enero a junio de 2012), revista electrónica, es una publicación semestral editada por la Universidad Autónoma de Yucatán, a través de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, km. 15.5 carretera Mérida-Xmatkuil s/n, Mérida, Yucatán, México, tel. 999 942 32 00.

<http://www.ccba.uady.mx/revistas/index.php>

Editor Responsable, Virginia Meléndez Ramírez, reserva del derecho al uso exclusivo 04-2011-092314190600- 102 ISSN 2007 - 431X Responsable de la última actualización, Carlos Canul Sansores con domicilio en Facultad de Medicina veterinaria y Zootecnia, km. 15.5 carretera Mérida-Xmatkuil s/n, Mérida, Yucatán, México, tel. 999 942 32 00.

Fecha de última modificación: junio 2013.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor o de la institución. Queda totalmente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la dirección de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Correo electrónico:

bioagrocenciasccba@uady.mx

Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
Universidad Autónoma de Yucatán

Estimados lectores, **en este número** la sección **Biodiversidad** presenta la declaración de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) que establece al 2013 como el año internacional de la cooperación en la esfera del agua, el objetivo de esta declaración es sensibilizar a la sociedad acerca de la importancia del agua para la humanidad y para la vida en el planeta. En esta sección también se desarrolla un análisis breve sobre la pérdida de especies de peces de agua dulce en México, para ello se evidencia la riqueza de especies, las que se encuentran en alguna categoría de riesgo, las especies endémicas y sus posibles amenazas, además se reflexiona sobre lo que está ocurriendo en los ecosistemas de agua dulce en México.

En la sección de **Medicina Veterinaria** se revisa el papel que juega el cerdo en el surgimiento de nuevas cepas de virus de influenza A con posibilidades pandémicas, también se presentan las características más importantes del virus y se describe cómo las principales pandemias han ocasionado el temor internacional a partir de cepas virales de origen aviar, al estar en contacto con cerdos y humanos.

La sección **Sistemas de Producción** aborda una revisión sobre el papel de la proteína salival como mecanismo de los herbívoros para reducir el impacto negativo de los taninos presentes en su dieta, la cual se basa en la vegetación arbustiva de la Península de Yucatán que ha sido una de las principales fuentes alimenticias para la producción de ovinos y caprinos, y que es rica en compuestos secundarios del metabolismo vegetal como los taninos.

En la sección **Transferencia de Tecnología** se presenta una estrategia para incrementar la ganancia diaria de peso de ovinos Pelibuey, esta se basa en la evaluación de diferentes niveles de una leguminosa y un pasto en la dieta de ovinos, la valoración fue realizada en el municipio de Tzucacab, Yucatán, y de acuerdo a los resultados se recomienda la inclusión de la leguminosa, además del pasto, en la dieta de los ovinos.

En la sección **Tópicos de interés** se describe la tradición del maquech en Yucatán y algunos aspectos conocidos de esta especie, el maquech es un escarabajo que representa una artesanía cuya tradición atrae a los residentes y a los turistas, en esta tradición se usa al maquech vivo, decorado con piedras y cadenas de bisutería, sin embargo, se enfatiza que la biología y etnoecología del maquech se encuentra poco documentada.

La sección **Sabes**, en esta ocasión, presenta cómo las microalgas manifiestan un movimiento propio y como la respuesta de sus movimientos está relacionada con la chemotaxis.

Finalmente, en la **Sección Próximos Eventos** se informa sobre algunos de las reuniones académicas, en el área de las ciencias biológicas y agropecuarias, que se realizarán en el año 2013 e inicios de 2014.

- Índice -

Biodiversidad

2013: Año internacional de la cooperación en la esfera del agua.....4

Virginia Meléndez Ramírez

¿Qué ha reducido la diversidad de peces endémicos dulceacuícolas en México?.....6

Silvia F. Hernández Betancourt, Lizbeth Chumba Segura, Celia I. Sélem Salas y Juan Chablé Santos

Medicina Veterinaria

Importancia de la participación del cerdo en el rearreglo de genomas de virus de influenza para el origen de cepas pandémicas13

Álvarez-Fleites Mario Javier

Sistemas de producción

Relación herbívoro-tanino: adaptación de ovinos y caprinos a la vegetación rica en taninos de la península de Yucatán19

Javier Ventura-Cordero, Andrés Pech-Cervantes, Carlos A. Sandoval-Castro, J. Felipe J. Torres-Acosta, Pedro G. González Pech y Luís A. Sarmiento Franco

Transferencia de Tecnología

Ganancia diaria de peso en ovinos por inclusión de una planta leguminosa (*Leucaena leucocephala*) en dietas basadas en pasto clon Cuba CT-115 (*Pennisetum purpureum*).....26

Norma Beatriz Madera Solís, Héctor Manuel Bacab Pérez y Benjamín Ortiz de la Rosa

- Índice -

Tópicos de Interés

El maquech “La joya viviente” ¿Qué se sabe de esta especie?.....32

Jesús Miss Domínguez, Virginia Meléndez Ramírez y Enrique Reyes Novelo

Sabes...

¿Sabías que las microalgas tienen cada una un movimiento propio?38

Silvia López Adrián

Próximos eventos

Eventos Académicos39



Virginia Meléndez Ramírez

Cuerpo Académico de Bioecología Animal, Departamento de Zoología, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. virmelen@uady.mx

El 11 de febrero de 2011, la Asamblea General de las Naciones Unidas -en su resolución A/RES/65/154- proclamó al 2013 como Año internacional de la cooperación en la esfera del agua. El objetivo principal de esta declaración es formar alianzas sólidas y duraderas e iniciativas de cooperación en materia del agua que son esenciales para ayudar a mantener la paz y la seguridad entre las naciones, las comunidades y los grupos de interés, garantizando la distribución justa y equitativa de los recursos hídricos para la sociedad y el ambiente. Otro componente clave, que destaca la importancia de la cooperación en materia del agua, es que todas las partes interesadas reconozcan los retos actuales y las presiones sobre los recursos hídricos compartidos a nivel mundial para llevar a cabo un diálogo constructivo y realista.

El agua es un tema transversal que requiere atención en todos los niveles y sectores sociales. La cooperación en materia del agua es la plataforma para alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) y garantizar la “seguridad hídrica” y un futuro sostenible. En consecuencia, el año internacional de la cooperación en la esfera del agua 2013 exhorta a los líderes a poner el tema del agua en el centro de las agendas, teniéndola como base para estable-

cer vínculos más fuertes entre las naciones, los Estados y las comunidades.

La agenda global del agua ha sido ampliada dentro del documento final de la conferencia de Río+20. Este documento destaca el agua como el núcleo del desarrollo sostenible y reafirma los compromisos con relación al derecho que tiene la humanidad al agua potable y al saneamiento y la necesidad de mejorar la calidad del agua, la protección de los ecosistemas, los servicios que ofrecen en términos de mejorar la calidad y la cantidad de agua y su conservación, la eficiencia del agua, el tratamiento de las aguas y la financiación necesaria para lograr estos trabajos.

Es así que esta iniciativa invita al sistema de las Naciones Unidas y a todas las partes interesadas a promover actividades a todos los niveles, con la finalidad de alcanzar los objetivos relacionados con el agua, convenidos internacionalmente y que figuran en el Programa 21, el Plan para su posterior ejecución, la Declaración del Milenio y el Plan de aplicación de las Decisiones de Johannesburgo, además de sensibilizar a la sociedad acerca de su importancia.

Desde 1959, las declaratorias de años internacionales de las Naciones Unidas se emiten para llamar la atención de la sociedad sobre temas específicos de especial importancia y de alentar a la acción internacional para abordar cuestiones de importancia mundial y sus posibles derivaciones.

Referencia

<http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade>

Foto

<http://www.ecoticias.com>

*Silvia F. Hernández Betancourt, Lizbeth Chumba Segura, Celia I. Sélem Salas y Juan Chablé Santos

Cuerpo Académico de Bioecología Animal, Departamento de Zoología, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. *hbetanc@uady.mx

Resumen

Si bien es notable la riqueza de especies de peces dulceacuícolas en México, es alarmante la pérdida de su diversidad desde mediados del siglo pasado a la fecha. En este trabajo se presenta un breve análisis de esta situación al documentar la riqueza de especies, las especies según su categoría de riesgo y describir a las especies endémicas y sus posibles amenazas. Además, se describen algunas características de las familias con mayor número de especies y sus amenazas. Finalmente, se reflexiona sobre lo que está ocurriendo en los ecosistemas de agua dulce en México.

Introducción

A nivel mundial, se han identificado aproximadamente 25 000 especies de peces, en México se han registrado 2 307 especies (7.84 % del total) y se conocen por lo menos 1 782 especies marinas, aunque se considera que este número está subestimado. Al menos 545 son dulceacuícolas, de las cuales 375 son dulceacuícolas estrictamente y 170 de aguas salobres y de estuarios. Se han registrado 118 especies introducidas y de 330 a 335 endémicas (sólo en aguas continentales), 503 arrecifales, 225 pelágicas y 311 demersales. Hay 182 especies enlistadas en alguna categoría de riesgo en la NOM-059 –SEMARTAT- 2001, de las cuales 145 son endémicas y 116 son dulceacuícolas. A la fecha se han extinto 21 y 7 están extirpadas del país (Contreras-Balderas *et al.* 2003).

Esta gran diversidad de peces dulceacuícolas se debe al mosaico de ecosistemas del país que ha desempeñado un papel muy importante en el

desarrollo de las comunidades acuáticas. México tiene una posición privilegiada, ya que cuenta con dos grandes regiones, la Neártica al norte y la Neotropical en el sur. Existe una amplia zona de transición entre las dos regiones marcada al sur por el Eje Neovolcánico transversal, hacia la parte oriental se extiende hasta el sur de Tamaulipas y en la occidental hasta el sur de Sinaloa. Además de las dos grandes cadenas montañosas, las Sierras Madre Occidental y Madre Oriental que propician la formación de un gran altiplano central.

Por otro lado, sus principales vertientes son el Océano Pacífico, Golfo de California, Golfo de México y Mar Caribe. El país cuenta con 10 000 km de litorales y sus aguas territoriales y su zona marítima exclusiva abarca 2 946 825 km que incluyen 5 000 km de plataforma continental. En sus tres vertientes México alberga 320 cuencas hidrológicas 50 ríos principales además de numerosos tributarios, riachuelos y arroyos permanentes o intermitentes. Más de 70 lagos naturales mayores de 10 ha, y cerca de 14 000 cuerpos de agua en su mayoría artificiales 84% de los cuales son menores a 10 ha (Challenger y Dirso 2009), además de sus complejas orografía y topografía que presentan variaciones en elevación desde el nivel del mar hasta 5 500 m de altura (Citlaltepétl o Pico de Orzaba), aunque los peces sólo alcanzan distribuciones hasta 3 000 m aproximadamente. De la misma forma, sus cuerpos de agua tienen variadas profundidades que pueden ser mayores a los 4 000 mm.

La gran extensión latitudinal de México (32°30'N-NO; 14°30'SE) presenta una zona de aislamiento. El altiplano de la Mesa Central que contiene la importante ictiofauna del Río Lerma

así como la de la cuenca del Río Bravo, y numerosos cuerpos de agua aislados que constituyen la principal zona de humedales dulceacuícolas del país con una diversidad única de peces con representatividad de fauna Neártica (Ictaluridae y Cyprinidae), Neotropical (Poeciliidae y Cichlidae) y endémicas (Atherinopsidae y Goodeinae), de las aproximadamente 100 especies nativas, 70% son endémicas. Todo esto explica la existencia en México de una de las mayores diversidades de peces del planeta

Peces de agua dulce

México cuenta con la quinta parte del territorio de los Estados Unidos de América y posee una fauna de peces de agua dulce rica y diversificada con 545 especies en 47 familias, lo cual representa el 60% de las especies de América del norte y el 6% a nivel mundial. De esto, lo más relevante es su gran cantidad de endemismos considerando que las familias tienen varios géneros algunos de los mejor representados son, entre otros, de la familia Cichlidae el género *Cichlasoma* (mojarras) con 40 especies, de Cyprinidae (pequeñas carpas) el género *Notropis* con 25, de los Atherinidae (Charales) el género *Chirostoma* con 19, de Poeciliidae el género *Gambusia* con 19 y Cyprinodontidae con el género *Cyprinodon* con 18 especies.

Destaca la presencia de la familia Goodeidae que es autóctona y característica de la ictiofauna mexicana con 37 especies endémicas. Las cuencas hidrológicas que cuentan con mayor número de especies se encuentran en la región Neártica, como la del Lerma Santiago, el río Pánuco y Río Conchos, además de que el altiplano se encuentran la mayoría de los lagos, en la región Neotropical destacan las cuencas que desembocan al Golfo de México como El río Coatzacoalcos, el río Papaloapan y la cuenca Grijalva Usumacinta que también albergan un alto número de especies. En cuanto a ende-

mismos hay cuerpos de agua con el 50 al 85% de especies endémicas (Tabla 1).

De las 13 familias más importantes de peces dulceacuícolas, en la Tabla 2 se presentan las seis familias que cuentan con el mayor número de especies, endemismos y el número de especies que se encuentran en alguna categoría de riesgo.

Características de cada familia y amenazas

Atherinopsidae. Esta familia incluye a especies de peces blancos y charales de agua dulce, cuya distribución principal es de la cuenca del Lerma Santiago que incluye los lagos de Michoacán, Jalisco y antiguamente los lagos de Valle de México, como Xochimilco Texcoco, en estos se distribuían las 19 especies del género *Chirostoma* aunque las poblaciones se han reducido a medida que los cuerpos de agua se han modificado, por la introducción de especies exóticas, contaminación y desecación por otros usos. *Ch. estor* tuvo una gran distribución en los lagos de Chapala y Pátzcuaro (Tabla 3), la sobrepesca redujo las poblaciones y ahora se trata de rescatar a la especie a través de su cultivo, *Ch. humboltianum* fue una especie de charal muy abundante en los lagos del Valle de México y en los años 50's fue erradicada de estos. En la actualidad se está cultivando para reintroducirla en los escasos cuerpos de agua actuales.

Cichlidae. La familia incluye a las mojarras que se distribuye principalmente en cuerpos de agua de climas tropicales, es relevante ver que cuenta con un número alto de especies endémicas. Las especies son territoriales y algunas tienen cuidados paternos por lo tanto su descendencia no es muy abundante y sus poblaciones nativas entran en competencia con las especies introducidas de la misma familia, como los diferentes tipos de tilapias. En los cenotes de Yucatán, habitan especies endémicas como son, *Ciclasoma sineagrae*, *C. conchitae*, *C. erimba*, *C. mayorum* y *C. zebra*.

Tabla 1. Cuencas hidrológicas, regiones zoogeográficas y especies de peces dulceacuícolas endémicas en México.

Cuenca hidrológica	Región Zoogeográfica	Número de especies	Porcentaje de especies endémicas
Lerma (L) Santiago (S)	NA	57	66
Grijalva Usumacinta (GU)	NT	72	36
Pánuco (P)	NA	75	30
Ameca	NA	20	30
Balsas (RB)	NT	20	35
Papaloapan (PA)	NT	47	21
Conchos	NA	34	21
Tunal	NA	13	62
Coatzacoalcos	NT	53	13
Cuatro Ciénegas	NA	19	50
Chichancanab	NT	10	85
Lago de Patzcuaro	NA	14	24
Media Luna	NA	-	65

NA=Región Neártica, NT=Región Neotropical. **RB**=Río Balsas forma parte de la Hidrología de los estados de Morelos (100%) y parcialmente a los estados de Tlaxcala (75%), Puebla (55%), México (36%), Oaxaca (9%), Guerrero (63%), Michoacán (62%) y Jalisco (4%) Trayecto 123,500 km, **L** = Lerma origen Estado de México en, manantiales de Almoloya del Río, noroeste del Valle de Toluca, y desagua en el lago de Chapala, su longitud de 708 km **S**= Río Santiago localizado en el Occidente de México. Nace en Ocotlán y en la ribera oriental del Lago de Chapala discurre por los estados de Jalisco y Nayarit, siendo su frontera aproximadamente en 30 km. Recorre la zona Metropolitana de Guadalajara y desemboca en el Océano Pacífico(San Blas, Nayarit). Trayecto es de 562 km. **GU**= La cuenca del río Grijalva se localiza en el sureste de la república Mexicana y administrativamente comprende los estados de Tabasco y Chiapas, cuenta con una extensión de 51,569 km², se presentan dos subregiones y Alto y Bajo Grijalva y tres subcuencas, alto (A), medio (M) y bajo (B) Grijalva. Se presenta la mayor precipitación mundial 12, 143 mm; 2.6 veces el promedio nacional. **A**. Nace en Huehuetenango, Guatemala llega la Presa Angostura, Chiapas y comprende un área de 9,643 km² atraviesa la Sierra Madre del Sur y alimenta las principales presas hidroeléctricas. **M**, va de la Angostura hasta la Presa Malpaso cuenta con un área de 20,146 km². De la presa de la Angostura va al Cañón del Sumidero, Presa Chicoasén al final llega a la Presa Peñitas entre los estados de Chiapas y Tabasco, como Río Mezclapa. **B** Va de la Ciudad de Villahermosa hacia el golfo de México Es la mayor de Tabasco con un área de 21,780 km², va al río Samaria y este se divide en los ríos Carrizal y Mezclapa, después irriga los Pantanos de Centla y finalmente desemboca al Río Usumacinta. El caudal del río Grijalva y del Usumacinta juntos, arroja al mar 6 500 metros cúbicos de agua por segundo, y en el clímax de la temporada lluviosa, se alcanzan hasta los 12,000 m³/s. **P**=Río Pánuco nace en la Altiplanicie Mexicana forma parte del sistema hidrológico conocido como Tula-Moctezuma-Pánuco. En su curso bajo, desde Veracruz hasta Tamaulipas recibe el nombre de Pánuco, desemboca al mar cerca de la ciudad de Tampico. Recibe numerosos afluentes, como el río Tamesí, su caudal es de 500,000 l/s. La cuenca completa incluyendo los ríos Moctezuma y Tula alcanza los 510 km. Cuenca muy contaminada por la actividad petrolera. El Pánuco nace en el cerro de La Bufa, en el estado de México ahí es el río Tepeji o San Jerónimo, está a una altura de unos 3,800 m. Después se llama río Tula, hasta su confluencia con el río San Juan, momento en el que pasa a llamarse Moctezuma. Al confluir con el Tampoán, pasa a ser el conocido Pánuco. **PA**= El Papaloapan, es un río importante que desemboca en el Golfo de México, pasando principalmente por las ciudades de Tuxtepec (Oaxaca), Alvarado, Tlacotalpan y Cosamaloapan (Veracruz), El sistema Papaloapan-Santo Domingo-Grande-Tehuacán recorre 900 km.

Tabla 2. Principales familias con especies endémicas y categorías de riesgo de peces de agua dulce, en México.

Familias	Número de especies	Número de especies endémicas	Número de especies en riesgo	Número de especies extintas
Atherinopsidae	32	25	4	--
Cichlidae	41	23	5	--
Cyprinidae	75	40	31	12
Cyprinodontidae	29	19	22	1
Goodeidae	41	37	19	1
Poeciliidae	71	39	18	--

Sin embargo, se desconoce aún aspectos de su biología (Chumba-Segura y Barrientos-Medina, 2010). En cuanto a especies amenazadas, es relevante el caso de *Cichlasoma minckleyi* de Cuatro Ciénegas, Coahuila que se encuentra en peligro de extinción (Tabla 3).

Cyprinidae. Las especies de esta familia se conocen como carpas y tienen una amplia representación en las aguas dulces de México y un alto número de especies endémicas así como un porcentaje alto de especies extintas y amenazadas, los ciprinidos son habitantes de aguas templadas, su distribución en la cuenca del Lerma Santiago es semejante a la de los charales y por los mismos motivos sus poblaciones se han visto mermadas, amenazada y extintas, por ejemplo *Dionda episcopa* endémica de Cuatro Ciénegas, Coahuila está en peligro de desaparecer. De la misma forma, *Algansea lacustris* del lago de Pátzcuaro está en peligro y *Algansea popoche* de Chapala (Tabla 3). Estos peces compiten fuertemente con los ciprinidos introducidos, como *Cyprinus carpio*, *Ctenopharingodon idellus* y *Cyprinus specularis* que tienen una alta tasa de fecundidad y compiten con las especies endémicas por alimento y sitios de reproducción.

Cyprinodontidae. Esta familia también está bien representada en las aguas dulces de México, con 50% de especies endémicas y casi el 60% de especies amenazadas. Un ejemplo de la pérdida de especies del género *Cyprinodon* se presenta en la laguna de Chichancanab, Quintana Roo, ya que se presenten siete especies endémicas de este género y desafortunadamente todas están amenazadas o en peligro de extinción (Tabla 3). La pérdida de estas especies es lamentable ya que su evolución simpátrica basada en diferentes tipos de alimentación se ha dado en los últimos 8 000 años y *Cyprinodon esconditus* (descrita en el 2000) se encuentra en peligro de extinción. La introducción para crianza en 1988 del ciclido introducido *Oreochromys mossambicus* y para 1996 la entrada del caracido *Astiaax fasiatus* fueron los

detonantes para la merma drástica de las poblaciones endémicas (Strecker 2006).

Goodeidae. Esta familia tiene dos subfamilias, Empetrichthynae y Goodeinae. La primera está representada por dos géneros distribuidos en Estados Unidos de América y la segunda por 41 especies y 19 géneros restringidos a la mesa central de México y algunas vertientes adyacentes del Pacífico y Golfo de México. Se les considera un tesoro natural por sus adaptaciones, sus estrategias de reproducción y su desarrollo embrionario. Presentan fecundación interna, los machos tienen modificada la aleta anal como órgano copulatorio (espermatopodio) con el que transfiere al interior de la hembra un paquete espermático para asegurar la fecundación.

El tamaño y forma de machos y hembras es diferente y para la selección de parejas existe un elaborado cortejo con complejas exhibiciones, movimientos y danzas por los machos. Otra característica es su nutrición embrionaria (matotrófica) en la que los embriones se adhieren por medio de la trofotenia al oviducto de la madre para nutrirse y eliminar desechos. Las crías nacen completamente desarrolladas lo que les confiere una mayor posibilidad de sobrevivir. Sin embargo, la desventaja es que el número de crías es menor que las de los peces ovíparos. Esta familia está en grave riesgo de desaparecer, de hecho es considerada como uno de los grupos de peces con mayor riesgo de extinción en el mundo (Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce de León 2007).

Algunas especies presentan micro endemismos (*Chapalichthys pardalis*, *Zoogoneticus tequila* y *Allotoca zacapuensis*), su distribución es muy restringida y cualquier cambio drástico las extinguiría. En el lago de Patzcuaro, *Allotoca diazi* y *Goodea luitpoldii* están en peligro de extinción y amenazada y de otras tres especies no se tiene información sobre sus categoría de riesgo (Tabla 3).

Tabla 3. Ejemplo de tres cuencas con especies de peces de agua dulce, especies endémicas, especies introducidas y estados de riesgo.

Sitios	Cuatro Ciénegas	Lago de Pátzcuaro	Laguna de Chichancanab
Ubicación geográfica	Parte central del estado Coahuila 84,347 hectáreas. Humedal prioritario global RAMSAR	Cinturón Volcánico Trans mexicano, en la porción centro-norte del Estado de Michoacán, 130 km2 corresponden al lago de Pátzcuaro, Cuenca hidrológica prioritaria (CONABIO). Sitio RAMSAR	Sistema lagunar Chichancanab categoría de Reserva estatal. Municipio José María Morelos, Quintana Roo 2011. Sitio RAMSAR
Especies, estatus de riesgo	<p>1 <i>Cyprinella xantacara</i> (Minckley y Lytle) * PE</p> <p>1 <i>Cyprinodon atrorus</i> Miller, 1968 *A</p> <p>1 <i>C. bifasciatus</i> Miller, 1968 A</p> <p>2 <i>Xiphophorus gordonii</i> Miller y Minckley * PE</p> <p>3 <i>Etherostoma lugoi</i> Rafinesque, 1819 *A</p> <p>4 <i>Cichlasoma minckleyi</i> Kornfield y Taylor *PE</p> <p>2 <i>Gambusia longispinis</i> Minckley *A</p> <p><i>Lucania interioris</i> PE</p> <p>7 <i>Dionda episcopa</i> (Girard, 1859) + PE</p> <p>8 <i>Lepomis megalotis</i> (Rafinesque) + PE</p>	<p>5 <i>Allotoca diazi</i> (Meek) + PE</p> <p>5 <i>Allophorus robustus</i> Turner? 1937b *</p> <p>5 <i>Skiffia lermiae</i> Meek 1902? +</p> <p>5 <i>Allotoca dugesii</i> (Bean, 1887)?</p> <p>5 <i>Goodea atripinis</i> Jordan 1880</p> <p>5 <i>Goodea luitpoldii</i> (Steindachner 1894) * A</p> <p>6 <i>Chirostoma estor estor</i> Jordan 1880 * PE</p> <p>6 <i>Ch. grandocule</i> (Steindachner 1894) + A</p> <p>6 <i>Ch. patzcuaro</i> Meek 1902 +</p> <p>6 <i>Ch. bartoni</i> Jordan y Evermann 1896 +</p> <p>7 <i>Algansea lacustris</i> Steindachner * PE</p>	<p>1 <i>Cyprinodon beltrani</i> Alvarez 1949 * A</p> <p>1 <i>Cyprinodon esconditus</i> Strecker * PE</p> <p>1 <i>Cyprinodon labiosus</i> Humphries & Miller, 1981* A</p> <p>1 <i>Cyprinodon maya</i> Humphries & Miller, 1981* A</p> <p>1 <i>Cyprinodon simus</i> Humphries & Miller, 1981* A</p> <p>1 <i>Cyprinodon verecundus</i> Humphries, 1984 * PE</p> <p>1 <i>Cyprinodon suavium</i> PE Strecker (Humphries & Miller 1981)</p> <p>2 <i>Gambusia sexradiata</i></p>
Especies introducidas	<p>7 <i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus 1758</p> <p>4 <i>Cichlasoma bimaculatum</i> Linnaeus 1758</p>	<p>7 <i>Ctenopharingodon idellus</i> Cuvier y Valenciennes 1844</p> <p>7 <i>Cyprinus specularis</i> Lacépède 1802</p> <p>4 <i>Tilapia melanopleura</i> Dumeriel 1861</p> <p>8 <i>Micropterus salmoides</i> Lacépède 1802</p>	<p>9 <i>Atianax faciatus</i> Baird y Girard 1854</p> <p>4 <i>Oreochromis mossambicus</i> Peters 1852</p>
Amenazas ambientales	<ul style="list-style-type: none"> -Extracción del agua de las pozas uso agrícola. -Eliminación de la vegetación riparia de los bordes por ganado. -Interconexión artificial de pozas aisladas. -Introducido especies exóticas. -Disminución de agua del valle por uso agrícola. -Substancias contaminantes. 	<ul style="list-style-type: none"> -Acumulación de sedimentos por asentamientos humanos. -Sobreexplotación forestal e incremento en la superficie agropecuaria -Acumulación de residuos y desechos sólidos poca reducción y reciclaje de basura -Sobreexplotación de las especies pesqueras. -Disminución en las poblaciones naturales. -Reducción de la luz de malla en las artes de pesca. -Incremento en la población dedicada a la pesca -Aguas residuales industriales y domésticas que drenan al lago. -Eutroficación -Introducción de especies exóticas 	<ul style="list-style-type: none"> -Ecoturismo -Huso de lanchas con motor -Contaminación del agua subterránea -Introducción de especies exóticas (cultivo de tilapia) -Fluctuaciones de salinidad por el flujo de agua dulce -Aumento de los niveles de agua, por efecto de lluvias y ciclones

*= endémica, += nativa, PE= en peligro de extinción, A= amenazada, 1=Cyprinodontidae, 2=Poeciliidae, 3= Percidae, 4=Cichlidae, 5=Goodeidae, 6=Atherinopsidae, 7=Cyprinidae, 8= Centrarchidae, 9= Characidae.

El sistema hidrológico Lerma-Chapala-Santiago, enclavado en el Cinturón Volcánico Transversal, sufre de grandes extracciones y recibe innumerables contaminantes por ser ríos que sustentan parte de la economía de la zona, sin embargo, alberga 16 especies de Goodeidos y contiene el 66% de endemismos, otros problemas graves son la deforestación y la introducción de especies exóticas.

Poeciliidae. Esta familia tiene tres subfamilias, Poeciliinae es la que presenta mayor número de géneros. Está bien representada en las aguas dulces de México y presenta un alto porcentaje de especies endémicas, son peces nativos del nuevo mundo con distribución principalmente tropical, muchos de estos de ornato como *Xiphophorus aleri* (pez cola de espada), *Poecilia reticulata* (gupis) y *P. Sphenops* (molys). En Yucatán, se presentan cuatro géneros destacando *Poecilia* (*P. poecilia* *P. mexicana* *P. orri* y *P. belifera*). *Gambusia yucatanica* tiene en la Península de Yucatán subespecies y otras fuera de ésta (Chumba-Segura y Barrientos-Medina 2010). Esta familia también presenta fecundación interna, es ovovivípara, los huevos se fertilizan, se desarrollan y de estos eclosionan los alevines en el interior de la madre, la cual los pare vivos. Como en los godéidos, existe dimorfismo sexual, los machos presentan el gonopodio que es una modificación de la aleta anal, con composición osteológica que es singular para cada especie, este órgano fecunda a las hembras transfiriéndoles bolsitas de semen al interior para fecundar los ovocitos. Los machos realizan cortejos, realizan exhibiciones ante las hembras además de persecuciones para lograr la cópula. Cada especie tiene tácticas especiales, los machos copulan varias veces con las hembras y estas pueden tener huevos fecundados de diferentes machos. El embarazo dura de 1 a 3 meses, es notoria la distensión del vientre y un color diferente en el poro genital. Pueden parir de 5 a 100 alevines dependiendo del tamaño de las hembras, los alevines nacen completamente formados y listos para defenderse de sus depredadores que pueden ser sus

mismos padres. Sin embargo, las especies nativas de México se encuentran amenazadas por las mismas causas que se han mencionado antes, un ejemplo es *Xiphophorus gordonii* de cuatro Ciénegas Coahuila (Tabla 3).

Análisis de cuerpos de agua dulce

A continuación se presenta un análisis de tres cuerpos de agua, Cuatro Ciénegas localizado al norte del país, el Lago de Pátzcuaro situado en el centro y Chichancanab en el sureste. Estos cuerpos de agua son considerados humedales prioritarios (RAMSAR) por las especies que contienen y las fuertes amenazas a las que están sometidas. Lo preocupante es que puede haber una pérdida grande en la diversidad de especies endémicas de agua dulce en México. En la Tabla 3 se presenta un análisis general de estos ecosistemas.

Reflexiones

Los peces se encuentran en las redes de agua que reciben perturbaciones humanas, y éstos no pueden modificar su hábitat ni sus formas de alimentación y reproducción. Es relevante el caso de los peces vivíparos de la familia Goodeidae nativa de la mesa central de México ya que el 50% de sus especies está en alguna categoría de riesgo. La reproducción de estos organismos asegura la sobrevivencia, pero el número de crías es bajo y las poblaciones disminuyen aceleradamente. Se llega al punto de formular una serie de preguntas para ponderar la conservación de las especies de peces dulceacuícolas en México: ¿Será posible conservar la integridad biológica de estos peces cuando el desarrollo del país requiere cambios en el uso del suelo que conllevan a la desviación y desecación de cuerpos de agua continental? ¿Será que la industria que usa agua dulce para varios procesos evite contaminar cuerpos de agua dulce con desechos químicos, detergentes y lubricantes? ¿Será que se están tratando las aguas contaminadas? ¿El sector agropecuario dejará de verter al suelo y al

manto freático insecticidas, herbicidas y estiércol? ¿Se estará controlando la introducción de especies exóticas de peces? ¿Será que las especies introducidas en cuencas hidrológicas estén desplazando a las especies endémicas o nativas por competencia?

Las nuevas generaciones de científicos deberán analizar y predecir los costos del crecimiento urbano para evitar el colapso de especies endémicas en México, ya que es importante conservar estos tesoros biológicos a través de propuestas coherentes que puedan mitigar o eliminar las amenazas y prepararse para manejar las especies de manera sustentable y tecnificada para poder conservar o en su caso repoblar los cuerpos de agua con las especies que en éstos habitaron.

Referencias

- Contreras-Balderas, Almada S, Villela P, Lozano-Vilano ML y García-Ramírez ME. 2003 Freshwater fish at risk or extinct in México. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 12 241-251
- Challenger A, Dirzo R, López JC, Mendoza E, Lira-Noriega A y Cruz I. 2009. Factores de cambio en el estado de la biodiversidad. *Capital Natural de México*. Vol.2 37-73.
- Chumba-Segura L y Barrientos-Mediana R. 2010. Peces dulceacuícolas. pp. 253-254. En: *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán*. Durán R y Méndez M (Eds) CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. 496 pp.
- De la Vega Salazar, MY. 2003. Situación de los peces dulceacuícolas de México. *Ciencias* 72. 20-30
- Domínguez-Domínguez O y Pérez-Ponce de León G. 2007. Los Goodeidos peces endémicos del centro de México. *Biodiversitas* 75.12-15
- Espinosa H, Gaspar T y Fuentes P .1993. Listados faunísticos de México. Los peces dulceacuícolas Mexicanos. Departamento de Zoología Instituto de Biología UNAM.
- Gómez-Balandra MA, Díaz Pardo E y Gutiérrez-Hernández A. 2012. Composición de la comunidad íctica de la Cuenca del Río Santiago, México, durante su desarrollo hidráulico. *Hidrobiología*. 22 (1): 62-78
- Miller RR. 2009. Peces dulceacuícolas de México. Ed. CONABIO, SIM.A.C., El Colegio de la Frontera Sur, México y Consejo de los Peces del Desierto, México-Estados Unidos.
- Rojas-Castillo, PM. 2005. Pescado blanco. *Revista Digital Universitaria*. 6 (8) 2-18.
- Strecker U. 2006. The impact of invasive fish on an endemic Cyprinodon species flock (Teleostei) from Laguna Chichancanab, Yucatan, Mexico. *Ecology of Freshwater Fish* 15: 408-418

Álvarez-Fleites Mario Javier

Departamento de Salud Animal y Medicina Preventiva, clínica de grandes especies, cerdos. Campus de Ciencias Biológicas Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. afleites@uady.mx

Resumen

El objetivo de este trabajo fue revisar la literatura científica disponible para entender el papel que juega el cerdo en la emergencia de nuevas cepas de virus de influenza tipo A con posibilidades pandémicas, favorecido por el sistema de producción intensivo usado ampliamente en la actualidad. Se describen las características estructurales y genómicas más importantes del virus de influenza, las principales pandemias que han ocasionado y el temor internacional del seguimiento de cepas pandémicas a partir de cepas virales de origen aviar al estar en contacto con cerdos y humanos. Además, se describen los reservorios naturales de virus de influenza así como los diferentes tipos de mutaciones que ocurren en este género viral. Por último, se describe cómo el cerdo participa en el rearrreglo genómico para la emergencia de virus pandémicos.

Introducción

Los virus de influenza pertenecen a la familia Orthomyxoviridae y se distribuyen en tres géneros, *Influenzavirus A*, *Influenzavirus B*, e *Influenzavirus C*, que corresponden a los virus A, B y C. Entre las características importantes de estos virus es que su genoma se encuentra dividido y forma ocho segmentos de ARN de cadena sencilla con polaridad negativa (García-García y Ramos 2006, Abeledo y Alfonso 2010).

Los virus tipos B y C infectan exclusivamente a humanos, mientras que el tipo A infecta una gran cantidad de aves y mamíferos. Los virus tipo A se clasifican en subtipos con base en dos proteínas de superficie, la Hemaglutinina (HA) de la que se conocen 16 variedades y la Neura-

minidasa (NA) de la que existen nueve variedades (Fig. 1) (Fouchier *et al.* 2005, Cuevas *et al.* 2010).

La Hemaglutinina es una proteína integral de superficie que desempeña dos funciones importantes, adherencia a la célula susceptible y fusión de membranas. De igual forma, es el antigénico principal al que se dirigen los anticuerpos neutralizantes (García-García y Ramos 2006, López y Arias 2010). La Neuraminidasa es un tetrámero glicoproteínico que se encuentra en la envoltura del virus y cataliza el rompimiento del ácido siálico para liberar los viriones de la célula infectada. También, permite el transporte del virus a través de la capa de mucina del tracto respiratorio (García-García y Ramos 2006, López y Arias 2010)

Los virus de Influenza tipo A son los únicos que han ocasionado pandemias que fueron notorias en el siglo pasado y en 2009 surgió un nuevo virus (A/H1N1), inicialmente denominado virus de la influenza porcina (Acuña, 2004; Abeledo y Alfonso, 2010).

Ecología del virus de influenza tipo A

Las aves silvestres acuáticas migratorias, tanto de lagos como costeras, son los reservorios naturales de toda la gama genética de virus de influenza. En todas estas aves silvestres, los virus han alcanzado un estado evolutivo estable y no ocasionan signos clínicos en éstas. Las aves domésticas se consideran especies aberrantes, lo que ocasiona mutaciones en los virus como un mecanismo de adaptación para una óptima replicación y transmisión (Suarez 2000). Los patos, gansos domésticos y los pavos son los primeros en infectarse. Los virus se difunden con cierta facilidad hasta alcanzar

gallináceas que se crían en traspatio y de allí llegan a las granjas comerciales de pollos de engorda y gallinas de postura donde la difusión es muy rápida por el sistema de producción que moviliza al virus entre granjas (Brown 2000). A su vez, estos virus llegan a varias especies de mamíferos en forma directa o por las aves domésticas y se han reportado infecciones en cerdos, caballos, visones, tigres, leopardos y en fechas recientes perros (Crawford *et al.* 2005, Schmidt 2009).

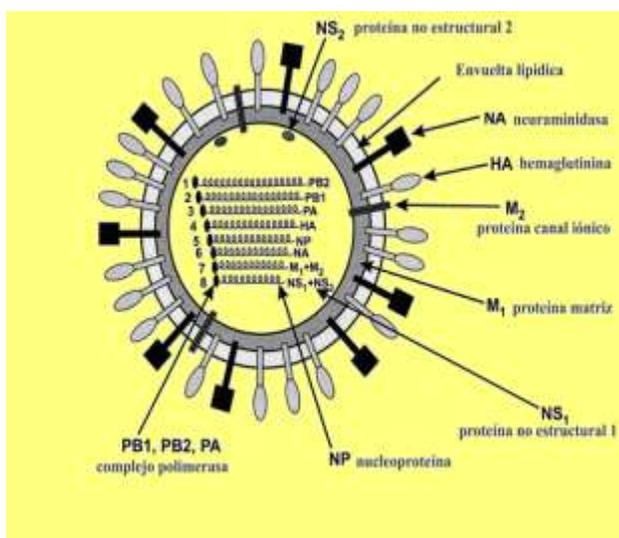


Figura 1. Estructura del virus de influenza que muestra la Hemaglutinina (HA) Neuraminidasa (NA) y los ocho segmentos del ARN que codifican para 11 proteínas (Tomada de Cuevas *et al.* 2010).

Los virus de influenza experimentan un proceso de evolución continua mediado por mutaciones que les permiten adaptarse al hospedero y a las condiciones del ambiente, lo cual se conoce como presión selectiva (García-García y Ramos 2006, López y Arias 2010). La variación antigénica son mutaciones en los determinantes antigénicos de las glicoproteínas de la envoltura viral que se conocen como “*drift*” o variación genética menor. Esto ocurre por la acumulación de mutaciones puntuales de nucleótidos en particular en el segmento que codifica para la

HA y que resulta en la sustitución de los aminoácidos en los determinantes antigénicos, por lo cual los anticuerpos generados por infecciones previas o por inmunización no puedan unírseles (López y Arias, 2010).

La variación genética es otro tipo de mutación que ocurre cuando una célula es infectada por dos virus diferentes de influenza cuyos segmentos genómicos se reorganizan durante el ensamblaje de una partícula viral. Algunos de estos reorganizos le pueden conferir al virus ventajas para infectar otras especies y en general pueden sustituir a los virus que los originaron, a este proceso se le denomina variación genética “*shift*” o variación genética mayor (López y Arias 2010).

La replicación del virus de influenza se inicia por la unión de la HA de la envoltura viral al receptor de la célula susceptible. El receptor de la célula es el ácido siálico que puede presentar estructuras químicas diferentes dependiendo de la especie animal, por eso los virus de influenza dependiendo de la HA que contengan afectan a diferentes especies animales. Los receptores requeridos por los virus de influenza que afectan a los caballos, aves y humanos también los poseen las células de los cerdos (García-García y Ramos 2006)

Las mutaciones que ocurren en la región de la unión de la HA parecen determinar la capacidad para que los virus que infectan a las aves puedan afectar a mamíferos. La presencia de receptores ácido siálico con anclajes α 2,3 para los virus aviarios y de α 2,6 para los virus de origen humano, en las células de los cerdos, sugiere que virus de distintas especies pueden infectar al mismo tiempo la célula mezclando y amplificando los virus con potencial zoonótico (Abeledo y Alfonso 2010).

Pandemia de 1918

El caso índice de la pandemia humana con el virus del subtipo H1N1 se identificó en mayo en el fuerte Funston, Kansas, Estados Unidos

de América (EUA), donde se notificaron enfermos con una mortalidad moderada. Posteriormente, se reportaron casos en otros centros de reclutamiento, durante junio y julio soldados norteamericanos fueron enviados a Francia, apareciendo brotes en Europa, África, Medio Oriente, Asia y regresó a América por medio de buques que provenían de España y que llegaron a EUA, Argentina, Brasil y México. Su alta virulencia y la falta de inmunidad, así como el contacto cercano entre pacientes y la falta de control de enfermedades secundarias contribuyeron al incremento de la pandemia. El virus responsable tuvo origen aviar y probablemente estuvo evolucionando por un período de 5 a 10 años hasta que adquirió la capacidad de transmitirse de manera eficiente entre humanos (García-García y Ramos 2006). Los casos de influenza de los cerdos identificados de forma simultánea durante la pandemia y con el mismo subtipo de virus H1N1, sugieren la posibilidad de que los cerdos desempeñaron un papel importante en la adaptación del virus para infectar humanos (Schmidt 2009). El origen del virus que ocasionó la pandemia se ubicó en Asia y se sugiere que llegó a América por medio de aves migratorias a través del círculo polar ártico (Acuña 2004, García-García y Ramos 2006)

Influenza asiática de 1957

Antes de 1957, el único virus de influenza que circulaba entre humanos fue el H1N1. La pandemia de 1957 inició cuando un virus de origen aviar del subtipo H2N2 aportó mediante un proceso de rearreglo tres genes al virus H1N1 circulante. Los genes donantes fueron de la HA, NA y de la ARN polimerasa (PB1). El virus resultante se difundió con rapidez ocasionando elevada morbilidad y mortalidad dentro de la población. Debido a que se originó en Singapur, se le denominó influenza asiática. A partir de 1957, el virus H2N2 reemplazó al virus H1N1 en todo el mundo. En este proceso, la documentación científica no involucra al cerdo en la generación de esta cepa pandémica.

Pandemia de 1968

Un nuevo rearreglo ocurrió entre el Virus H2N2 circulante en humanos con un virus aviar H3, sin que se identificara el subtipo de NA. Este virus de las aves aportó dos genes al virus circulante, HA y el ARN polimerasa (PB1). El nuevo subtipo de virus H3N2 en humanos marcó la desaparición del subtipo H2N2 de 1957. Como se puede observar en este acontecimiento tampoco se involucra a la especie porcina, de igual manera que en la pandemia de 1957, las aves son las directamente relacionadas.

Pandemia de 1977

Se le conoce como la “Influenza Rusa” en la que reaparece el subtipo H1N1. El origen del virus no está claro, pero los estudios de secuenciación de su genoma indicaron su similitud con el H1N1 de 1957 y que pudo ser liberado por algún laboratorio de manera accidental.

Influenza en Asia de 1997 a 2003

Se han presentado casos en humanos que tuvieron contacto con aves domésticas en las cuales se han detectado la presencia de subtipos del virus de influenza H5N1 de origen aviar en Hong Kong en 1997, 1999 y en 2003 (Suarez *et al.* 1998)

Virus pandémico A H1N1 de 2009

Los estudios filogenéticos realizados al virus H1N1 de 2009 indican que este virus es de origen porcino ya que sus genes han estado presentes en linajes de virus que han circulado en poblaciones de cerdos por al menos los últimos diez años (López y Arias 2010). El precursor del actual virus pandémico es un virus que circula en la población porcina de Norteamérica y Eurasia que adquirió los genes de la NA y de la proteína M de un virus de cerdo Euroasiático. Es el resultado de un rearreglo entre el virus porcino americano rearreglado de 1997-1998 y el de Euroasia de 1976.

La combinación de segmentos genéticos del nuevo virus no había sido reportada antes. Los segmentos de la Neuraminidasa (NA) y de la proteína de Matriz (M) proceden de linaje porcino Euroasiático, los segmentos de la Hemaglutinina (HA) de la proteína del núcleo (NP) y proteínas no estructurales (NS) de porcino americano, los segmentos PB1, PB2 y PA o complejo de la ARN polimerasa del virus porcino con rearreglo triple. El nuevo virus contiene 5 segmentos de origen porcino, 2 aviáres y 1 humano, como puede observarse en la Figura 2 (Vaqué *et al.* 2009, López y Arias 2010).

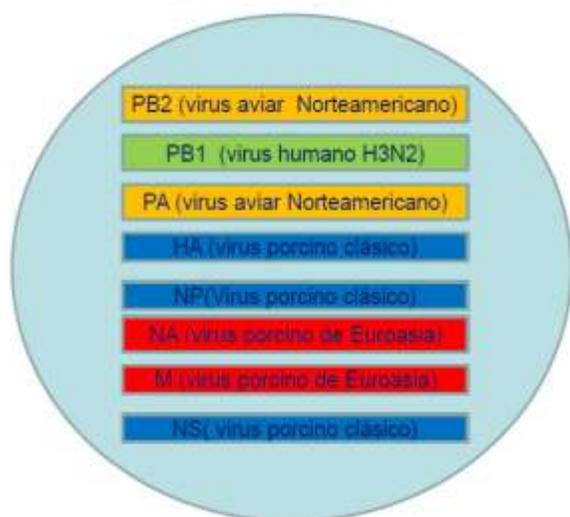


Figura 2. Estructura del genoma del virus de Influenza tipo A (H1N1) 2009 pandémico (Modificado de Vaqué *et al.* 2009, López y Arias 2010).

El cerdo y el virus de Influenza

Los virus de influenza A (H1N1) circularon en cerdos de EUA desde 1930, pero no se aislaron en cerdos Europeos antes del año de 1976 cuando un cargamento de cerdos provenientes de EUA llegó a Italia e introdujo el virus a Europa. Pocos años después, un nuevo subtipo A (H1N1) de origen aviar fue introducido en cerdos Europeos desde patos salvajes (Zimmer y Burke 2009).

Evidencias serológicas de infección por virus porcino en humanos fue documentada en 1958. La infección humana por virus de influenza porcina es usualmente desapercibida ya que es clínicamente similar a la humana (Zimmer y Burke 2009). En Asia, es muy frecuente la convivencia entre cerdos, patos y humanos. El traspaso de virus de influenza entre las especies facilita el cambio antigénico propio de este virus. Se piensa que en la naturaleza la infección de cerdos con cepas provenientes de aves y humanos convierte al cerdo en un escenario propicio para la producción de cambios y generación de virus con diferentes características antigénicas (Acuña 2004, López y Arias 2010). Esto ha hecho necesario estar revisando los cambios antigénicos de los virus de influenza aislados, especialmente los de la Hemaglutinina (HA) ya que su división es importante para la infectividad del virus. Cambios en la HA y la NA se han observado en las pandemias reportadas en la historia de esta (Acuña 2004).

Las grandes granjas engordadoras de cerdos, donde se tienen confinados a miles de animales (sitios 2 y 3 de producción), son granjas que engordan 950,000 cerdos al año. Esto permite tener una población que facilita la mutación de virus de influenza patógenos a nuevas cepas que pueden ser transmitidas a los trabajadores y médicos veterinarios que laboran ahí (Gray *et al.* 2007, Schmidt 2009).

No se sabe con certeza si los humanos infectaron a los cerdos o los cerdos infectaron a los humanos. Lo que está claro es que el cerdo es un reservorio para el virus. Se sabe que el virus de influenza porcina afecta y persiste en granjas con una población grande (Gray *et al.* 2007, Abeledo y Alfonso 2010). El cerdo está considerado como el principal hospedero intermedio de la diseminación interespecífica del virus de influenza. Por esto, ha sido denominado el vaso mezclador. Posee receptores tanto para los virus aviáres como para los de mamíferos, por lo que puede coinfectarse con virus de influenza aviáres, de otros mamíferos y

de porcinos. Esta característica puede facilitar la aparición de nuevos subtipos (Abeledo y Alfonso 2010, López y Arias 2010).

En ocasiones los virus de influenza de origen porcino pueden transmitirse al humano y producir enfermedades. El principal factor de riesgo es la proximidad con los cerdos por cuestiones laborales. El riesgo también es por los humanos enfermos en contacto con los cerdos. En 1974 se produjo el primer aislamiento de virus de influenza de origen porcino en un humano de un paciente con enfermedad de Hodgkin que vivía en una granja con cerdos (Zimmer y Buke, 2009). Se aisló de pulmón y el órgano se tomó al momento de realizar la autopsia. Durante 1974 y 1975 se registró constancia en EUA de 5 casos esporádicos de influenza humana de origen porcino. Los subtipos de virus transmitidos al hombre son los que hospeda el cerdo, el H1N1, H1N2 y H3N2. (Zimmer y Burke 2009).

Solamente se ha descrito una epidemia donde estuvo involucrada una cepa de influenza de origen porcino que ocurrió en el campamento militar de Fort Dix en New Jersey, EUA en enero y febrero de 1976. No hubo evidencia de exposición a cerdos en los pacientes y la diseminación no se dio fuera del campamento (García-García y Ramos 2006).

En EUA el virus porcino H1N1 derivado de la pandemia de 1918, o virus de la gripe porcina clásica, circuló de forma endémica estable entre 1930 hasta 1990. En 1997-1998 se reportó un rearreglo con un virus humano H3N2 contemporáneo y un subtipo de virus aviar desconocido dando como resultado un virus con un rearreglo triple: porcina, humana y aviar que desde entonces circula en las poblaciones de cerdos de Norteamérica junto a la cepa clásica o endémica (Brown 2000).

El virus porcino clásico ha permanecido estable por muchos años, mientras que el virus estacional humano H1N1 ha experimentado una sustancial deriva antigénica. La razón a la diferen-

cia entre ambos se considera porque el cerdo se ha convertido en un reservorio del virus H1 y de cepas humanas antigénicamente viejas que podrían causar brotes e incluso pandemias (Giggs *et al.* 2009, Abeledo y Alfonso 2010).

Conclusiones

Las aves son las principales portadoras de genes nuevos para el rearreglo de virus de influenza y las responsables de las pandemias reportadas. Sin embargo, en el virus pandémico tipo A (H1N1) de 2009 se tuvo una participación importante de las cepas que infectan a cerdos. Por esta razón, las granjas porcinas de engorda con gran cantidad de cerdos por año, en espacios reducidos, crea la posibilidad de que el cerdo contribuya significativamente en el rearreglo del virus de influenza A pandémico. A la fecha, no existe evidencia de que ésta y las pandemias de 1957 y 1968 hayan sido originadas por el cerdo. Tampoco existe evidencia, y esto es muy importante, de que el virus de influenza se transmita a través del consumo de carne de cerdo.

Referencias

- Abeledo MA y Alfonso P. 2010. Influenza A H1N1/pandémica en cerdos y otras especies animales. *Revista Salud Animal* 32: 69-67
- Acuña G. 2004. La influenza: historia y amenazas. *Revista Chilena de infectología*. 21:162-164
- Brown IH. 2000. The epidemiology and evolution of influenza viruses in pigs. *Vet Microbiol*. 74: 29-46
- Crawford PC, Duboni EJ, Castlemen WL, Stepherson I, Gibbs EP, Chen L. *et. al.* 2005. Transmission of equine influenza virus to dogs. *Science* 310: 482-485.
- Cuevas GNMT, Ledesma MJ, Pozo SF, Casas FI, Pérez-Breña P. 2010 Gripe pandémica H1N1 (2009) Experiencia de la red de laboratorios de gripe del sistema de vigilancia de la gripe en España (SVGE). *Revista Española de*

- Salud Pública. 84(5): 481-495. Fecha de consulta 14/02/2013. En: [Http://www.scielosp.org/scielo.php](http://www.scielosp.org/scielo.php).
- Dennis JA. 2000. A review of avian influenza in different bird species. *Veterinary Microbiology*. 74: 3-13
- Dowdle WR, Hattwick MA. 1977. Swine Influenza Virus infections in humans. *Journal of Infectology Disease*. 136 (suppl) S386-389.
- Fouchier RA, Munster V, Wallensten A, Bestebroer T M, Herfst S, Smith D, Rimmelzwaan G F, Olsen B. y Osterhaus ME. 2005. Characterization of a Novel Influenza virus Hemagglutinin subtype (H16) Obtained from Black-Headed-Gulls. *Journal of Virology*. 79:2814-2822.
- García-García R y Ramos C. 2006. La influenza, un problema vigente de salud pública. *Salud Pública de México* 48: 244-267
- Giggs AJ, Armstrong JS y Downie JC. 2009. From where did the 2009 swine-origen influenza A virus (H1N1) emerge? *Journal of Virology*. 6: 2007
- Gray GC, Trampel DW y Roth JA. 2007. Pandemic Influenza Planning: Shouldn't swine and poultry worker be included? *Vaccine*. 25: 4376-4381
- López S y Arias C. 2010. Influenza A: Biología, Vacunas, y Origen del virus pandémico A /H1N1. *Revista digital Universitaria*. 11(4). Fecha de consulta 04/02/2013. En: <http://www.revista.unam.mx/vol.11/mu04/art36/int36.htm>
- Schmidt WC. 2009. Swine CAFOs & novel H1N1 flu: separating facts from fears. *Environment Health Perspective*. 117: A394-A401
- Suarez DL, Perdue ML, Cox N, Rowe T, Bender C, Huang J y Swayne DE 1998. Comparisons of highly virulent H5N1 influenza A virus isolated from humans and chickens from Hong Kong. *Journal of Virology*. 72: 6678-6688
- Suarez DL. 2000. Evolution of avian influenza viruses. *Veterinary Microbiology*. 74: 15-27.
- Vaqué RJ, Gil JC y Brotons AM. 2009. Principales características de la pandemia por el nuevo virus de influenza A H1N1. *Medicina Clínica*. 133: 513-521.
- Zimmer S y Burke DN. 2009. Historical Perspective-Emergence of Influenza A (H1N1) viruses. *The New England Journal of Medicine*. 361: 279-285

Javier Ventura-Cordero¹, Andrés Pech-Cervantes¹, *Carlos A. Sandoval-Castro², J. Felipe J. Torres-Acosta³, Pedro G. González Pech², Luís A. Sarmiento Franco²

¹Maestría en Ciencias Agropecuarias, ²Cuerpo Académico de Producción de Especies Menores,

³Cuerpo Académico de Salud Animal. Departamentos de Nutrición Animal y Salud Animal, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán.

*csandovalcastro@gmail.com

Resumen

En la Península de Yucatán el ramoneo de la vegetación arbustiva ha sido una de las principales fuentes alimenticias para la producción de ovinos y caprinos. La vegetación es rica en compuestos secundarios del metabolismo vegetal como son los taninos. Hasta ahora, no han sido estudiados los mecanismos de adaptación de pequeños rumiantes para consumir y producir al alimentarse de esta vegetación. Esta revisión aborda el papel de la proteína salival como un mecanismo de los herbívoros para reducir el impacto negativo de los taninos vegetales en su dieta. Se concluye que la presencia de proteína vinculante a taninos en la saliva de los pequeños rumiantes constituye un mecanismo de adaptación a los taninos en su dieta. Además, hay evidencia de la presencia de éstas proteínas en la saliva de ovinos y caprinos de la Península de Yucatán.

Introducción

La vegetación nativa en Yucatán, México, está compuesta por una alta proporción de leguminosas arbóreas forrajeras que proveen nutrientes para los rumiantes (Fig. 1). Esta vegetación tienen alta digestibilidad, proveen nutrientes a los microorganismos ruminales y pueden incrementar el consumo voluntario (Torres-Acosta *et al.* 2008). Los forrajes nativos son conocidos por su alto contenido de metabolitos secundarios, como los taninos condensados (CT) (Monforte-Briceño *et al.* 2005). Estas sustancias bioactivas no sola-

mente poseen efectos antinutricionales sino también efectos benéficos asociados con propiedades antihelmínticas y efectos antioxidantes (Hoste *et al.* 2006).

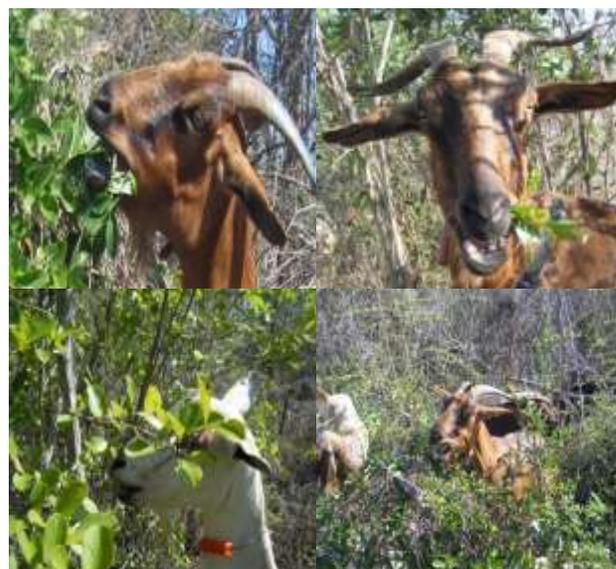


Figura 1. Vegetación forrajera nativa en Yucatán, México, con alta proporción de leguminosas arbóreas que proveen nutrientes para los pequeños rumiantes.

Existe la hipótesis de que algunos rumiantes, como las cabras, son capaces de discriminar entre alimentos en función de su digestibilidad. Posiblemente las cabras hayan desarrollado la habilidad para detectar y seleccionar materiales

más digestibles a fin de optimizar la tasa de consumo, y por consecuencia reducir la exposición a depredadores (Duncan y Gordon 1999).

Los pequeños rumiantes han desarrollado mecanismos conductuales y fisiológicos que les permite consumir el follaje de plantas ricas en taninos. Esto maximiza la ingestión de nutrientes y minimiza los efectos negativos (Estell 2010). En algunos herbívoros, esto ocurre a través de las proteínas salivales que interactúan con dichos compuestos. Las proteínas salivales vinculantes de taninos (PSVT) son consideradas como el primer mecanismo que puede inactivar los compuestos secundarios (taninos) (McArthur *et al.* 1991). Se han identificado dos familias de PSVT, proteínas ricas en prolina (PRP) y las histatinas. Ambas proteínas se han encontrado en varios animales como ratas (Mehansho *et al.* 1983), rinocerontes (Clauss *et al.* 2005), venados (Austin *et al.* 1989), ratones (Shimada *et al.* 2006) y también en humanos (Yan y Bennick 1995).

Existen escasos estudios que exploran el papel de la saliva de cabras y ovinos que consumen follaje con taninos. Hasta el momento, el papel de las PSVT es un punto controversial. Aunque se tiene evidencia de su presencia en animales ramoneadores (Alonso-Díaz *et al.* 2012), aún se desconoce si ésta respuesta es constitutiva o es inducida por el consumo de materiales ricos en taninos.

Taninos y proteínas salivales

La defensa química de las plantas, mediada por metabolitos secundarios (PSM), es uno de los mecanismos de resistencia más estudiados en los herbívoros. En las últimas dos décadas, se han logrado progresos en la descripción de los efectos de los PSM sobre los herbívoros. Sin embargo, aún se tiene información muy limitada acerca de las contramedidas empleadas por los herbívoros para superar los efectos de los PSM, la elucidación de esas contramedidas podrían contribuir a un mejor entendimiento de la evolución de los rumiantes y su interacción

con las plantas (Shimada 2006). Los taninos son uno de los metabolitos secundarios de las plantas (PSM) más estudiados, son un grupo diverso de fenoles solubles en agua con alta afinidad hacia las proteínas. Están ampliamente distribuidos en varias partes de las plantas y pueden tener efectos detrimentales en los herbívoros después de su ingestión.

Varias especies de mamíferos producen proteínas salivales que tienen alta afinidad por los taninos (Shimada *et al.* 2006). Sin embargo, existen varias proteínas salivales que tienen como papel principal la defensa contra los taninos evitando que interaccionen con otras proteínas. Las proteínas ricas en prolina (PRPs) y las histatinas son reconocidas como PSVT. Sin embargo, existe evidencia de la presencia de otros diferentes tipos de proteínas salivales que están caracterizadas por su alta afinidad hacia los taninos, pero difieren grandemente en términos de peso molecular, composición de aminoácidos, estructura y distribución taxonómica en mamíferos (Shimada 2006) (Tabla 1).

Proteínas ricas en prolina (PRPs)

Las PRP fueron detectadas por primera vez en la saliva humana. Posteriormente, han sido encontradas en la saliva o glándulas salivales de varios animales de laboratorio y silvestres (Shimada 2006). El peso molecular de las PRP está estimado en un rango bajo de 5000 hasta más de 25,000 kD. Como su nombre sugiere, las PRP tiene un alto contenido del aminoácido prolina (Bennick 2002). Estas son ricas en glicina, glutamina y ácido glutámico, esos cuatro aminoácidos encontrados, especialmente la prolina, son denominados rompedores de hélices alfa, los cuales evitan que las proteínas formen estructuras secundarias (Murray y Williamson 1994, Shimada 2006).

La afinidad de las PRP hacia los taninos difiere entre especies de mamíferos, se ha estimado que tienen una afinidad entre 5-80 veces más alta a los taninos que hacia la proteína del suero de albumina bovina (BSA) y una afinidad 1 000

veces más alta que hacia la lisozima. Las PRP pueden formar complejos estables con los taninos en la cavidad oral, previenen la interacción de los taninos con otras proteínas, como las enzimas o aquellas proteínas en las membranas mucosas y epiteliales así como la degradación de los taninos en compuestos tóxicos (Hagerman y Robbins 1993). Muchos de los complejos tanino-PRP son estables en el tracto gastrointestinal, y gran parte de los complejos formados son excretados en las heces (Skopec *et al.* 2004).

La gran afinidad de PRP hacia los taninos puede representar ahorros cualitativos y cuantitativos de nitrógeno en los animales. La cantidad de proteína necesaria para bloquear todos los taninos de la dieta es reducida. Adicionalmente, esto significa que los aminoácidos no esenciales de las PRP son excretados en lugar de los aminoácidos esenciales de la dieta (McArthur *et al.* 1995). Interesantemente, algunas especies producen proteínas salivales ricas en prolina, sin embargo no muestran alta afinidad hacia los taninos (Mole *et al.* 1990). Otra característica notable de las PRP es que su síntesis es indu-

cida por la presencia de B-agonistas y taninos (Shimada 2006).

Histatinas

Las histatinas son un grupo relativamente pequeño de proteínas con alta afinidad hacia los taninos, su peso molecular es relativamente menor a 5000 (Yan y Bennick 1995). Las histatinas han sido encontradas únicamente en saliva humana y de algunos primates (Bennick 2002) y están caracterizadas por su alto contenido de histidina que representa cerca del 25 % del total de aminoácidos presentes (Yan y Bennick 1995). Inesperadamente, las histatinas en la saliva humana únicamente representan el 2.6 % del total de proteínas salivales (Sugiyama y Ogata 1993) y pueden unirse tanto a los taninos hidrolizados como a los taninos condensados (Yan and Bennick 1995). Su afinidad al ácido tánico está estimada por ser el doble que la gelatina, la cual es un enlazador efectivo de ácido tánico. Asimismo los complejos con taninos son estables en el intestino. Esos descubrimientos indican que las histatinas pueden actuar como defensa contra los taninos en la dieta, como las PRP (Shimada 2006).

Tabla 1. Contenido (% mol) de prolina de las proteínas ricas en prolina (PRP) y contenido de histidina en histatinas (PRH)

Especie	Prolina en PRP	Referencia
Humanos	8.7-25.3	Bennick y Connell, 1971
Ratas	41.3	Mehansho <i>et al.</i> 1983
Ratones	43.8-45.6	Mehansho <i>et al.</i> 1985
Venados	19.7	Austin <i>et al.</i> 1989
Cabras	6.5	Gilboa, 1995 citado por Silanikove <i>et al.</i> 1996
	Histidina en PRH	
Humanos	20.9-27.2	Yan y Bennick, 1995
Humanos	18.4-29.1	Sugiyama <i>et al.</i> 1990
Cabras	15.09	Alonso-Díaz <i>et al.</i> 2012
Borregos	11.86	Alonso-Díaz <i>et al.</i> 2012

Las PRP y las histatinas son los dos grupos mayores de proteínas salivales vinculantes a taninos (PSVT). Sin embargo, algunos investigadores han encontrado otros tipos de proteínas salivales con alta afinidad hacia los taninos, sin embargo se desconoce si guardan alguna relación evolutiva con las PRP e histatinas (Shimada 2006).

La posibilidad de que las PSVT actúen como productos de defensa de los herbívoros contra los taninos ha sugerido la evaluación de esas proteínas en varias especies de mamíferos. Algunas de esas evaluaciones han tratado de relacionar la afinidad de las PSVT con los nichos alimenticios de esos animales (Shimada 2006). De 33 especies examinadas en busca de PSVT, únicamente se encontraron PSVT en 26 de estas, incluyendo dos muy controversiales, ganado bovino y ovino. La amplia prevalencia de PSVT en varias taxa implica un rol de contramedida contra los taninos de la dieta (Shimada 2006)

Adaptación de los pequeños rumiantes a los taninos

Mecanismos conductuales. Los animales que consumen dietas con compuestos secundarios como los taninos pueden desarrollar mecanismos de defensa en contra de estos compuestos. Distel y Provenza (1991) encontraron que la experiencia temprana en el consumo de compuestos secundarios ayuda posteriormente a definir la preferencia de plantas con compuestos secundarios con respecto a plantas libres de estos, incrementando el consumo de TC y taninos totales. Según Shaw *et al.* (2006), los patrones de alimentación de los ovinos son afectados por diversos factores como la disponibilidad, la calidad de los alimentos y su conocimiento previo. Estos autores observaron que los animales disminuyeron el consumo de alimentos a los cuales son familiares y aumentaron el consumo de alimentos no familiares (sin tener en cuenta que algunos alimentos contenían compuestos secundarios). Hay meca-

nismos etológicos que le permiten a los rumiantes consumir cantidades considerables de compuestos secundarios. Por ejemplo, la habilidad que tienen para alimentarse con varios alimentos que contengan o no compuestos secundarios, efecto de complementariedad, con el fin de satisfacer sus requerimientos y no saturar la misma vía de desintoxicación.

Las conductas de alimentación previas en borregos son consistentes aún en ambientes nuevos. Por lo tanto, borregos consumiendo plantas con compuestos secundarios normalmente al ser introducidos en otro ambiente con disponibilidad de alimentos, continuarán consumiendo las plantas con compuestos secundarios (Iason y Villalba 2006).

Mecanismos fisiológicos. Existen cambios corporales de los rumiantes como consecuencia del consumo de compuestos secundarios. Brooker *et al.* (1998) aislaron dos bacterias (*Streptococcus caprinus* y *Selenomonas ruminantium* K2) de cabras y camellos que son resistentes al contacto con diferentes fuentes de taninos (ácido tánico y TC). *S. caprinus* se adaptó mejor a los TC formando una capa protectora mientras que *S. ruminantium* K2 secreta una enzima inducida por los taninos, la tanino acil hidrolasa, como método de resistencia a estos compuestos.

Robbins *et al.* (1995) compararon diferentes tipos de animales como ramoneadores, intermediarios (ramoneo y pastoreo) y pastoreadores y encontraron que la glándula parótida de los ramoneadores e intermediarios es mayor que la de los animales pastoreadores. Esta característica ha sido asociada con la producción de proteína salival vinculante de taninos.

La producción de PRP tiene algunos costos en términos de metabolismo y balance de nitrógeno. Las PRP son pobremente digeribles, porque muchos de los péptidos, incluidos aquellos que contienen prolina, son difíciles de romper (McArthur *et al.* 1995). Sin embargo, la producción de PRP en exceso puede tener un costo

en nitrógeno, incluso si están compuestas de aminoácidos no esenciales (Shimada 2006). Los animales cuyas dietas varían en los contenidos de taninos pueden ser beneficiados de tal mecanismo de retroalimentación (McArthur *et al.* 1995; Bennick 2002). Sin embargo, para entender las estrategias en la producción de PRP de acuerdo al consumo, podría ser muy útil examinar la variación en la producción de PRP entre poblaciones así como entre estaciones, porque los niveles de taninos en las dietas naturales variarán entre poblaciones e incluso entre especies (Shimada 2006). Por lo tanto, no se puede descartar otro tipo de proteínas en la saliva que también pueden interactuar con los taninos. Shimada (2006) menciona que existen PSVT que no contienen cantidades elevadas de los aminoácidos prolina ni histidina, y también reaccionan con los taninos formando complejos tanino-proteína.

Interacción tanino-proteína y respuesta de los pequeños rumiantes de Yucatán

Alonso-Díaz *et al.* (2012) confirmaron la presencia de PSVT en la saliva de ovejas de pelo y cabras en el trópico. Los valores de turbidez fueron más altos en cabras que en ovinos. La presencia de PSVT en ovejas y cabras adaptadas a la ingestión de taninos probablemente modifica la sensación de astringencia y los efectos postingestivos de los metabolitos secundarios (Mantz *et al.* 2009). Sin embargo, los mecanismos de reacción del complejo tanino-proteína aún no son claros.

La cantidad de taninos en la dieta puede afectar la respuesta en la saliva de los ovinos. Sin embargo, no puede ser considerada una característica moduladora de la respuesta. Existen taninos con fuerte actividad biológica. Las plantas incrementan considerablemente la cantidad de taninos en las hojas cuando se encuentran bajo amenaza por parte de herbívoros e insectos. Existe una tendencia a disminuir el consumo voluntario cuando el nivel de taninos en la dieta es elevado. La turbidez establece un

patrón de respuesta salival respecto al nivel de taninos en el alimento, sin embargo, con respecto a las ovejas el tamaño de respuesta parece ser pequeño en comparación con otras especies animales, como ratones (Shimada *et al.* 2006) y humanos (Horne *et al.* 2002).

Se ha demostrado que la prueba de turbidez es un indicador de la interacción que existe entre las proteínas de la saliva y los TC (Horne *et al.* 2002). Hay evidencia de cabras criollas y ovejas de pelo ramoneadoras que presentan índices altos de turbidez. Además, se han encontrado histatinas, uno de los dos tipos de PSVT, en su saliva (Alonso-Díaz *et al.* 2012). Evidencia reciente (proyecto Conacyt-CB clave CB-2008-01/106146, datos no publicados) en ovejas de pelo sin experiencia de ramoneo confirma que la turbidez de la saliva incrementó con el consumo de follaje rico en taninos. Sin embargo, al retirar éste estímulo la turbidez disminuyó. Estos resultados indican que en la saliva de ovinos y caprinos de Yucatán existen mecanismos para reducir el impacto de los compuestos secundarios en la vegetación ramoneada (en esta caso taninos). Esto permitiría hacer un uso más eficiente de este recurso por estos animales. Estos mecanismos requieren ser confirmados y se debe estudiar las características de esta respuesta, las similitudes o diferencias entre ovinos y caprinos y las implicaciones ecológicas. Esta es un área de investigación que se encuentra bajo exploración actualmente en el Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.

Consideraciones finales

El estudio de la relación herbívoro-tanino, especialmente las respuestas fisiológicas inducidas por el pastoreo en un ambiente rico en taninos permitirá desarrollar estrategias, para un uso más eficiente de los recursos forrajeros disponibles al hacer evidente las limitaciones y potencial de los pequeños rumiantes.

Agradecimientos

Proyecto Conacyt-ciencia básica “La relación herbívoro-tanino: adaptaciones fisiológicas de los pequeños rumiantes (ovinos y caprinos) expuestos a vegetación rica en taninos. Clave CB-2008-01/106146

Referencias

- Alonso-Diaz MA, Torres-Acosta JFJ, Sandoval-Castro CA y Capetillo-Leal CM. 2012. Aminoacid profile of the protein from whole saliva of goats and sheep and its interaction with tannic acid and tannins extracted from the fodder of tropical plants. *Small Ruminant Research*. 103: 69-74.
- Austin PJ, Suchar LA, Robbins CT y Hagerman AE. 1989. Tannin binding proteins in saliva of deer and their absence in saliva of sheep and cattle. *Journal of Chemical Ecology*. 15: 1335-1347.
- Bennick A. 2002. Interaction of plant polyphenols with salivary proteins. *Critical Reviews on Oral Biology and Medicine*. 13:184–196.
- Bennick A y Connell GE. 1971. Purification and partial characterization of four proteins from human parotid saliva. *Biochemical Journal*. 123, 455-464.
- Brooker JD, O'Donovan L, Skene I y Sellick G. 1998. Mechanisms of tannin resistance and detoxification in the rumen. En: Bell CR, Brylinsky M and Johnson-Green P (Eds.) 8th International Symposium on Microbial Ecology. Atlantic Canada Society for Microbial Ecology. Halifax, Canada, pp 409–417-
- Clauss M, Gehrke J, Hatt JM, Dierenfeld ES, Flach EJ, Hermes R, Castell J, Streich WJ y Fickel J. 2005. Tannin-binding salivary proteins in three captive rhinoceros species. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 140: 67–72.
- Distel RA y Provenza FD. 1991. Experience early in life affects voluntary intake of blackbrush by goats. *Journal of Chemical Ecology*. 17: 431-450.
- Duncan AJ y Gordon IJ. 1999. Habitat selection according to the ability of animals to eat, digest and detoxify foods. *Proceedings of the Nutrition Society*. 58: 799–805.
- Estell RE. 2010. Coping with shrub secondary metabolites by ruminants. *Small Ruminant Research*. 94: 1-9.
- Hagerman AE y Robbins CT. 1993. Specificity of tannin-binding salivary proteins relative to diet selection by mammals. *Canadian Journal Zoology*. 71: 628–633.
- Horne J, Hayes J y Lawless HT. 2002. Turbidity as a measure of salivary protein reactions with astringent substances. *Chemical Senses*. 27: 653–659.
- Hoste H, Jackson F, Athanasiadou S, Thamsborg SM y Hoskin SO. 2006. The effects of tannin-rich plants on parasitic nematodes in ruminants. *Trends in Parasitology*. 22: 253–261.
- Iason GR y Villalba JJ. 2006. Behavioral strategies of mammal herbivores against plant secondary metabolites: the avoidance-tolerance continuum. *Journal of Chemical Ecology*. 32: 1115-1132.
- Mantz GK, Villalba JJ y Provenza FD. 2009. Supplemental polyethylene glycol affects intake of and preference for *Sericea lespedeza* by cattle. *Journal Animal Science*. 87: 761–769.
- McArthur C, Hagerman AE y Robbins CT. 1991. Physiological strategies of mammalian herbivores against plant defenses. En: Thomas R y Robbins CT (Ed). *Plant defenses against mammalian herbivory*. CRC Press, Inc. Pp. 103-114.
- McArthur C, Sanson GD y Beal AM. 1995. Salivary proline-rich proteins in mammals: Roles in oral homeostasis and counteracting dietary tannin. *Journal Chemical Ecology*. 6: 663-691.

- Mehansho H, Hagerman A, Clements S, Butler L, Rogler J y Carlson DM. 1983. Modulation of proline-rich protein biosynthesis in rat parotid glands by sorghums with high tannin levels. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 80: 3948-3952.
- Mole S, Butler LG y Iason G. 1990. Defense against dietary tannin in herbivores a survey for proline-rich salivary proteins in mammals. *Biochemical Systematics Ecology*. 18: 287-293.
- Monforte-Briceño GE, Sandoval-Castro CA, Ramírez-Avilés L y Capetillo Leal CM. 2005. Defaunating capacity of tropical fodder trees: Effects of polyethylene glycol and its relationship to *in vitro* gas production. *Animal Feed Science Technology*. 123-124: 313-327.
- Murray NJ y Williamson MP. 1994. Conformational study of a salivary proline-rich protein repeat sequence. *European Journal Biochemistry*. 219: 915-921.
- Robbins CT, Spalinger DE y van Hoven W. 1995. Adaptation of ruminants to browse and grass diets: are anatomical-based browser-grazer interpretation valid? *Oecology*. 103: 208-213.
- Shaw RA, Villalba JJ y Provenza FD. 2006. Resource availability and quality influence patterns of diet mixing by sheep. *Journal of Chemical Ecology*. 32: 1267-1278.
- Shimada T. 2006a. Salivary proteins as a defense against dietary tannins. *Journal Chemical Ecology*. 32: 1149-1163.
- Shimada T, Saitoh T, Sasaki E, Nishitani Y y Osawa R. 2006b. Role of tannin-binding salivary proteins and Tannase-producing bacteria in the acclimation of the japanese wood mouse to acorn tannins. *Journal Chemical Ecology*. 32: 1165-1180.
- Silanikove N, Gilboa N, Perevolotsky A y Nitsan Z. 1996. Goats fed tannin-containing leaves do not exhibit toxic syndromes. *Small Ruminant Research*. 21: 195-201.
- Skopec MM, Hagerman AE y Karasov WH. 2004. Do salivary proline-rich proteins counteract dietary hydrolyzable tannin in laboratory rats? *Journal of Chemical Ecology*. 30: 1679-1692.
- Sugiyama K y Ogata K. 1993. High performance liquid chromatographic determination of histatins in human saliva. *Journal of Chromatography*. 619: 306-309.
- Sugiyama K, Ogino T y Ogata K. 1990. Rapid purification and characterization of histatins (histidine-rich polypeptides) from human whole saliva. *Archives Oral of Biology*. 35 (6): 415-419.
- Torres Acosta JFJ, Alonso D 倣 z MA, Hoste H, Sandoval Castro CA, Aguilar Caballero AJ. 2008. Efectos negativos y positivos del consumo de forrajes ricos en taninos en la producción de caprinos. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 9: 83-90.
- Yan QY y Bennick A. 1995. Identification of histatins as tannin-binding proteins in human saliva. *Biochemical Journal*. 311; 341-347.

*Norma Beatriz Madera Solís¹, Héctor Manuel Bacab Pérez^{1,2} y Benjamín Ortiz de la Rosa³

¹Consultoría Innovadora Agropecuaria y Forestal, S.C. ²Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. ³Instituto Tecnológico de Conkal. *ciaf_sc@hotmail.com

Resumen

Se evaluaron diferentes niveles de inclusión de una planta leguminosa (*Leucaena leucocephala*) y el pasto clon Cuba CT-115 (*Pennisetum purpureum*) en la dieta de ovinos Pelibuey, como estrategia para incrementar la ganancia diaria de peso. El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro tratamientos (T₁ = 0% de *L. leucocephala* + 100% CT-115, T₂ = 10% de *L. leucocephala* + 90% CT-115, T₃ = 20% de *L. leucocephala* + 80% CT-115 y T₄ = 30% de *L. leucocephala* + 70% CT-115) y cuatro repeticiones. El manejo alimenticio consistió en proporcionarles 3 kg animal⁻¹ día⁻¹ de forraje fresco (15% de su peso vivo) molido a un tamaño de 2 cm, compuesto por diferentes niveles de *L. leucocephala*, acompañada con pasto CT-115; se contó con un periodo de adaptación de la dieta de 15 días. La inclusión de 30% de *L. leucocephala* permitió obtener animales con mayor peso final y ganancia diaria de peso en comparación con los ovinos alimentados con base de pasto CT-115 sin la leguminosa. Con base en lo obtenido, es recomendable incorporar la leguminosa *L. Leucocephala* en la dieta a base del pasto CT-115 para mejorar la ganancia diaria de peso en ovinos Pelibuey.

Introducción

En el trópico, la alimentación de los ovinos está basada principalmente en gramíneas de origen africano que se caracterizan por su baja producción y calidad, sobre todo en la época de secas del año. Esto provoca que los rebaños tengan una pobre eficiencia productiva. Para

mejorar las condiciones alimentarias, los productores recurren al uso de granos y alimentos concentrados comerciales. Esto eleva los costos de producción (Martínez *et al.* 2010). Por ello, es necesario idear estrategias de alimentación mediante la incorporación en la dieta de especies vegetales con alto valor nutritivo.

La incorporación de la leguminosa *Leucaena leucocephala* es una alternativa para la alimentación animal, ya que presenta características sobresalientes, tales como alta producción de forraje, elevado valor nutritivo y tolerancia a factores ambientales adversos (Shelton y Dalzell 2007). Por otra parte, se ha probado el pasto clon Cuba CT-115 (*Pennisetum purpureum*). Este pasto es altamente productivo, especialmente en el periodo de secas del año, se caracteriza por su alto contenido de proteína cruda que fluctúa entre 8-12%, además de su capacidad de acumular biomasa durante la estación de lluvias, para ser utilizada en el periodo de secas (Fortes *et al.* 2011).

Tanto *L. leucocephala* como el pasto CT-115 son excelentes alternativas para ser incorporadas en los sistemas de producción ovina. Sin embargo, es necesario determinar el nivel de inclusión que permita obtener el máximo aprovechamiento de estas especies con una mejora en la ganancia de peso de los animales. Ante ello, se evaluó la inclusión de diferentes niveles de *L. leucocephala* y el pasto clon Cuba CT-115 (*P. purpureum*) en la dieta de ovinos Pelibuey, como una estrategia para incrementar la ganancia diaria de peso.

Al respecto de la ganancia diaria de peso que se obtienen con dietas a base únicamente de CT-115, resultados obtenidos indican que se obtienen 25 g animal^{-1} , lo cual indica que los ovinos necesitarían 24 meses para alcanzar el peso del mercado (38 a 40 kg). Con la inclusión de *L. leucocephala* es posible mejorar la ganancia diaria de peso, ya que con el 10% los animales necesitarían 16 meses para alcanzar el peso del mercado, con el 20% serían 13 meses y con el 30% serían 8 meses.

En lo que se refiere al corte y acarreo de *L. leucocephala* e incluyendo los costos de producción sigue siendo recomendable la utilización de esta leguminosa en comparación con el empleo de sólo pasto, ya que a pesar de que el costo es ligeramente mayor con el empleo de la leguminosa se compensa con el tiempo de salida de los animales al mercado, en la cual se encontró una marcada diferencia (24 meses con solo el pasto y 8 meses con la inclusión del 30% de la leguminosa).

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el Centro de Desarrollo Tecnológico Tantakin (CDT) del Banco de México-FIRA, localizado en el km 4.5 de la carretera Tzucacab-Escondido, en el municipio de Tzucacab, Yucatán, México, que se encuentra a una altura de 50 msnm. El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw_0), con una temperatura media anual de 26.0°C y precipitación de 1,100 mm.

Este estudio se realizó en la época de lluvias e incluyó la cosecha de hojas y tallos comestibles (tomando en consideración las partes de la planta que consume el animal) de *L. Leucocephala* y del pasto CT-115. Se recolectó follaje comestible (hojas y tallos menores a 5 mm de diámetro) de la leguminosa en la selva adenaña al CDT y la gramínea en una plantación establecida en este Centro, la cual se caracteriza por tener una edad del rebrote de 60 días y

durante la época de lluvias no se le proporciona riego, ni fertilización.

A ambas especies se les determinó los valores (%) de proteína cruda (PC), así como la fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA), según la técnica de Van Soest *et al.* (1991), y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) por el método de Tilley y Terry (1963). Se obtuvo, para *L. leucocephala*: PC 22.80, FDN 45.20, FDA 28.30 y DIVMS 65.00%; para CT-115: PC 11.40, FDN 68.20, FDA 39.40 y DIVMS 53.90%.

Se utilizaron ovinos machos de la raza Pelibuey con una edad de tres meses y peso vivo promedio inicial de $19.88 \pm 0.479 \text{ kg}$ (Fig. 1), los cuales fueron alojados en corraletas individuales de $3 \times 3 \text{ m}$ provistos de bebederos y comederos. El manejo alimentario consistió en proporcionarles $3 \text{ kg animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$ de forraje fresco (15% de su peso vivo) molido a un tamaño de 2 cm, compuesto por diferentes niveles de *L. leucocephala*, acompañada con pasto CT-115, para lo cual se contó con un periodo de adaptación de la dieta de 15 días.



Figura 1. Selección de los animales (ovinos Pelibuey) para el estudio, considerando una edad promedio de tres meses y peso vivo de 19.88 kg.

El diseño experimental que se utilizó fue completamente al azar, con cuatro tratamientos ($T_1 = 0\%$ de *L. leucocephala* + 100% CT-115, $T_2 = 10\%$ de *L. leucocephala* + 90% CT-115, $T_3 = 20\%$ de *L. leucocephala* + 80% CT-115 y $T_4 = 30\%$ de *L. leucocephala* + 70% CT-115) y cuatro repeticiones. Se determinó el consumo voluntario por diferencia entre el alimento ofrecido y el rechazado diariamente por tratamiento. Sin embargo, se consideró el promedio por semana y la cantidad obtenida se dividió entre el número de ovinos por cada tratamiento, para determinar el consumo por animal. El peso de los animales se estimó al inicio del experimento, así como a los 8, 15, 23 y 30 días (Fig. 2), la ganancia diaria se determinó por diferencia del peso final con respecto al inicial, dividido entre el número de días.



Figura 2. Pesaje de los animales.

Para el consumo voluntario no se realizó análisis estadístico, debido a que no se contó con repeticiones. En el peso inicial, final y ganancia diaria de peso se realizaron análisis de varianza (ANOVA) y se utilizó la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para la comparación de medias. De igual manera, con los datos de la ganancia diaria de peso se realizó análisis de regresión para obtener la relación entre el nivel de inclu-

sión de *L. leucocephala* y la ganancia diaria de peso en ovinos. Todos los datos se analizaron con el programa Statgraphics Plus Versión 5.1.

Resultados

Los datos promedios del consumo voluntario durante las cuatro semanas de evaluación indican que se encontraron los mayores valores en los animales que recibieron 20 y 10% de *L. leucocephala* en la dieta a base del pasto CT-115 con 2.34 y 2.33 kg animal⁻¹ día⁻¹, respectivamente. Por otra parte, los valores menores se obtuvieron al incluir el 30% de *L. Leucocephala* y la utilización del pasto sin la leguminosa con 2.25 y 2.28 kg animal⁻¹ día⁻¹.

En el peso inicial no se encontró diferencia significativa ($P > 0.05$) entre los niveles de inclusión evaluados, obteniéndose animales con un peso vivo que varió entre 19.25 - 20.25 kg animal⁻¹. Sin embargo, se encontraron diferencias ($P \leq 0.01$) en el peso vivo final entre tratamientos. También para la ganancia diaria de peso se obtuvieron diferencias entre tratamientos ($P \leq 0.05$). En el peso final, únicamente resultó diferente el 0% de *L. leucocephala*, al presentar los animales el menor peso vivo con 20 kg animal⁻¹. Para la ganancia diaria de peso, solamente fue diferente del pasto CT-115 sin la leguminosa, cuando se incluye el 30% de *L. leucocephala* (Tabla 1).

El análisis de regresión indica una relación lineal significativa ($P \leq 0.01$) entre el nivel de inclusión de *L. leucocephala* y la ganancia diaria de peso en ovinos Pelibuey donde hubo un incremento conforme se incorpora una mayor cantidad de la leguminosa en la dieta (Fig. 3).

Discusión

La inclusión de leguminosas arbóreas, como *L. leucocephala*, ocasiona variaciones en el comportamiento productivo de los animales (Ramírez *et al.* 2007).

Tabla 1. Peso inicial, final y ganancia diaria de peso en ovinos Pelibuey alimentados con cuatro niveles de *Leucaena leucocephala* (L) y pasto clon Cuba CT-115 (*Pennisetum purpureum*)

Variable	Tratamientos				P
	0% L + 100% CT-115	10% L + 90% CT-115	20% L + 80% CT-115	30% L + 70% CT-115	
PVI (kg animal ⁻¹)	19.25 ± 0.25 ^a	20.25 ± 0.25 ^a	20.25 ± 0.48 ^a	19.75 ± 0.75 ^a	0.4262
PVF (kg animal ⁻¹) [†]	20.00 ± 0.00 ^b	21.50 ± 0.29 ^a	21.75 ± 0.25 ^a	22.00 ± 0.58 ^a	0.0065
GDP (g animal ⁻¹) [†]	25.00 ± 8.33 ^b	41.67 ± 8.33 ^{ab}	50.00 ± 16.67 ^{ab}	75.00 ± 8.33 ^a	0.0475

Medias con letras diferentes entre filas difieren estadísticamente (P<0.05).

[†]Considerado a los 30 días después del inicio del experimento.

PVI=Peso vivo inicial, PVF=Peso vivo final, GDP=Ganancia diaria de peso.

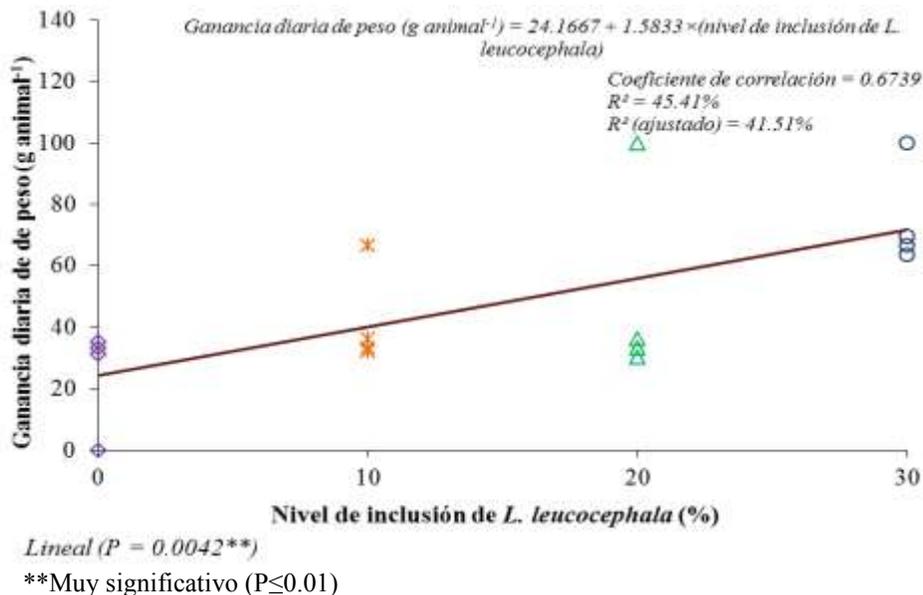


Figura 3. Ganancia diaria de peso en ovinos Pelibuey en respuesta a la inclusión de cuatro niveles de *Leucaena leucocephala* y pasto clon Cuba CT-115 (*Pennisetum purpureum*).

Sin embargo, en cantidades adecuadas es beneficioso por sus excelentes características de aportes de proteína a la dieta. Por ello, que en varias regiones tropicales se encuentra difundido su empleo por parte de los pequeños productores y su inclusión en la dieta puede susti-

tuir el alimento comercial; mezclado con gramíneas ha dado buenos resultados. La inclusión de *L. leucocephala* en la dieta de ovinos Pelibuey permitió lograr mayor peso final y ganancia diaria de peso en comparación con animales que no se les suministró la leguminosa.

Esto pudo deberse al aporte de proteína que incrementó la calidad de la dieta. Con relación a eso, la inclusión del 30% del follaje de *L. leucocephala* en la dieta de ovinos, permite ganancias mayores a las obtenidas con sólo el empleo de gramíneas, ya que las características nutricionales de las especies arbóreas permiten su uso como complemento en la dieta de rumiantes y representan una buena opción para mejorar la producción animal en las regiones tropicales (Sosa *et al.* 2004).

La inclusión de más del 30% de *L. Leucocephala* afectan el consumo (Ruiz 2004), sin embargo, en cantidades menores permite obtener buenas ganancias de peso debido a su aporte de proteína, por lo que es utilizada como suplemento proteico junto con gramíneas, obteniéndose buenos resultados.

En ovinos postdestete alimentados con dietas que contienen harina de *L. leucocephala* [T₁: heno + alimento concentrado (AC); T₂: heno + 50%AC + 50% harina de *Leucaena* (HL); T₃: heno + HL] no se encontraron diferencias significativas (P>0.05) para la ganancia diaria de peso, siendo la ganancia diaria final de 48, 32 y 43 g animal⁻¹ día⁻¹ para T₁, T₂ y T₃, respectivamente (Argenti *et al.* 2005). Estos autores concluyen que la HL puede ser un sustituto del AC cuando se alimenta con forraje de baja calidad en el período de secas. De Combellas *et al.* (1999) obtuvieron resultados satisfactorios en ovinos al obtener ganancias en peso de 53 g día⁻¹ para los animales suplementados con harina de ajonjolí y de 87 g día⁻¹ para las suplementadas con *L. leuceophala*, siendo estadísticamente diferentes (P<0.05). Los resultados obtenidos indican que la leguminosa tiene buena aceptabilidad y consumo, siendo factible su uso para suplementar ovinos en crecimiento, sustituyendo a una fuente proteica de buena calidad y de mayor costo, como es la harina de ajonjolí.

De manera general, con la inclusión del 30% de *L. leucocephala* en la dieta base de pasto CT-115, los ovinos Pelibuey obtuvieron mayor pe-

so final y ganancia diaria de peso. Contrario a ello, al proporcionarles a los animales únicamente la gramínea, se obtuvieron los menores pesos y ganancia diaria de peso. Con base en lo obtenido, es recomendable incorporar la leguminosa *L. leucocephala* en la dieta a base del pasto CT-115 ya que permite mejorar la ganancia diaria de peso en ovinos Pelibuey.

Referencias

- Argenti P, Espinoza MF, Díaz Y, Quintana H y León ML. 2005. Uso de la harina de leucaena (*Leucaena leucocephala*) en la alimentación de corderos post-destete en la época seca. Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ) 22(1): 41-51.
- De Combellas J, Ríos L, Osea A y Rojas J. 1999. Efecto de la suplementación con follaje de leguminosas sobre la ganancia en peso de corderas recibiendo una dieta basal de pasto de corte. Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ) 16: 211-216.
- Fortes D., Herrera RS, Ramírez AL, García M, Cruz AM y Romero A. 2011. Distribución vertical de las hojas, tallos y rendimiento de materia seca después del pastoreo del *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115 durante el período poco lluvioso. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 45(1): 73-77.
- Martínez GS, Aguirre OJ, Gómez AA, Ruíz FM, Lemus FC, Macías CH, Moreno LA, Salgado MS y Ramírez MH. 2010. Tecnologías para mejorar la producción ovina en México. Revista Fuentes 2(5): 41-51.
- Ramírez AL, Ku JC y Alayón JA. 2007. Follaje de árboles y arbustos en los sistemas de producción bovina de doble propósito. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 15(Supl. 1): 251-264.
- Ruiz JM. 2004. Potencial de árboles y arbustos forrajeros para la alimentación animal tropical. En: Berumen AA, Pérez GM,

- Morales JC, De Dios OO, Santamaría ME, González EL y Pavón ME. (eds.). Memorias del 3er. Seminario de Producción Intensiva de Ovinos. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Agropecuarias. Villahermosa, Tabasco, México. pp. 42-49.
- Shelton M y Dalzell S. 2007. Production, economic and environmental benefits of leucaena pastures. *Tropical Grasslands* 41: 174-190.
- Sosa EE, Pérez RD, Ortega RL y Zapata BG. 2004. Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de ovinos. *Técnica Pecuaria en México* 42(2): 129-144.
- Tilley MA y Terry RA. 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society* 18: 104-111.
- Van Soest PJ, Robertson JB y Lewis BA. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3583-3597.

***Jesús Miss Domínguez**¹, **Virginia Meléndez Ramírez**² y **Enrique Reyes Novelo**³

¹Maestría en Manejo de Recursos Naturales Tropicales, ²Cuerpo Académico de Bioecología Animal, Departamento de Zoología, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, y ³ Laboratorio de Zoonosis y otras Enfermedades Transmitidas por Vector, Centro de Investigaciones Regionales “Dr. Hideyo Noguchi”, Universidad Autónoma de Yucatán. *missdjv@hotmail.com

Introducción

Las civilizaciones prehispánicas, como la mexicana, maya y zapoteca, usaban insectos como alimento, medicina, ornamento o artesanía. Estas prácticas aún siguen vigentes en estas etnias. En Yucatán, existe una tradición que emplea a un insecto como artesanía, el escarabajo conocido como “maquech” (*Zopherus chilensis*). Este insecto, que atrae tanto a personas residentes como a turistas, es usado tradicionalmente como pieza de bisutería ornamentado con piedras de colores o también como mascota (Fig. 1a). Sin embargo, a pesar de que esta tradición es ampliamente conocida, los aspectos y detalles del maquech como ser vivo son poco conocidos. Este trabajo expone un panorama general que integra los estudios más recientes sobre el maquech y destaca los avances sobre su biología y ecología, así como sus aspectos económicos y culturales indispensables para la construcción de estrategias de manejo que permitan continuar su aprovechamiento a largo plazo.

¿Qué es el maquech?

El maquech es un insecto conocido desde hace siglos por los habitantes de Yucatán. Es un escarabajo, *Zopherus chilensis*, de la familia Zopheridae, del orden Coleoptera (Slipinsky y Lawrence 1999). Su talla corporal va de 34 a 46 mm de largo y 13 a 17 mm de ancho. Se caracteriza por tener un exoesqueleto duro color arena, con pequeñas protuberancias negras, asemejando un aspecto moteado. En su aspecto físico solo se aprecia un primer par de alas endurecidas y fusionadas con el cuerpo, distinguién-

dose la línea sutural que recorre la longitud del dorso (Fig. 1b).

En la parte frontal-inferior del tórax tiene un par de cavidades donde las antenas se depositan cuando el insecto reposa y la parte ventral del insecto es negra con puntos dorados y brillantes (Fig. 1c) (Triplehorn, 1972). A simple vista no presenta un dimorfismo sexual; es decir no se puede determinar si es macho o hembra. Esto solamente se puede conocer a través del comportamiento sexual y la revisión de estructuras especiales de cada sexo. Como en la mayoría de los escarabajos, tiene un desarrollo completo; es decir, sus etapas de desarrollo son huevo, larva, pupa y adulto. Los adultos se alimentan de hongos (*Schizophyllum commune* y *Ganoderma* sp) (Miss y Reyes-Novelo, 2009; Montalvo-Parra y Deloya 2009).

¿Dónde se distribuye y habita el maquech?

El maquech se distribuye desde el sur de Estados Unidos de América, incluyendo California y Texas, hasta Venezuela y Colombia. En México, se ha reportado en Chiapas, Guerrero, Morelos, Oaxaca y Yucatán (Triplehorn, 1972). En Yucatán, se encuentra al norte en los municipios de Progreso y Conkal, al centro en Izamal, Tahmek, Hocaba, Xocchel, Sanahcat, Zavala, Huhí, Sotuta, Cantamayec y Yaxcaba, al sur en Tixcacalcupul, Akil y Dzan, y al este en Valladolid y Tizimín (Miss y Reyes-Novelo, 2009). Comúnmente, se encuentra en las selvas y habita en la superficie de troncos (Fig. 2, a y b). Los adultos son comunes sobre y bajo la



a



b



c

Figura 1. El maquech, *Zopherus chilensis*, con ornamentos característicos (a), aspecto dorsal (b) y ventral (c).

corteza de árboles, bajo el tronco o cavidades, descartando encontrarlos entre la albura y duramen de la madera.

¿Qué se sabe sobre la ecología del maquech?

Por su relación con los hongos, es un escarabajo micetobionte; es decir, los maquech adultos consumen hongos principalmente de las primeras etapas. Al alimentarse de hongos, se presume que estos escarabajos dispersan esporas y contribuyen a la degradación y colonización de la materia vegetal en descomposición y los árboles muertos. A pesar de que su larva no ha sido descrita, se reporta que otras especies (p. ej. *Zopherus nodulosus haldemani*) (Taber y

Fleenor 2005) se desarrollan en el interior de troncos muertos y forman parte del complejo de organismos degradadores (complejo saproxílico) asociados a la madera muerta. De esta manera, los estados inmaduros se consideran parte importante del papel de la especie en los ecosistemas.

¿Qué se conoce sobre el manejo del maquech?

Se conocen dos formas de manejo, el tradicional y en cautiverio. El primero consiste en la obtención libre de maquech adultos por recolectores locales personas quienes extraen al insecto directamente de su hábitat natural.



a



b

Figura 2 a y b. *Z. chilensis* en su hábitat natural, en los troncos de los árboles.

Los recolectores buscan entre troncos en descomposición, debajo de rocas, depósitos de hongos y detritos de la selva (Fig. 3). Estas personas suelen emplear jornadas de recolecta de hasta ocho horas de búsqueda a pie, pero además de coleccionar el maquech, en ocasiones estas personas complementan la actividad con la extracción de leña o la cacería. Sin embargo, esto sucede en caso de no tener éxito en la recolecta del escarabajo. El objetivo es encontrar algunos escarabajos ya que representan un ingreso económico seguro (Miss y Reyes-Novelo 2009).

El segundo manejo es en cautiverio, sin embargo, éste aún no ha logrado ser establecido adecuadamente. Algunas experiencias y ensayos de

este tipo de manejo describen que puede ser efectivo usar una caja de cristal o acrílico provisto de una capa de humus forestal y pedazos de troncos o cortezas para refugio. Bajo estas condiciones, los maquech adultos pueden ser alimentados con hongos (*Schizophyllum commune*), preferentemente frescos cada 15 días. De esta manera, se ha documentado la posibilidad de obtención de huevos y larvas de primer estadio, las cuales pueden sobrevivir algunos días. Hasta ahora, no hay evidencias de otros logros bajo esta estrategia, ya que la alimentación larvaria parece ser el factor limitante. Los adultos sobreviven al menos cuatro horas en cautiverio (Miss-Domínguez 2011).



Figura 3. Modo tradicional de recolecta del maquech, *Z. chilensis*, en su hábitat natural, en Yucatán.

¿Que se conoce sobre el aspecto económico del maquech?

Se pueden identificar tres eslabones importantes económicos. Los recolectores o productores encuentran y venden los maquech a los adornadores o intermediarios. Estos últimos fijan los precios de compra a los recolectores, basándose en la época del año, abundancia y tamaño del

maquech. Algunos datos sugieren que el precio oscila entre dos temporadas: septiembre a febrero se considera la temporada baja y cuando se recolectan pocos ejemplares, mientras que de marzo hasta agosto es la temporada alta. Por tanto, los precios son más altos en la época de escasez (septiembre a febrero). El adornador otorga un valor agregado al insecto ya que coloca las piedras de bisutería en el tórax y abdo-

men y demás objetos como pequeñas cadenas doradas de plástico que rodea a las piedras. Posteriormente, los maquech adornados se transportan hacia mercados, hoteles, aeropuerto y casas de artesanías, directamente entre los vendedores. Los vendedores o comerciantes, quienes adquirieron el maquech de los adornadores, mantienen a los escarabajos en pequeños recipientes de plástico o cristal, hasta venderlos o el maquech muere. Esto último en pocos casos sucede, ya que por lo general su venta es rápida.

¿Qué se conoce sobre el aspecto cultural del maquech?

El lugar del maquech en la cultura de la región queda registrado en una antigua leyenda alude al origen y uso de este insecto. La leyenda cuenta sobre el amor prohibido de un joven príncipe, *Ek'Kan* (Estrella serpiente) y una princesa maya, *Yits Kaan* (Rocío del Firmamento). “Un día el príncipe fue a visitar a *Yits Kaan* al lugar donde ella estaba confinada al servicio de los dioses, pero fue descubierto por la imprudencia de la princesa, que al verlo gritó llena de entusiasmo: *Máakech, máakech Ek'kan, a tial in puksik'al yetel in kuxtal* (*Eres hombre, eres hombre Ek'kan, son tuyos mi corazón y mi vida*). *Ek'kan*, al ser descubierto que pretendía a la princesa, fue perseguido por los vigilantes quienes, de acuerdo a la leyenda nunca dieron con él. Su amada, al enterarse y creer que lo asesinarían, suplicó a la diosa Luna que le salvara la vida. A raíz de esta súplica, el príncipe es convertido en maquech y puesto sobre un hermoso *Ya'axche* (*Ceibo*) para ser encontrado únicamente por su amada. Sabiendo que el hechizo no podría ser deshecho, puso al maquech sobre su vestido a la altura de su corazón, amarrado con una hebra de sus largos cabellos y lo llevó ahí cariñosamente preso toda su vida” (Souza 1933).

Esta leyenda es lo que se narra con frecuencia al turista que compra un maquech. Por eso, no es raro que las personas que lo comercian lo

ofrezcan como un buen amuleto para el amor (Rosano-Hernández y Deloya 2004). Actualmente, su uso no sólo se restringe a esta creencia sino también como mascota, *souvenir* o colección. La realidad es que desde hace varias décadas el maquech es uno de los atractivos característicos de Yucatán. Por tanto, dejar de escuchar este tipo de narraciones sería perder parte de la cultura e identidad actual de la región.

Aunque no se conoce un registro antropológico preciso del maquech, Souza (1933) menciona que los mayas usaban al maquech desde tiempos remotos y menciona que existe un bajo-relieve encontrado en Yucatán, que muestra esculpido un animal muy parecido al maquech. Este mismo bajo-relieve fue usado por el escultor Antoine-Louis Barye para ilustrar una conferencia sobre los precursores del arte animalista. Posiblemente, este grabado en piedra maya es una analogía con los “Kopirru” egipcios, escarabajos usados en la antigüedad como amuleto. Sin embargo, la referencia no especifica algún dato adicional sobre la ubicación de dicha escultura. Por tanto, es probable que la tradición no sea tan antigua.

El registro sobre la tradición de portar y decorar al maquech como se conoce en su forma actual no es precisa. Posiblemente, el adornado u ornamentación con materiales diversos surgieron durante el siglo XIX (Patten *et al.* 1890) durante el periodo de la ocupación francesa o en el Porfiriato. En Yucatán, estos periodos (primordialmente el segundo) se caracterizaron por el auge de la explotación henequenera que dio a cierta clase económica riqueza y prosperidad y permitió modificaciones lujosas en la vida cotidiana, vestimenta y arquitectura regional. De acuerdo con Souza (1933) “...era característico decorar al maquech con telas policromas, piedras preciosas, pintar al óleo manojos de flores, nombres o monogramas que detallaban todo un poema de amor, y rodearlos por la parte delgada del cuerpo con un anillo y de éste sujetar una cadenita de oro, plata o

platino en la que además se incluía detalles de filigrana o carey con variados motivos mayas...”.

Con el transcurrir del tiempo, la peculiaridad de recolectar, adornar y vender maquech se ha convertido en un sello distintivo de Yucatán, lo que ha llamado la atención a nivel local y mundial.

¿Cuál es el significado de la palabra maquech?

Los primeros significados se encuentran en narraciones de una leyenda sobre este escarabajo. De acuerdo con esto, la palabra maquech proviene del vocablo *máakech* que significa "Eres hombre", tal como pronunciaba la princesa en apreciación a la valentía del príncipe para superar los obstáculos en su camino hacia el amor (Souza 1970). De manera similar, se otorga el origen al vocablo *máax ech* señalando el momento en que cerca de la princesa se desliza sobre un tronco añoso un pequeño insecto y ésta pregunta: "¿Quién eres?" (De Ciudad Real y Coronel 1929). Sin embargo, expresiones y significados contemporáneos describen ciertos hábitos, por ejemplo *maak' ché* "Come madera" es en alusión a la creencia de que el escarabajo se alimenta de madera, y *ma' kech* "No come" en referencia a la capacidad para soportar ayunos prolongados. Se puede afirmar, que con el transcurrir del tiempo los vocablos anteriores han resultado en la palabra castellanizada *maquech*.

Perspectivas de investigación

Biológica y ecológica. Se conoce poco sobre la biología y ecología de este escarabajo. Desde la duración del ciclo de vida, fluctuaciones poblacionales, características del hábitat, factores que determinan su distribución, entre otros temas. Investigaciones de perfil etnoecológico sobre la manera en como los recolectores, a través del conocimiento ecológico tradicional (CET) se "apropian" de éste recurso natural, ofrecerían

aportaciones importantes al conocimiento e historia natural de la especie y su entorno.

Manejo y aprovechamiento. Debido a que en la región no se han realizado estudios sistemáticos sobre manejo o aprovechamiento del maquech, no se cuenta con datos certeros sobre la extracción, estado de conservación del entorno natural y hábitats particulares donde se recolecta a la especie. Incluso son pocas las sugerencias relacionadas a la explotación de éste recurso natural por parte de los recolectores locales. Es necesario conocer y realizar estudios poblacionales en las zonas donde se recolecta, principalmente para plantear estrategias de aprovechamiento sustentable que eviten el colapso de su población y la extracción comercial, así como determinar tasas y límites de captura. Además, se requiere caracterizar y analizar las posibles amenazas al hábitat local que puedan generar cambios en la abundancia de la especie y afectar económicamente a las familias que se sustentan de la recolecta.

Económica. A pesar de que anualmente se comercian muchos ejemplares adultos, no se sabe cuál es el valor real de este insecto, no sólo como artesanía sino como recurso natural sujeto a extracción. Algunas observaciones en campo, sugieren que la derrama económica derivada de su compra y venta, así como la rentabilidad de su actividad, son importantes para el ingreso y manutención familiar de los involucrados en su comercio. Sin embargo, falta aún profundizar en el tema, principalmente en aspectos relacionados a la oferta y demanda, así como un diagnóstico de participación social entre los diversos eslabones primarios, secundarios y terciarios en la cadena productiva.

Referencias

De Ciudad Real A y Coronel J. 1929. Diccionario de Motul. Maya-Español. Talleres de la Compañía Tipográfica Yucateca, S. A. México. 580 pp.

- Miss J y Reyes-Novelo E. 2009. Observaciones sobre la biología del Maquech, *Zopherus chilensis* Gray, 1832 (Coleoptera: Zopheridae) en Yucatán, México. *Arquivos Entomolóxicos* 2: 7-17.
- Miss-Domínguez, J. 2011. Experiencias en el manejo del Maquech, *Zopherus chilensis* Gray, 1832 (Coleoptera: Zopheridae) en Yucatán, México. *Arquivos Entomolóxicos*. 5: 33-38.
- Montalvo-Parra, M. A. y Deloya, C. 2009. Descripción del canal alimentario y aparato reproductor de *Zopherus chilensis* Gray (Coleoptera: Zopheridae), y algunas consideraciones acerca del entorno socioeconómico que caracterizan su comercio. En: Estrada-Venegas, E., Equihua-Martínez, A., Chaires-Grijalva, M.P., Acuña-Soto, J.A., Padilla-Ramírez, J.R., Mendoza-Estrada, A. *Entomología Mexicana*, Vol. 8: 1027-1032.
- Patten W, Weed CM y McNeill of Moline, J. 1890. Long-lived *Zopherus*. *Psyche*. P. 406
- Rosano-Hernández C. y Deloya C. 2004. Algunas consideraciones sobre la biología y el uso tradicional del “Maquech” *Zopherus chilensis* Gray, 1832 (Insecta: Coleoptera) de Yucatán, México. En: Morales-Moreno, A., Ibarra-González, M., Rivera-González, A.P. y Stanford-Camargo, S. (Eds.). *Entomología Mexicana*, Vol. 3: 189-193.
- Slipinsky SA y Lawrence JF. 1999. Phylogeny and Classification of Zopheridae sensu novo (Coleoptera: Tenebrionoidea) with a review of the genera of Zopherinae (excluding Monommatini). *Annales Zoologici (Warszawa)* 49(1/2): 1-5.
- Souza, N. 1933. El Maquech. Apuntes y leyenda maya. Compañía tipográfica yucateca, S. A. México. 15 p.
- Taber SW y Fleenor SB. 2005. *Invertebrates of Central Texas Wetlands*. Texas Tech University Press, Lubbock. USA. 309 pp.
- Triplehorn C. 1972. A review of the genus *Zopherus* of the world (Coleoptera: Tenebrionidae). *Smithsonian Contributions to Zoology*. 108: 1-24.

Silvia López Adrián

Cuerpo Académico Diversidad de los Recursos Florísticos de Mesoamérica, Departamento de Botánica, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. ladrian@uady.mx

Las microalgas pueden mostrar movimientos deslizantes y de natación, en rotación con desplazamientos rápidos y lentos, hacia adelante y en reversa, también movimientos ondulatorios o de contracción, que muchas veces, se puede pensar que se trata de organismos diferentes, cuando en realidad se trata de los mismos organismos.

Especies de cianobacterias manifiestan movimientos que les dan la capacidad de nadar rápido, ya sea con movimientos ondulatorios o de rotación como en el género *Synechococcus*, en forma de barril. El desplazamiento de las cianofitas filamentosas lo realizan hacia delante y hacia atrás, y en determinado momento, redi-

reccionando sus movimientos, cuando chocan con algún obstáculo. La respuesta de sus movimientos está más relacionada con la quimiotaxis, que es la respuesta de cualquier célula al gradiente de concentración de una sustancia química.

Otros grupos como las euglenas (Fig. 1), tienen una película flexible que actúa como pared que les permite hacer movimientos de constricción y estiramiento, adaptando formas aplanadas u ovals. Las diatomeas son capaces de desplazarse sobre la superficie de un sustrato, dejando un mucílago a su paso, dicho movimiento lo realiza a una velocidad de segundos.

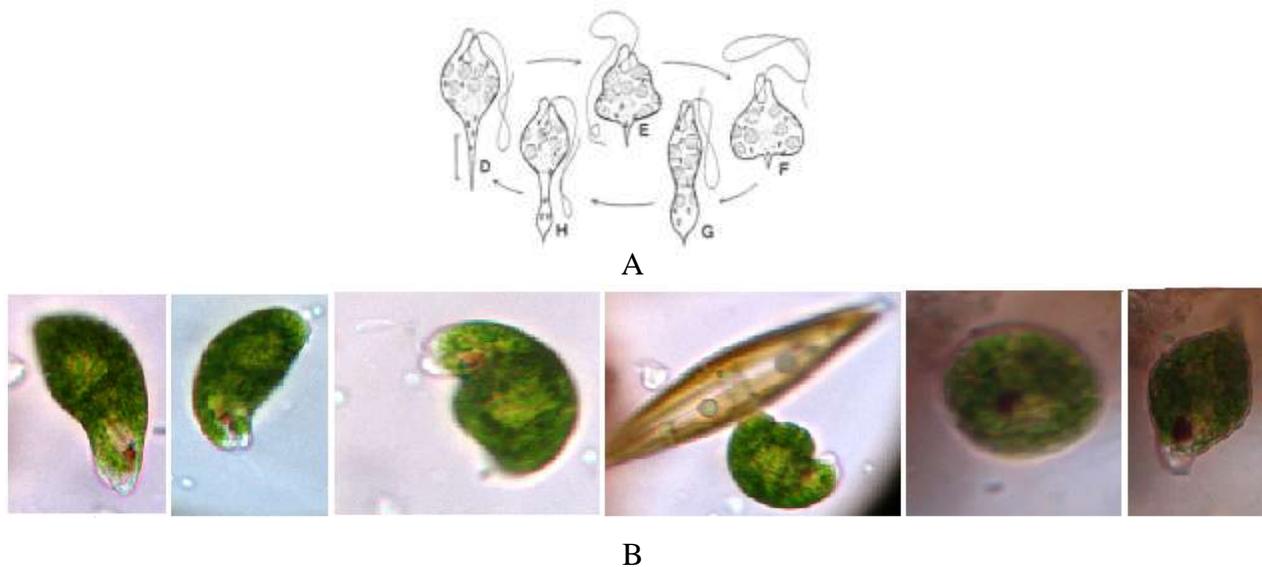


Figura 1. Ejemplo del movimiento de las Euglenas. A) Tomada de Rosowsky (2003) y B) Nancy Gamboa Pacheco.

Referencia

Rosowsky JR. 2003. Photosynthetic Euglenoids. En: Wehr, J.; Sheath, R

(Eds). Freshwater algae of North America ecology and classification. Academic Press, EUA.

Second International Conference on Pollinator Biology, Health and Policy. Campus in University Park, Pennsylvania. 14 - 17 agosto de 2013.

<http://agsci.psu.edu/pollinator-conference>

VIII Congreso Mesoamericano de Abejas Nativas: Biología, Cultura y Uso Sostenible. Heredia, Costa Rica. 26 - 31 agosto de 2013.

www.cinat.una.ac.cr

XVII Congreso de la Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación, y VIII Simposio de Zoología. La Habana, Cuba. 16 - 20 septiembre de 2013.

www.smbccuba2013.com

V Congreso Internacional Biológico-Agropecuario. Ciudad y Puerto de Tuxpan, Veracruz, México. 24 - 27 septiembre de 2013.

Dr. Arturo Serrano: arserrano@uv.mx

Jornadas de trabajo (simposio), Seguridad humana y medioambiental en regiones fronterizas de América Latina. Ciudad de Luxemburgo. 10 - 11 octubre de 2013.

<http://www.risc.lu/es>

XIX Congreso Mexicano de Botánica, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas 20 – 25 octubre de 2013.

<http://www.socbot.org.mx/congreso.html>

Symposium on Agriculture and Food Engineering (AFE2013). Sanya, China. 25 - 27 octubre de 2013.

www.engii.org/cet2013.

Congreso Nacional de Turismo Rural, Campus Córdoba del Colegio de Postgraduados, en el Estado de Veracruz, México. 6 - 9 noviembre 2013.

www.turismodenaturaleza.mx

XXIII Reunión de ALPA, IV Congreso Internacional de Producción Animal Tropical, IV Congreso Internacional de Mejoramiento Animal, VI Simposio Internacional de Ganadería Agroecológica (SIGA) y II Simposio de la Federación de Ovejeros y Cabreros en América Latina (Focal). Palacio de Convenciones, La Habana, Cuba. 18 - 22 noviembre de 2013.

www.alpa.org.ve/congresos.html

3^{er} Congreso Internacional en Ecología de Enfermedades. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México. 20 - 23 noviembre de 2013.

<http://www.somenta.org/>

Agricultural Science and Food Engineering Conference (ASFE 2014) Special focus: Nutrition, Pesticide. Shenzhen, China. 12 - 14 enero de 2014.

www.engii.org/workshop/asfe2014January