



Bioagrociencias

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

Sabanas de la Península de Yucatán,
México



"Todos los hombres comprenderán que el reino mineral, vegetal, animal y toda materia esparcida por el universo, a todas escalas desde el átomo hasta la galaxia, son seres vivos con una conciencia evolutiva" Séptima profecía Maya.





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

Juan Javier Ortiz Díaz

<http://www.profeciasmayas2012.com/>

Armado editorial de la publicación

M. en C. Marcos Barros-Rodríguez

Posgrado Institucional

Bioagrocencias, Año 5 (julio a diciembre 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.veterinaria.uady.mx/revis-tas/index.php>

Editor Responsable: Virginia Meléndez Ramírez, reserva del derecho al uso exclusivo 04-2012-042417320400-203, 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 actualización: Octubre 2012.

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** contiene una contribución sobre sabanas de la Península de Yucatán, este tipo de vegetación es de gran interés por su composición florística. En la contribución se caracteriza la estructura y composición de dos sabanas en el estado de Campeche donde *Paspalum plicatulum* y *P. arundinaceum* presentan los valores más altos de importancia relativa determinados por la cobertura. Así, se indica que ambas especies conforman la cubierta vegetal protectora de las plantas pequeñas.

En la sección de **Medicina Veterinaria** se aborda la situación de la isosporosis porcina, una enfermedad entérica de los lechones que es producida por un protozooario intracelular (*Isospora suis*). La contribución presenta las bases epidemiológicas de la enfermedad para establecer programas de prevención y control en la industria porcina. Esta enfermedad en cerdos lactantes, se reporta en varios países con importancia considerable ya que produce reducción en la ganancia de peso y representa un alto costo de producción en la industria porcina.

En la sección de **Sistemas de Producción** se presentan los sistemas silvopastoriles como una alternativa en la producción ovina. Debido a que las gramíneas tienen fluctuaciones en su valor nutritivo a través del año, disminuyendo su calidad y cantidad en la época de secas, los sistemas silvopastoriles con *Leucaena leucocephala* pueden ser una muy buena alternativa en la producción ovina. En el trabajo, se incluyen las limitaciones en el consumo de *L. leucocephala* y algunas recomendaciones para la incorporación de esta planta en los sistemas silvopastoriles.

La sección **Transferencia de Tecnología** documenta algunas experiencias en los sistemas de producción de destetes, en el oriente de Yucatán. Los resultados revelan las ventajas iniciales de la adopción y/o adecuación de tecnologías ganaderas y cómo pueden contribuir a mejorar la rentabilidad de los hatos ganaderos,

de los medianos y pequeños productores. Se destaca la organización de demostraciones realizadas en tres subregiones del oriente de Yucatán con la asistencia de cerca de 100 productores de cada subregión y la necesidad de la asistencia técnica con programas de manejo definidos estratégicamente.

En la sección **Tópicos de interés** se abordan algunas reflexiones sobre el libro “Useless Arithmetic: Why Environmental Scientists Can’t Predict the Future?” de Pilkey y Pilkey-Jarvis. En este libro, se exponen causas probables del fracaso de algunos de los usuarios de los modelos para predecir la conducta de algunos sistemas en el mundo real. De manera general la literatura sugiere que los métodos cuantitativos tienen su mayor utilidad en la descripción y comparación de sistemas biológicos, son de gran interés para explicar y entender sus mecanismos funcionales. Sin embargo, son muy limitados en la predicción de conductas futuras a largo plazo.

La sección **Sabes...** presenta el nuevo hallazgo del vertebrado más pequeño del mundo, y finalmente en la sección **Próximos Eventos** se informa sobre algunos de las reuniones académicas, en el área de ciencias biológicas y agropecuarias, que se realizarán en el año 2013.

Nota: A partir de este número, los trabajos publicados se catalogarán como artículos, cortos o largos, y en el índice se presentará sólo el título del trabajo en cada una de las secciones. Esta nueva forma de ubicar las contribuciones la encontrarán en la página Web de la revista (acerca de la revista y en la guía para autores). Además, en cada artículo ahora se incluye el correo electrónico del autor de correspondencia.

- Índice -

Biodiversidad

Estructura y composición florística de las sabanas de Xmabén, Campeche, México4

Claudia Vázquez -Vázquez, Juan Javier Ortiz-Díaz y Juan Tun-Garrido

Medicina Veterinaria

Isosporosis porcina: una enfermedad entérica en lechones de Yucatán13

Roger I. Rodríguez-Vivas, Alberto Rosado-Aguilar, Edwin Gutiérrez-Ruiz, Manuel Bolio-González, Melina Ojeda-Chi, Eduardo Sierra-Lira, Martín O. Pulido-Medellín, Roy J. Andrade-Becerra

Sistemas de producción

Sistemas silvopastoriles con *Leucaena leucocephala* como alternativa en la producción ovina21

Marcos Barros-Rodríguez, Eduardo Briceño-Poot, Jorge Canul-Solís, Carlos Sandoval-Castro, Javier Solorio-Sánchez, Juan Ku-Vera

Transferencia de Tecnología

Algunas experiencias en la transferencia de tecnologías en los sistemas de producción de destetes en el oriente de Yucatán, México.26

Juan G Magaña Monforte, Roger Delgado León, Eduardo Valencia Heredia, Juan C Kú Vera, Carlos Aguilar Pérez, José C Segura Correa, Fernando Centurión Castro, Ricardo Aké López, Carlos Silva Mena, Valentín Cárdenas Medina, Raciél Estrada León.

- Índice -

Tópicos de Interés

La Aritmética inútil y la ecología cuantitativa: reflexiones sobre el libro “Useless Arithmetic: Why Environmental Scientists Can’t Predict the Future” de Pilkey y Pilkey-Jarvis (2007)31

Jorge Leirana Alcocer

Sabes...

Una rana de Nueva Guinea es el vertebrado más pequeño del mundo36

Alfonso Aguilar Perera y Virginia Meléndez Ramírez

Próximos eventos

Eventos Académicos38

*Claudia Vázquez Vázquez, Juan Javier Ortiz Díaz y Juan Tun Garrido

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

*claudia_maggie17@hotmail.com.

Resumen

En la Península de Yucatán, las sabanas se presentan como pequeños enclaves rodeados por selvas estacionales. Son de gran interés por su composición florística que está determinada por condiciones ecológicas relacionadas con la inundación estacional del área. El objetivo de este estudio fue caracterizar la estructura y composición de dos sabanas en Campeche, México. Se describen los espectros de formas de vida de Raunkiaer, aplicándose el método de intercepción lineal para calcular los valores de importancia relativa (VIR). Como resultado, se registraron 20 especies en 100 m, sobresaliendo los géneros *Paspalum* y *Eleocharis*. La forma de vida hemicriptófito fue la mejor representada (8 spp). *Paspalum plicatulum* y *P. Arundinaceum* obtuvieron los VIR más altos (135.46% y 124.36%, respectivamente). El índice de similitud de Sorensen (0.320) mostró diferencia entre ambas sabanas, ya que de las 20 especies registradas solo 5 se comparten. El análisis de la estructura mostró que los valores de importancia en estas sabanas están dados principalmente por la cobertura.

Introducción

En el Neotrópico, las sabanas cubren una superficie de más de 3 000 000 de km² (Huber 1987, Pennington *et al.* 2006). Fisonómicamente, la sabana es un pastizal con o sin árboles y arbustos en diferentes densidades donde las gramíneas y ciperáceas perennes constituyen la vegetación dominante. En México, las sabanas se distribuyen desde Sinaloa hasta Chiapas, en la vertiente del océano Pacífico, y desde Veracruz hasta la Península de Yucatán en la

vertiente del Golfo de México, presentando su mayor extensión en la región sureste (Rzedowski 2006).

En la Península de Yucatán, se estima que las sabanas cubren aproximadamente 5 % (Secaira *et al.* 2004) de la superficie y se presentan generalmente en enclaves rodeados por la vegetación tropical, por lo que los límites entre éstas son fácilmente visibles. Estos paisajes contrastantes suelen estar asociados a suelos con drenaje deficiente, características hidrológicas particulares de inundación durante la época de lluvias.

Estudios ecológicos cuantitativos de la comunidad de sabana son escasos, y en México el único conocido es el de López-Olmedo *et al.* (2006) realizado en Nizanda, Oaxaca, cuyas condiciones físicas y ecológicas son muy diferentes a las de la Península de Yucatán (PY). En Belice, región adyacente a la PY, Faruggia *et al.* (2008) documentan la composición florística y estructura de las sabanas costeras de Sapodilla Lagoon. Aunque en ambos estudios se mencionan a las gramíneas y ciperáceas como grupo dominante, la composición de las especies es diferente. Las dos sabanas de Xmabén, Campeche, poseen características topográficas e hidrológicas particulares y por la composición de su flora son diferentes a las estudiadas en otras regiones de México. El estudio de los aspectos ecológicos de la comunidad vegetal en la estación lluviosa, época en la cual ocurre el máximo desarrollo todas las formas de vida pero en especial las gramíneas (gramíneas y ciperáceas), permitirá documentar las especies dominantes y la similitud florística de ambos

sitios. El objetivo de este trabajo es caracterizar y comparar la composición florística y estructura de dos sabanas de Campeche.

Materiales y métodos

Área de estudio. El ejido de Xmabén pertenece al municipio de Hopolchén y se encuentra en la porción Este del estado de Campeche cercano al límite con Quintana Roo y al norte de la Reserva de la Biósfera de Calakmul (Fig. 1). La descripción del área de estudio se menciona en Vázquez *et al.* (2012).

Muestreo de la vegetación. Los muestreos se realizaron durante septiembre y octubre del 2006, época en que se observó el máximo desarrollo de las hierbas gramínoideas y cuando ocurre la floración y fructificación de la mayoría de estas. El método de intercepción lineal o Línea de Canfield (Canfield 1941) se empleó para determinar los parámetros de cobertura, frecuencia, valores de importancia relativa (VIR), así como para describir la estructura vertical y horizontal de la comunidad vegetal (Flores y Álvarez 2004).

La técnica consistió en trazar en el área de estudio una línea base de 100 m sobre la cual se establecieron 10 líneas de 10 m. de largo cada una, perpendiculares a la línea base. Estas líneas se establecieron a intervalos de 10 m. Posteriormente, cada línea se colocó a 1 m de altura del suelo y se dividió en 10 segmentos de 1 m. Una vez establecidas las líneas se procedió a medir la longitud interceptada y altura en cm. de cada una de las plantas que se encontraban abajo de la línea.

Con el fin de obtener un espectro biológico, a cada especie se le asignó una forma de vida de acuerdo con la clasificación de Raunkiaer (Mueller-Dombois y Ellenberg 1974). De la misma forma, se empleó una clasificación general en donde las formas biológicas o de crecimiento se refieren a la forma general de la planta, su tamaño y la forma en que está

distribuido en general el tejido leñoso. Las formas más reconocidas son: árboles, arbustos y hierbas (Flores y Álvarez 2004).

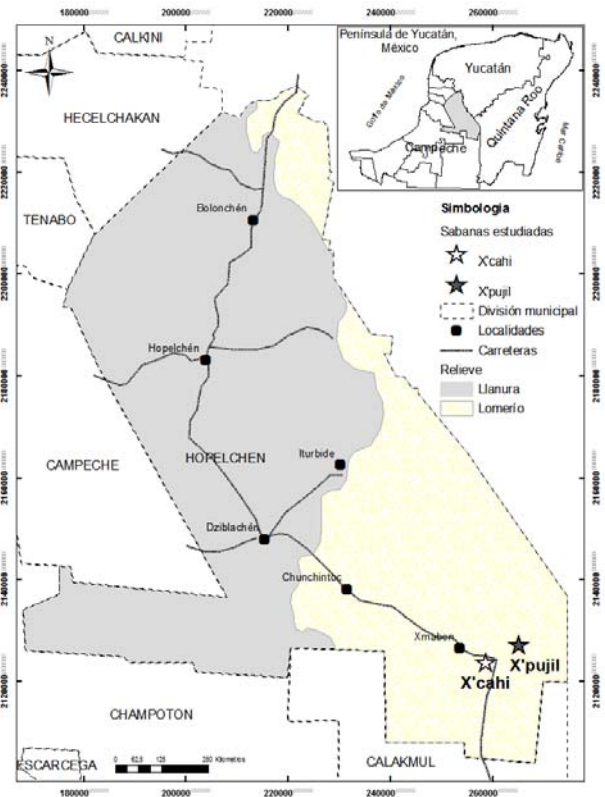


Figura 1. Ubicación del área y los sitios de estudio.

Estimación del esfuerzo de muestreo, diversidad y similitud. Para estimar el esfuerzo de muestreo requerido, se obtuvieron curvas de acumulación de especies que permitieron dar fiabilidad a éstos al extrapolar el número de especies observadas vs. número de especies esperadas. Se utilizó la ecuación de Clench con una aleatorización de 100 corridas para determinar el número de especies esperadas por sitio (Jiménez y Hortal 2003), empleando el programa *Estimates Versión 8.0.* (Colwell 2006). Para estimar la diversidad de la comunidad vegetal, se utilizó el índice de Shannon-Wiener (H') (Krebs 1999). Para calcular la similitud entre las áreas muestreadas y por ende la heterogeneidad ambiental en la cual se asienta la comunidad se utilizó el Índice de Sorensen (Krebs, 1972). Tanto el índice de diversidad como el índice de similitud se

obtuvieron con el programa de cómputo Multi-Variate Statistical Package 3.10b. Es importante señalar que previo a este estudio se elaboró el inventario de la flora vascular de los sitios (Vázquez *et al.* 2012) permitiendo una mayor confiabilidad en la identificación de los individuos durante el muestreo.

Resultados

Composición florística y espectro biológico. En los dos sitios de muestreo se contabilizaron 2086 individuos pertenecientes a 20 especies (15 en X'ujil y 10 en X'cahi) de 16 géneros y 12 familias. Las familias mejor representadas, por el número de especies, fueron Poaceae, Cyperaceae (cuatro especies cada una) y Alismataceae (dos especies). Las familias con más géneros fueron Cyperaceae (tres), Poaceae y Fabaceae (con dos respectivamente) y las familias restantes con un solo género. En cuanto a la riqueza de especies por género, sobresalieron *Paspalum* (*P. arundinaceum*, *P. corypheum* y *P. plicatulum*), *Eleocharis* (*E. acutangula* y *E. filiculmis*) y *Echinodorus* (*E. berteroi* y *E. nymphaeifolius*).

La forma de vida hemicriptófito fue la predominante con cuatro especies en X'cahi y ocho especies en X'ujil, continuando con la forma hidrófito con tres especies en cada sitio, fanerófito con dos especies en X'cahi y tres especies en X'ujil y terófito con una especie en cada sitio. Las hemicriptófitas correspondieron únicamente a gramíneas y ciperáceas, mientras que las hidrófitas correspondieron a las familias Najadaceae, Alismataceae, Nymphaeaceae y Menyanthaceae. Las fanerófitas (megafanerófitas, mesofanerófitas, microfanerófitas, minofanerófitas y fanerófitas trepadores) pertenecieron a las familias Bignoniaceae, Fabaceae, Solanaceae y Salicaceae. Por último las terófitas se presentaron en las familias Lamiaceae y Verbenaceae.

Estructura horizontal y vertical de la vegetación. Cobertura. La cobertura total para X'cahi fue de 99.98%, de los cuales 64.92% correspondió a graminoides, 25.10% a herbáceas acuáticas, 9.89% a árboles-arbustos, y 0.08% a otras herbáceas; mientras que la cobertura total para X'ujil fue de 100%, tomando la forma de vida acuática un valor de 0.45%, los árboles-arbustos 0.46%, hierbas

Tabla 1.- Forma de vida, frecuencia relativa, cobertura relativa, valor de importancia relativa (VIR) y altura promedio para cada una de las especies muestreadas en X'cahi.

Especie	Forma de vida	Altura promedio cm (± d.e.)	Cobertura promedio cm (± d.e.)	Cobertura relativa	Frecuencia relativa	(VIR)
<i>Cyperus articulatus</i>	He	144.1 ± 26.7	0.84 ± 1.4	0.45	4.54	4.99
<i>Echinodorus berteroi</i>	Hi	84.1 ± 19.1	12.9 ± 7.5	23.15	15.2	38.35
<i>Hyptis spicigera</i>	Te	126 ± 00	6 ± 00	0.08	0.11	0.19
<i>Mimosa albida</i>	Mi	198.3 ± 45.8	45.2 ± 31.2	9.81	1.84	11.65
<i>Najas wrightiana</i>	Hi	58.3 ± 10.9	9.58 ± 3.1	1.56	1.38	2.94
<i>Nymphaea ampla</i>	Hi	61 ± 4.2	14.5 ± 6.4	0.39	0.23	0.62
<i>Paspalum coryphaeum</i>	He	210 ± 00	12 ± 00	0.16	0.11	0.27
<i>Paspalum plicatulum</i>	He	136 ± 31.8	7.08 ± 3.5	61.62	73.84	135.46
<i>Scleria eggersiana</i>	He	105.1 ± 20.6	8.63 ± 4.0	2.7	2.64	5.34
<i>Senna obtusifolia</i>	Mi	145 ± 00	6 ± 00	0.08	0.11	0.19

He= Hemicriptófito, Hi= Hidrófito, Mi= Minofanerófito Te= Terófito

0.53% y gramínoideas 98.55%. En X'cahi, *Paspalum plicatulum* fue la especie que obtuvo mayor cobertura (94.912%) entre las gramínoideas, seguida de *Scleria eggersiana* (4.151%), *Cyperus articulatus* (0.685%) y *Paspalum corypheum* (0.251%). (Tabla 1 y 2).

En X'pujil, la especie gramínoidea que obtuvo mayor cobertura fue *Paspalum arundinaceum* (63.043%), continuando con *Scleria eggersiana* (13.341%), *Paspalum plicatulum* (11.216%), *Eleocharis filiculmis* (8.555%), *E. acutangula* (3.104%), *Andropogon virginicus* (0.416%), *Paspalum corypheum* (0.256%) y *Cyperus articulatus* (0.066%).

La distribución de frecuencias muestra que los intervalos de cobertura entre 4.0-7.5 tienen una frecuencia del 41.82% en X'cahi y 39.33% en X'pujil, mientras que los intervalos entre 8-11.5 del 26.72% en X'cahi y 21.26% en X'pujil, siendo estos los valores más altos y pertenecientes a las hierbas gramínoideas (Fig. 2).

La especie que registró mayor altura en ambos sitios fue *Paspalum corypheum* (Tabla 1 y 2), mientras que *Stachytarpheta angustifolia* al-

canzó el valor mínimo de 12.8 cm. Los árboles-arbustos y gramínoideas fueron las formas de vida que tuvieron los promedios de altura más altos en ambas sabanas, seguida de otras herbáceas y las herbáceas acuáticas. El promedio de altura de la vegetación para X'cahi fue de 20.50 cm. y para X'pujil 21.08 cm.

La distribución de frecuencias muestra que los intervalos de altura entre 91-120 cm tienen una frecuencia del 24% en X'cahi y 48.28% en X'pujil, mientras que los intervalos entre 121-150 del 39.86% en X'cahi y 18.31% en X'pujil, siendo estos los valores más altos y pertenecientes a las hierbas gramínoideas (Fig. 3).

La especie que tuvo el valor de importancia relativa (VIR) más alto en X'cahi fue *Paspalum plicatulum*, siendo éste de 135.46, debido a que presentó la mayor frecuencia y cobertura relativa (Tabla 1), mientras que *P. arundinaceum* presentó mayor frecuencia y cobertura relativa en X'pujil, con un VIR de 124.36 (Tabla 2).

Tabla 2.- Forma de vida, altura, cobertura, frecuencia y valor de importancia relativa (VIR) para cada una de las especies muestreadas en X'pujil.

Especie	Forma de vida	Altura promedio cm (± d.e.)	Cobertura promedio cm (± d.e.)	Cobertura relativa	Frecuencia relativa	VIR
<i>Andropogon virginicus</i>	He	82 ± 22.1	11.7 ± 4.1	0.41	0.33	0.74
<i>Crescentia cujete</i>	Mi	74 ± 00	20 ± 00	0.17	0.08	0.25
<i>Cyperus articulatus</i>	He	64.7 ± 13.2	0.43 ± 0.23	0.07	0.25	0.32
<i>Echinodorus andrieuxi</i>	Hi	36 ± 00	16 ± 00	0.14	0.08	0.22
<i>Echinodorus nymphaeifolius</i>	Hi	32 ± 00	23 ± 00	0.2	0.08	0.28
<i>Eleocharis acutangula</i>	He	54.9 ± 10.7	9.47 ± 6.28	3.06	3.04	6.1
<i>Eleocharis filiculmis</i>	He	48.2 ± 10.7	8.63 ± 6.53	8.43	9.2	17.63
<i>Nymphoides indica</i>	Hi	48.2 ± 00	13 ± 00	0.11	0.08	0.19
<i>Paspalum arundinaceum</i>	He	107.2 ± 22.9	9.39 ± 5.37	62.13	62.23	124.36
<i>Paspalum corypaeum</i>	He	109.5 ± 11.7	7.25 ± 5.85	0.25	0.33	0.58
<i>Paspalum plicatulum</i>	He	108.8 ± 23.6	5.51 ± 3.05	11.05	15.52	26.57
<i>Scleria eggersiana</i>	He	99.6 ± 22.4	16.5 ± 8.5	13.15	7.47	20.62
<i>Solanum erianthum</i>	Mi	89 ± 00	8 ± 00	0.07	0.08	0.15
<i>Stachytarpheta angustifolia</i>	Te	12.8 ± 5.8	5.1 ± 1.8	0.53	0.99	1.52
<i>Xylosma flexuosa</i>	Mi	21 ± 11.27	8.3 ± 1.1	0.22	0.25	0.47

He= Hemicriptófito, Hi= Hidrófilo, Mi= Minofanerófito y Te= Terófito

Las especies que tuvieron un VIR mayor que el resto de las especies fueron *Echinodorus berteroi* y *Mimosa albida*, siendo favorecidas por su cobertura relativa, mientras que *P. plicatulum*, y *Eleocharis filiculmis* fueron favorecidas en su VIR por su frecuencia relativa.

Las curvas de acumulación de especies indican que el esfuerzo de muestreo fue suficiente para cada sitio de estudio. Para la sabana de X'cahi, se obtuvo una representación del 91.32 % mediante la ecuación de Clench ($a= 7.602$; $b=0.694$) extrapolados a 100 muestras aleato-

rizadas, teniendo un número de especies esperadas de 11. El valor de χ^2 cuadrada fue de 0.155, representando así un buen ajuste a la curva de acumulación.

Para la sabana de X'pujil, se obtuvo una representación del 71.50 % mediante la ecuación de Clench ($a= 4.755$; $b=0.249$) extrapolados a 100 muestras aleatorizadas, teniendo un número de especies esperadas de 19 (Fig. 4). El valor de χ^2 cuadrada fue de 0.076, representando así un buen ajuste a la curva de acumulación.

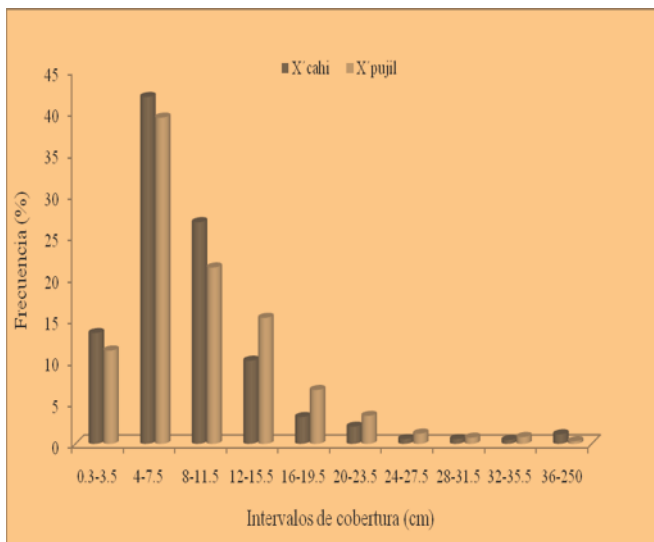


Figura 2. Distribución de frecuencias de cobertura comparando ambos sitios de estudio.

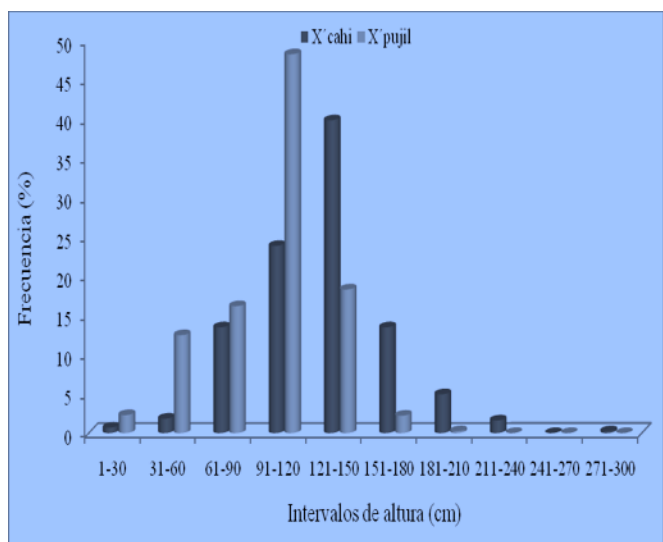


Figura 3. Distribución de frecuencias de altura (cm) comparando ambos sitios de estudio.

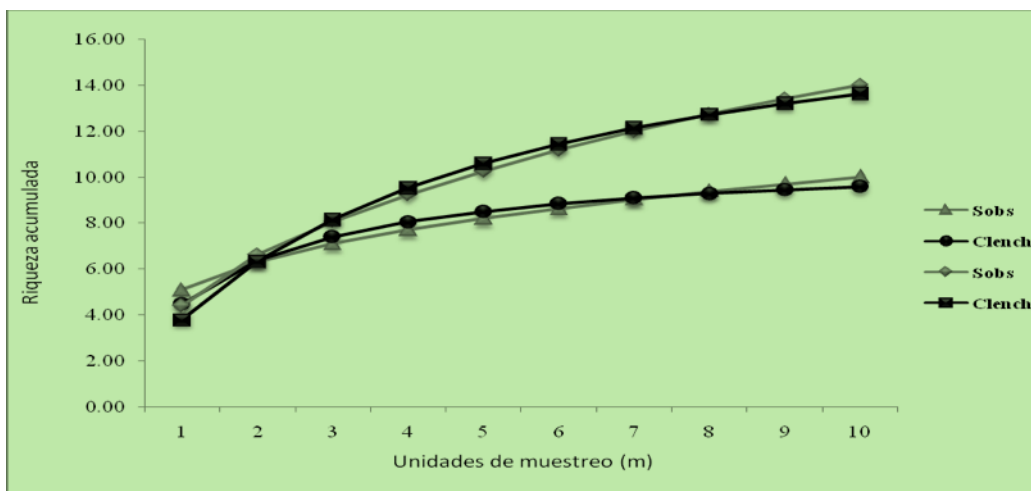


Figura 4. Curva de acumulación de especies comparando ambos sitios. Número de especies observadas (Sobs) y esperadas (Clench), X'cahi (Rombo y Cuadrado), X'pujil (Triángulo-Círculo).

Índice de diversidad. De acuerdo al índice de Shannon-Wiener, la diversidad de toda la comunidad de sabana muestreada tuvo un valor general de 2.16. Sin embargo, analizando los sitios por separado, los valores que toma el índice varían considerablemente, siendo de 0.92 para X'cahi y 1.22 para X'pujil. El sitio 2 (X'pujil) fue el más rico con 15 especies (60 %), a diferencia del sitio 1 (X'cahi) con 10 (40 %).

Índice de similitud. El índice de similitud de Sorensen, al considerar la proporción entre localidades en donde ambas especies se encontraron, muestra que el valor obtenido es 0.32, comprobando así la baja similitud entre ambos sitios, ya que de las 20 especies registradas solo cinco de estas se comparten: *Echinodorus andrieuxii*, *Cyperus articulatus*, *Paspalum coryphaeum*, *Paspalum plicatulum* y *Scleria eggersiana*.

Discusión

La lista de plantas obtenidas en los muestreos de los dos sitios incluye un total de 20 especies (10 en X'cahi y 15 en X'pujil), de las cuales solo cinco se comparten. No deja de sorprender el bajo porcentaje de riqueza de especies obtenido en Campeche comparado con las 135 y 90 registradas en los trabajos realizados por López-Olmedo *et al.* (2006) y Faruggia *et al.* (2008) en Oaxaca y Belice, respectivamente. Con relación a esto, cabe resaltar que el método empleado por los autores mencionados fue diferente y la intensidad del muestreo mayor, sin embargo, registraron una o dos especies como dominantes al igual que en los resultados de este estudio. La mayor riqueza de especies se explicaría posiblemente por la heterogeneidad en el paisaje producto de una historia geológica más antigua. Ahora bien, en este estudio el muestreo fue aplicado tomando en cuenta en el máximo desarrollo vegetativo de las plantas por lo que es el reflejo de las condiciones ambientales predominantes durante el período de lluvias. Los sitios en Campeche estuvieron

cubiertos por 40 a 70 cm. de agua al momento de realizar los muestreos, por lo que se esperaba tener representadas a las especies tolerantes a esta condición temporal y aquellas especies intolerantes a la inundación, predominarán en la temporada de secas, en la cual tendrán una mayor posibilidad de ser consideradas en un muestreo sistemático. Desafortunadamente resultaría impráctico realizar un muestreo en época de sequía porque salvo las fanerófitas, y las escasas hemicriptófitas que se encuentran, las dominantes están secas.

Las curvas de acumulación de especies muestran que los valores de coeficiente de determinación (R^2) para las sabanas de X'cahi e X'pujil fueron de 0.98 y 0.99 respectivamente, siendo estos cercanos a 1, lo que indica un buen ajuste del modelo. En cuanto al registro de especies en el esfuerzo de muestreo aplicado, a pesar de que las curvas de acumulación para ambas sabanas no alcanzaron la asíntota, se logró una representatividad aceptable de las especies que se estima que existen en ambos sitios, ya que las especies observadas y esperadas tuvieron valores cercanos en la sabana de X'cahi, teniendo una diferencia de una especie. Sin embargo, en X'pujil la diferencia entre las especies observadas y esperadas tuvo un valor de cinco.

El espectro de las formas de vida obtenido para las sabanas estudiadas muestra la predominancia de las hemicriptófitas (40%), representadas por gramíneas y ciperáceas pertenecientes a cinco géneros. El conjunto formado por las hierbas hidrófitas y fanerófitas incluye cinco especies, mientras que las terófitas son el grupo menos abundante con dos especies; de esta manera, es importante mencionar que la mayoría de las especies presentes en ambas comunidades sobreviven por periodos de más de un año, a pesar de que las partes aéreas de las plantas muera en el período de sequía.

Uno de los estudios realizados en sabanas, que emplea la clasificación de las formas de vida de Raunkiaer es en la región de Nizanda Oaxaca,

donde a diferencia de las sabanas de Campeche, la forma de vida caméfito fue la predominante (54%), continuando con las hemicriptófitas (22%) las cuales están especializadas para vivir en ambientes extremos debido a la presencia de yemas de renuevo al nivel del suelo o cercano a este y de las fanerófitas (11%) y terófitas (9%). Las geófitas tuvieron la menor representación (4%) (López-Olmedo *et al.* 2006). Las hemicriptófitas en su mayoría estuvieron representadas por gramíneas y las geófitas por hierbas de talla pequeña, las cuales se sugiere que son las formas de vida que mejor resisten la herbivoría, así como el fuego (Richards 1996), que ha sido determinado como un factor que influye en la estructura de las sabanas. El espectro biológico de las sabanas de Campeche indica que se trata de una vegetación establecida en un ambiente con ciertas restricciones para el crecimiento de las plantas, particularmente las de tipo terófito, cuyas partes vegetativas mueren tras la producción de semillas, completando su ciclo vital dentro del año y pasan el período desfavorable (frío o sequía) en forma de semillas (Alcaraz, 2008).

A diferencia de las sabanas de la región de Nizanda, en Campeche, las hidrófitas forman un contingente importante y aunque no es el grupo dominante, si es una de las formas de vida más representativas con especies como *Najas wrightiana*, *Echinodorus berteroi*, *Echinodorus nymphaeifolius*, *Nymphaea ampla* y *Nymphoides indica*, presentando cada una de estas una longevidad perenne. Es importante mencionar que una de las condiciones que favorecieron a que estas especies estuvieran presentes, es que los suelos de estas zonas son impermeables y el drenaje es deficiente permaneciendo inundados durante la temporada de lluvias (Miranda 1958, Rzedowski, 2006).

La frecuencia de aparición de las especies en los muestreos las hierbas gramíneas mostraron una distribución uniforme con valores entre el 81 y 98%, (*Paspalum arundinaceum*, *P. plicatulum* y *Eleocharis filiculmis*). En

contraste, plantas herbáceas como *Hyptis spicigera* y *Stachytarpheta angustifolia* obtuvieron bajos registros apenas alcanzando el 1% de frecuencia.

En cuanto a la altura y cobertura las gramíneas son las que alcanzan frecuencias mucho mayores que el resto de las especies encontradas en ambos sitios. Es interesante mencionar que en X'cahi la acuática *Echinodorus berteroi* obtuvo valores de cobertura más altos inclusive que otras gramíneas. Además *Najas wrightiana* y *Nymphaea ampla* registraron valores intermedios. En contraste en X'pujil las acuáticas *E. nymphaeifolius*, *E. berteroi* y *Nymphoides indica* tuvieron VIR muy bajos.

La altura de las diferentes formas de vida varió notablemente pudiendo determinar la existencia de más de un estrato. Las herbáceas que en promedio tienen menor altura ocupan espacios del suelo por debajo de las gramíneas más altas. En este sentido *Paspalum plicatulum* y *P. arundinaceum* especies dominantes que obtuvieron los valores más altos en alturas promedio que el del resto de las especies protegen a aquellas plantas con menor altura (Faruggia 2008). Los valores obtenidos sobre la diversidad determinada por el índice de Shannon-Wiener (H') para las dos sabanas muestreadas, indican que la sabana X'pujil ($H'=1.25$) es más diversa que la sabana X'cahi ($H'=0.92$). Esto se explica en términos de riqueza específica, ya que X'pujil presentó un mayor número de especies, siendo la diferencia de cinco especies entre ambas sabanas. Los índices de similitud muestran que ambos sitios son poco similares entre si compartiendo sólo cinco especies, influenciando de esta manera en la composición de la flora.

Conclusiones

El análisis de la estructura mostró que los valores de importancia en estas sabanas están dados principalmente por la cobertura. De

acuerdo con los valores de importancia relativa (VIR), *Paspalum plicatum* y *P. Arundinaceum* fueron las especies predominantes en ambos sitios de sabanas muestreadas, siendo favorecidas tanto por la frecuencia como por la cobertura. Por ello, ambas especies conforman la cubierta vegetal protectora de las plantas pequeñas.

Agradecimientos

A la Dra. Consuelo Sánchez González del Centro de Investigaciones Históricas y Sociales de la Universidad Autónoma de Campeche por dirigirnos en primera instancia con las autoridades ejidales de Xmabén y por su interés en apoyar el presente trabajo. La familia Tilán Canché muy amablemente nos brindó hospedaje durante los viajes de campo y Don Liberato, además fue nuestro guía de campo. Los Biol. Rosa Serrano Castillo, María Inés Peraza Arcila y Kumenoni Lira Lazo participaron con gran entusiasmo en las salidas de campo.

Referencias

- Alcaraz F. 2008. Bosques monzónicos y sabanas. Universidad de Murcia, España. 8 pp.
- Canfield HR. 1941. Application of the line interception method in sampling range vegetation. *J. of Forestry*. 388-394.
- Colwell R. 2006. Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. *Versión 8.0*. Department of Ecology and Evolutionary Biology. University of Connecticut. USA.
- Faruggia FT, Stevens MH y Vincent MA. 2008. A Floristic Description of a Neotropical Coastal Savanna in Belize. *Caribbean Journal of Science* 44: 53-69.
- Flores S, Álvarez J. 2004. Flora y Vegetación en Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Universidad Autónoma de México. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Huber O. 1987. Neotropical savannas: their flora and vegetation. *Trends Ecol. Evol.* 2: 67-71
- Jiménez A y Hortal J. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*. 8: 151-161 pp.
- Krebs J. 1972. *Ecology: The Experimental analysis of distributions and abundance*. Harper & Row. New York. 694 pp.
- Krebs C. 1999. *Ecological methodology*. 2ª ed. Addison Wesley longman. USA. 620 pp.
- López-Olmedo L, Pérez E, y Meave J. 2006. Estructura y composición florísticas de las sabanas de la región de Nizanda, Istmo de Tehuantepec (Oaxaca) México. *Acta Botánica Mexicana*. 77: 41-67 pp.
- Miranda F. 1958. Estudio acerca de la vegetación de la península de Yucatán. En: *Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento*. Ed. Beltrán. E. Publ. Inst. Méx. Nat Renov. Vol. II. 215-271 pp.
- Mueller-Dombois D y Ellenberg H. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. John Willey & Sons. Inc. 547 pp.
- Pennington RT, Lewis GP y Ratter JA. 2006. An overview of the plant diversity, biogeography and conservation of neotropical savannas and seasonally dry. En: Pennington, T. *et al.*, *Neotropical savannas and tropical dry forests*. 1-29 p. The Systematic Association Special Volume Series 69.
- Richards P. 1996. *The tropical rain forest*. Cambridge University Press. Cambridge. 599 pp.
- Rzedowski J. 2006. *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 504 pp.
- StatSoft. 2008. *Statistica Trial Versión 8.0*. Copyright © StatSoft. Inc. 1984-2008.
- Secaira F, García G, Merman J, Sabido W y Castillo J. 2004. Mapa de vegetación

potencial de la Península de Yucatán. Mapa Sistemas Ecológicos Potenciales. Escala 1:250,000. Pronatura Península de Yucatán a través del Plan Ecorregional de las Selvas Maya, Zoque y Olmeca. Programme for Belice, Fundación Defensores de la Naturaleza, El Colegio de la Frontera Sur, Wildlife Conservation Society, Conservación Internacional, The Nature Conservancy. Vázquez, C., Ortiz-Díaz J, Tun-Garrido J y García-Gil G. 2012. Flora vascular de las sabanas de Xmabén, Hopelchén, Campeche. Polibotánica. 34: 1-19.

*Roger Iván Rodríguez-Vivas¹, Alberto Rosado Aguilar¹, Edwin Gutiérrez-Ruiz¹, Manuel Bolio-González¹, Melina Ojeda-Chi¹, Eduardo Sierra Lira¹, Martín Orlando Pulido Medellín², Roy José Andrade Becerra²

¹Cuerpo Académico de Salud Animal, Departamento de Salud Animal, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. *rvivas@uady.mx

Resumen

La isosporosis porcina es una enfermedad entérica de los lechones producida por un protozoo intracelular (*Isospora suis*). La enfermedad se presenta en cerdos lactantes y se reporta en varios países con importancia considerable, ocasiona desde diarreas leves hasta diarreas letales lo que produce reducción en la ganancia de peso en lechones y representa un alto costo de producción en la industria porcina. En esta revisión, se presentan las bases epidemiológicas de la enfermedad en lechones para establecer programas de prevención y control de *I. suis* en la industria porcina.

Introducción

La isosporosis porcina es una enfermedad producida por un protozoo intracelular que parasita al cerdo e invade el intestino delgado, donde se reproduce e invade las células epiteliales de todo el trayecto o de las partes finales del intestino (Cordero del Campillo *et al.* 1999). Varias especies (*Isospora*, *Cryptosporidium* y *Eimeria*) utilizan al cerdo como hospedero definitivo o como intermediario (*Toxoplasma* y *Sarcocystis*). *Isospora suis* es la coccidia que ocasiona la enfermedad de isosporosis en lechones (Rodríguez-Vivas *et al.* 2005). En la actualidad, se reconoce que *I. suis* produce una enfermedad entérica y diarrea en lechones (Aliaga-Leyton *et al.* 2012) y ocasiona reducciones en diferentes criterios zootécnicos, evidenciándose un 20% menos en las ganancias de peso vivo de los lechones infectados (Lindsay *et al.* 1985). Los animales enfermos presentan lesiones en el

intestino delgado las cuales se consideran como las responsables de la baja productividad. Por las pérdidas económicas que produce este protozoo en los lechones lactantes, es considerado como un enemigo de la industria porcina. El objetivo de la presente revisión es proveer las bases epidemiológicas para la prevención y control de *I. suis* en la industria porcina.

Agente causal

La isosporosis porcina es producida por el protozoo *Isospora suis* y es causante de la coccidiosis neonatal. Los ooquistes son subesféricos o ligeramente elipsoides (17-25 x 16-21 μm) con una pared compuesta por una capa interna y otra externa. El ooquiste esporula sin corpúsculo de Stidae ni cuerpo residual ooquistico, formando dos esporocistos con cuatro esporozoitos cada uno y un cuerpo residual (Rodríguez-Vivas *et al.* 2005). La pared del ooquiste está constituida por proteínas, lípidos y carbohidratos, sin embargo, las proteínas representan el 90% de la estructura. La capa externa es rica en proteínas y nula en lípidos, mientras que la capa interna está integrada con una matriz lípido-proteica que la protege de la desintegración al ser expuesta al hipoclorito de sodio. La pared hace que el ooquiste tenga resistencia a daños mecánicos y químicos (sustancias proteolíticas, detergentes y desinfectantes). Sin embargo, puede ser permeable a pequeñas moléculas y sustancias liposolubles tales como el amonio y bromuro de metilo (Mai *et al.* 2009).

El ooquiste es infectante cuando esporula y requiere temperaturas cálidas (29-33 °C), humedad superior al 80 % y oxígeno. El tiempo necesario depende de cada especie de coccidio. En *I. suis* puede producirse tan sólo en 2-3 días. En las explotaciones porcinas intensivas, en las que se mantienen los lechones con temperaturas elevadas, la esporulación se produce muy fácilmente y los ooquistes esporulados pueden mantenerse viables hasta 12 meses. Se destruyen con temperaturas altas (a 53 °C en 10 minutos, a 80 °C en 10 segundos) o muy bajas (por debajo de -10 °C) y son también muy sensibles a la desecación y a la luz solar directa (Martínez-Moreno *et al.* 2011). *I. suis* afecta a la mayoría de los lechones en las primeras tres semanas de vida. Los daños económicos que provoca son debido a las diarreas y la disminución en el peso de los animales. Afecta la producción de cerdos de todo el mundo. La infección con *I. suis* daña la mucosa superficial del yeyuno e íleon desencadenando una diarrea de tipo no sanguinolenta (Cordero del Campillo *et al.* 1999).

Ciclo biológico

El ciclo biológico de *I. suis* incluye una fase sexual y otra asexual (endógena) dentro del hospedero y en el ambiente se realiza la esporulación del ooquiste (exógeno) (Cottrell, 1998). Los ooquistes esporulados (Fig.1) son ingeridos por el cerdo y en el interior del intestino se produce un desenquistamiento para liberar los esporozoitos. El paso a través del estómago altera la pared del ooquiste y permite a las sales biliares y enzimas digestivas activar los esporozoitos, los cuales dejan el esporocisto y el ooquiste y son liberados en el lumen intestinal. Estos invaden inicialmente el epitelio apical de las vellosidades de todo el intestino delgado, preferentemente en el primer tercio y zona media del yeyuno, y posteriormente pueden encontrarse parásitos en el fondo de las criptas, en la mitad posterior del intestino delgado y a veces en el duodeno, ciego y colon (Rodríguez-Vivas *et al.* 2005).



Figura 1. Ooquiste esporulado de *Isospora suis*.

El ciclo incluye varias divisiones por endodiogenia (Fig. 2), con formación de merontes binucleados dentro del enterocito (tipo I), que formarán merozoitos en parejas. Más adelante, hay dos generaciones de tipo II multinucleados, que dan lugar a merozoitos (2-16) (Rodríguez-Vivas *et al.* 2005). Finalmente, la reproducción sexual tiene lugar con la producción de micro y macrogametes y después micro y macrogametos. Cada microgama-meto fertiliza a un macrogameto para formar un cigoto, el cual es envuelto por una pared del ooquiste (Cottrell, 1998).

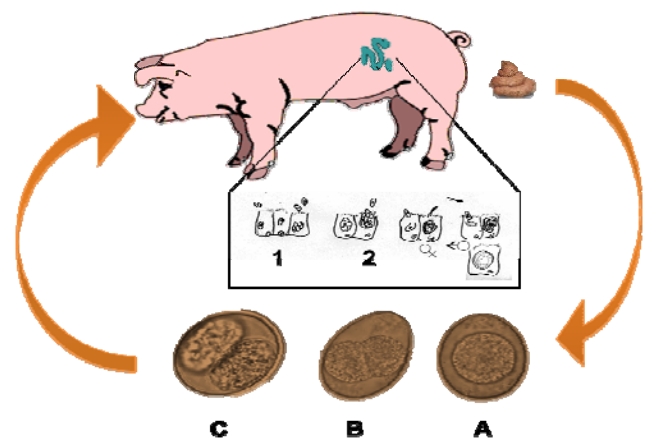


Figura 2. Ciclo biológico de *I. suis*. 1-2: Desarrollo en el enterocito. A: Ooquiste recién excretado. B: Ooquiste con dos esporoblastos. C: Ooquiste esporulado.

El ooquiste es excretado cuatro a cinco días después de la infección, donde cada gramo de heces puede contener de 1000 a 400 000 ooquistes. Los ooquistes esporulan rápidamente en condiciones húmedas y calurosas. Se ha demostrado que la esporulación ocurre en 48 horas a 24-27°C, en 16 horas a 30°C y en 12 horas a 37°C (Cottrell 1998).

Patogenia

El desarrollo de los coccidios en el intestino de los cerdos origina una importante destrucción de células epiteliales, principalmente del yeyuno y del íleon. Los parásitos penetran y se multiplican en el interior de las células epiteliales y provocan ruptura mecánica de las células. Se calcula que por cada ooquiste infectante se produce la destrucción de una superficie de 1 mm² de epitelio intestinal. Esta destrucción del epitelio apical de las vellosidades conlleva una hiperplasia de las células no diferenciadas de las criptas intestinales, que van reemplazando a las células destruidas (metaplasia epitelial), y esto conlleva a una pérdida de la capacidad de absorción del intestino. Además, la destrucción epitelial se acompaña de un proceso inflamatorio en la submucosa, con infiltrado celular, hiperemia y edema. El resultado de todo esto es una disminución de la capacidad de absorción, una pérdida de fluidos y un aumento de la motilidad intestinal, lo que ocasiona un síndrome de malabsorción y en procesos diarreicos. La acción patógena de *I. suis* está directamente relacionada con la dosis infectante y la edad del hospedero (Es una enfermedad de neonatos). La presencia de otras infecciones intestinales, principalmente por *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, *Salmonella* spp., rotavirus y coronavirus, pueden agravar el proceso patológico de *I. suis* (Martínez-Moreno *et al.* 2011).

Lesiones y signos clínicos

La principal lesión que produce *I. suis* es una enteritis y, en casos graves, una enteritis de tipo fibrinosa-necrosante con formación de mem-

branas. En raras ocasiones se observa enteritis hemorrágicas. La patología también se caracteriza por la atrofia y fusión de las vellosidades intestinales (Cottrell 1998, Chae *et al.* 1998), con metaplasia epitelial apical e hiperplasia en las criptas de Lieberkhun. Estas lesiones se producen principalmente en yeyuno e íleon (Cordero del Campillo *et al.* 1999).

La isosporosis se presenta en lechones jóvenes de 5-7 días de vida y hasta la 3 semana de vida eliminan heces sueltas o pastosas, que huelen a leche ácida, son acuosas, blanquecinas, blanco amarillentas o grisáceas, desciende el apetito, con retraso del crecimiento, deshidratación, ligera palidez de las mucosas y erizamiento piloso (Cordero del Campillo *et al.* 1999).

En casos clínicos de isosporosis es característico el aspecto y consistencia grasa de las heces, ya que el intestino pierde rápidamente la capacidad de absorción, con lo que se eliminan gran cantidad de lípidos no digeridos. Este aspecto denomina la enfermedad como “esteatorrea de los lechones”. En casos severos se presenta vómitos, mal pelaje, deshidratación, pérdida de peso y retraso en el crecimiento (Martínez-Moreno *et al.* 2011).

Inmunidad

Los lechones en edades tempranas no cuentan con un sistema inmune desarrollado por lo que *I. suis* se presenta principalmente en las primeras dos semanas de vida. En los lechones el principal componentes del sistema inmune celular son las Placas de Peyer (PP), que consiste de tejido linfoide organizado y linfocitos dispersos por toda la mucosa, las cuales están densamente pobladas con linfocitos B y su desarrollo se completa a los 12 días de edad de los lechones. Por otro lado, las vellosidades del intestino poseen pocos linfocitos T al nacimiento, en lechones sanos los linfocitos T comienzan a migrar a las vellosidades en las 2 primeras semanas de vida (Worliczek *et al.* 2009).

La inmunidad pasiva transmitida a los lechones a través de la leche materna no existe. La respuesta inmune humoral parece estar asociada con una producción local de IgA en el intestino (Cottrell, 1998). Los anticuerpos séricos alcanzan su pico máximo en aproximadamente una semana después de la infección primaria, para posteriormente producirse una respuesta secundaria mediada también por anticuerpos (Rodríguez-Vivas *et al.* 2005).

Existe una resistencia natural a *I. suis* asociada a la edad, cuando los lechones susceptibles fueron desafiados con la misma dosis de ooquistes a la edad de dos semanas, éstos presentaron menores lesiones que los animales recién nacidos. Al mes de edad, los lechones susceptibles producen una infección patente con mínimos signos clínicos. La maduración de componentes no específicos del sistema inmune tiene un papel mucho más importante en la resistencia de lechones neonatos hacia la infección causada por *I. suis* que los mecanismos de la inmunidad específica (Rodríguez-Vivas *et al.* 2005).

Diagnóstico

Puede sospecharse de isosporosis porcina mediante los signos clínicos, incidencia con relación a la edad, falta de respuesta a los antibióticos y respuesta positiva a los coccidiostatos. La primera acción a realizar es el envío de muestras al laboratorio solicitando pruebas de flotación (Flotación centrifugada y McMaster) (Rodríguez-Vivas y Cob-Galera, 2005) para poder identificar al coccidio y obtener la cantidad de ooquistes por gramo de heces. Estas pruebas deben ir acompañadas de un cultivo de ooquistes en dicromato de potasio al 2% para establecer las diferencias entre los géneros *Isospora* y *Eimeria*. El género *Isospora* presenta en el ooquiste esporulado dos esporocistos y cuatro esporozoitos cada uno, mientras que el género *Eimeria* presenta cuatro esporocistos y dos esporozoitos en cada uno. Sin embargo, las técnicas de flotación no

siempre revelan la presencia de ooquistes, incluso durante la excreción activa. Durante la infección activa es necesario obtener muestras de diferentes corrales y de preferencia heces pastosas, ya que contienen mayor cantidad de ooquistes que las heces líquidas. Después que los animales se recuperan, la mayoría de los ooquistes se encuentran en las heces (Rodríguez-Vivas *et al.* 2005). Se reporta la presencia de ooquistes de pared delgada en algunas muestras de heces de lechones y éste tipo de ooquistes pueden verse en cepas específicas que aparecen en las últimas fases de su desarrollo. Estos ooquistes parecen ser los responsables de los hallazgos clínicos y patogénicos en la isosporosis neonatal de los lechones (Cordero del Campillo *et al.* 1999).

El diagnóstico definitivo de la isosporosis se realiza examinando el íleon y yeyuno a fin de identificar las formas coccidiales. Esto se verifica mediante el examen histopatológico o mediante raspados de mucosa teñidos con Giemsa. La histopatología es lenta y cara, mientras que los raspados resultan ser fáciles, rápidos y económicos. Aún si la isosporosis es confirmada, se recomienda realizar un examen completo de laboratorio en busca de las evidencias de la enfermedad concurrente. Un examen de laboratorio completo requiere del envío de un lechón en las fases tempranas de la enfermedad para poder ser sacrificado (Rodríguez-Vivas *et al.* 2005).

Una de las alternativas de diagnóstico es la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), la cual ha probado ser un método efectivo para diferenciar los ooquistes de *Eimeria* e *Isospora* (Ruttkowski *et al.* 2001). Es posible el cultivo en medios celulares, con desarrollo de esquizontes multinucleados (Cordero del Campillo *et al.* 1999).

Epidemiología

Los cerdos se infectan por la ingestión oral de ooquistes esporulados presentes en el suelo, comederos y bebederos contaminados, incluso

por ooquistes adheridos a las mamas de las madres. El período prepatente de la isosporosis es de cinco días, y el período patente ocurre del día 5 al 8 y otra vez del día 11 al 14. Se ha observado que la eliminación tiene lugar en dos o tres oleadas, correspondiendo a los ritmos de reproducción sexual del parásito. Este período patente bifásico permite postular la existencia de un ciclo biológico extraintestinal (Cottrell, 1998).

La enfermedad puede ocurrir bajo cualquier sistema de manejo, y es más común en los meses más calurosos cuando las condiciones ambientales favorecen el desarrollo de los ooquistes. *I. suis* puede soportar el congelamiento por 26 días y permanecer viable en el suelo durante 12 meses a temperaturas de 40 a 45 °C (Rodríguez-Vivas *et al.* 2005).

Entre los factores de riesgo más importante que predisponen la presentación de la isosporosis porcina se encuentran la edad de los animales, el tipo de sistema de producción, tipo de pisos en que son criados los animales, coinfección con otros agentes etiológicos, condiciones sanitarias y manejo de las exportaciones (Fig. 3) (Martínez-Moreno *et al.* 2011).

El tipo de piso de los corrales afecta la incidencia de la isosporosis clínica. Los pisos sólidos (por ejemplo: concreto) predisponen la isosporosis clínica ya que son difíciles de limpiar en comparación con las jaulas elevadas que permiten una mejor limpieza. En un estudio realizado por Rodríguez *et al.* (2001b) encontraron que la prevalencia de la coccidiosis porcina es mayor en el sistema de producción en exterior en comparación con el sistema en interior. Esto fue debido a que los cerdos en el sistema en exterior son explotados en lugares poco higiénicos con mayor humedad y efectos directos del ambiente que favorecen la esporulación y la infección. Las medidas higiénicas y principalmente los suelos perforados de las corraletas parecen disminuir el riesgo de la isosporosis.

La morbilidad es alta pero la mortalidad es menor al 20%, si existieran complicaciones por otros agentes o por fallos dietéticos, la mortalidad puede llegar al 20%. Generalmente no se presentan signos clínicos en cerdos de engorda y adultos. Las causas de diarrea en los lechones pueden ser producidas por varios agentes. Es posible la intervención secundaria

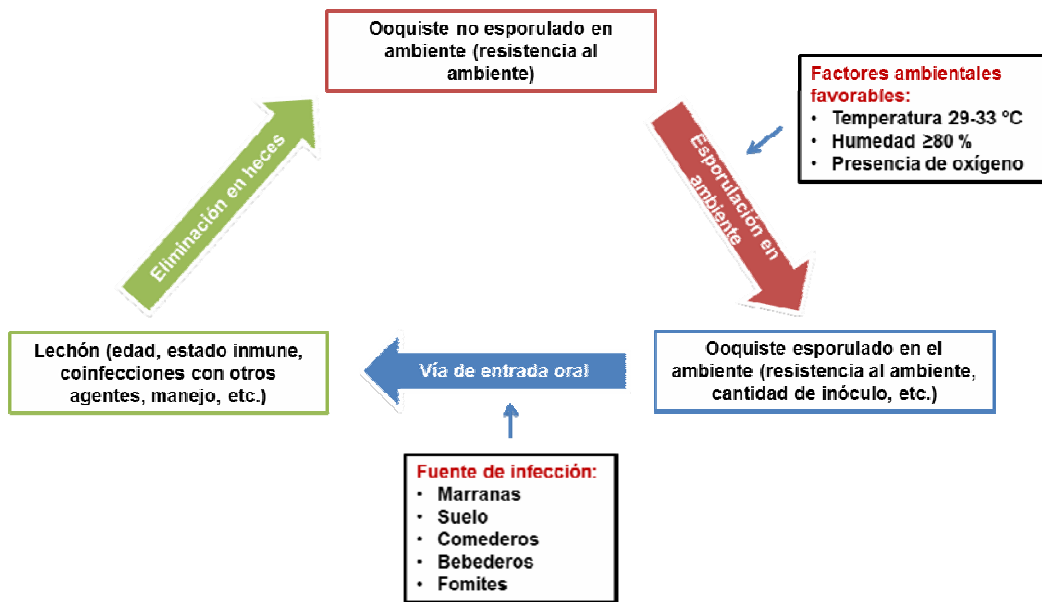


Figura 3. Componentes de la cadena epidemiológica que predisponen la presentación de *I. suis* en lechones.

de *Escherichia coli*, el virus de la gastroenteritis transmisible, rotavirus, *Clostridium perfringens* tipo C, *Strongyloides ransomi* y otros coccidios. Chae *et al.* (1998) reportaron que en un 49.5 % de lechones lactantes se identificaron otros enteropatógenos entre estos: *E. coli* (47.6%) y el virus de la gastroenteritis viral (3.8%). Estos agentes potencian sinérgicamente la patogenia, debido a que compiten por el mismo tipo de células hospederas, originando una mayor destrucción del epitelio intestinal (Cottrell 1998, Cordero del Campillo *et al.* 1999).

La alta ocurrencia de isosporosis porcina está en relación a la edad de los cerdos, Hamadejova y Vitovec (2005) reportaron prevalencias de 38.8% en cerdos de 2 semanas de edad y mencionan que el pico más alto de eliminación de ooquistes (46.3%) se presentó a los 13 días de edad (Fig. 4).

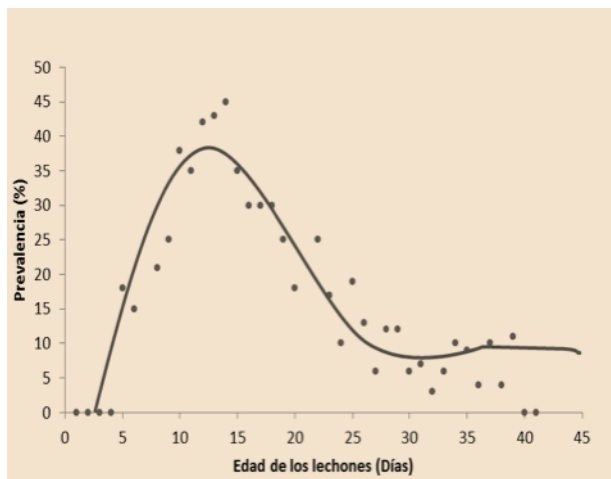


Figura 4. Prevalencia de cerdos positivos a *Isospora suis* con relación a la edad de los lechones (Tomado de Hamadejova y Vitovec 2005).

La prevalencia de *I. suis* es muy variable dependiendo de las condiciones de las explotaciones. En la tabla 1 se presenta el resumen de reportes a nivel mundial de prevalencia de *I. suis*. Se observa que la prevalencia puede variar de 26.5 % a 70.9 %

dependiendo del lugar de estudio y de las condiciones de los sistemas de producción de los cerdos. En la actualidad, la producción porcícola en varios países está regresando a la producción extensiva y las parasitosis son más manifiestas y ponen en riesgo la salud de los animales (Rodríguez *et al.* 2001b).

Programas de prevención y control

La mejor medida de control de la isosporosis porcina es mediante estrictas medidas de sanidad e higiene, particularmente la limpieza al vapor. Algunas medidas de profilaxis incluyen una higiene escrupulosa, con limpieza y desinfección de las parideras en cada ciclo productivo, mediante chorros de vapor de agua caliente, frecuentes cambios de cama y mantenimiento de los corrales secos. La desinfección química debe tener presente el riesgo de impacto ambiental negativo. Otras medidas son la cuarentena para los animales adquiridos, tratamiento de las madres una semana antes del parto y, en caso preciso administrar a los lechones destetados alimento medicado durante 4 a 6 semanas (Cordero del Campillo *et al.* 1999).

Cuando se realiza un programa de control consistente en lavado extensivo de la maternidad, desinfección química y lavado al vapor, acompañado de un tratamiento a las madres con ionóforos antes y después del parto, desaparece la isosporosis clínica de lechones lactantes, aunque no se logra desaparecer la infección subclínica en los lechones (Cordero del Campillo *et al.* 1999). El control químico de ooquistes de *I. suis* se puede hacer mediante el uso del desinfectante clorocresol al 2 % que produce la lisis del 95-100% de los ooquistes esporulados al estar en contacto por 30-90 minutos. La ventaja de este desinfectante es que es altamente eficaz y es biodegradable (Straberg y Dauschies, 2007).

Una de las medidas profilácticas más importantes en la isosporosis porcina es la higiene.

Tabla 1. Prevalencias de lechones con *Isospora suis* de acuerdo al sistema de producción reportados a nivel mundial.

País	Prevalencia en Animales (%)	Sistema de Producción	Referencia
Australia	70.9	Int	Driesen <i>et al.</i> (1993)
China	63.9	Var	Zhang <i>et al.</i> (2012)
México	45.0	Var	Rodríguez <i>et al.</i> (2001a)
República Checa	38.8	Var	Hamadejova y Vitovec (2005)
Venezuela	31.9	Int	Pinilla-León (2009)
Polonia	27.8	Var	Karamon <i>et al.</i> (2007)
Alemania	26.9	Var	Wieler <i>et al.</i> (2001)
Canadá	26.4	Int	Aliaga-Leyton <i>et al.</i> (2011)

Int=Intensivo, Var=Varios

El excremento debe ser removido de las corraletas al menos una vez al día. Al entrar a las corraletas deben utilizarse utensilios, botas y ropa para cada una de estas. Es importante llevar a cabo el control de roedores y moscas para prevenir la transmisión mecánica del parásito. Entre los medicamentos contra las coccidiosis, el Toltrazuril ha demostrado ser consistentemente efectivo para el control de la isosporosis a dosis de 10, 20 ó 30 mg/kg a los tres días de edad o de 20-30 mg/kg a los 3 a 6 días de edad (Joachim y Mundt, 2011). De la misma forma, se ha encontrado que la aplicación de 150 mg de Lasalocid por kg de alimento a lechones infectados presenta buenos resultados y los animales tratados desarrollaron una inmunidad efectiva hacia *I. suis*.

Referencias

Aliaga-Leyton A, Webster E, Friendship R, Dewey C, Vilaça K y Peregrine AS. 2012. An observational study on the prevalence and impact of *Isospora suis* in suckling piglets in southwestern Ontario, and risk factors for shedding oocysts. *Canadian Veterinary Journal*. 52 (2):184–188.

Chae C, Kwon D, Kim O, Min K, Cheon DS, Choi C, Kim B y Suh J. 1998. Diarrhoea in nursing piglets associated with

coccidiosis: Prevalence, microscopic lesions and coexisting microorganisms. *Veterinary Record*. 143 (15):417-420.

Cordero del Campillo M, Hidalgo M y Diez N. 1999. Eimeriosis e Isosporosis. En: *Parasitología Veterinaria*. Cordero del Campillo M, Rojo FA, Martínez AR. Editores. McGraw-Hill Interamericana. Madrid, España. p. 968

Cottrell T. 1998. Coccidiosis: A Practitioner's Approach. *Compendium's Food Animal Medicine and Management*. 20 (4): 24-129.

Driesen SJ, Carland PJ y Fahy VA. 1993. Studies on preweaning piglet diarrhoea. *Australian Veterinary Journal*. 70:259–262.

Hamadejova K y Vitovec J. 2005. Occurrence of the coccidium *Isospora suis* in piglets. *Veterinary Medicine*. 50(4):159–163.

Joachim A y Mundt HC. 2011. Efficacy of sulfonamides and Baycox® against *Isospora suis* in experimental infections of suckling piglets. *Parasitology Research*. 109 (6):1653-1659.

- Lindsay DS, Current WL y Taylor JR. 1985. Effects of experimentally induced *Isospora suis* infection on morbidity, mortality and weight gains in nursing pigs. *American Journal of Veterinary Research*. 46(7):1511-1512.
- Mai K, Sharman PA, Walker RA, Katrib MA, De Souza D, McConville MJ, Wallach MG, Belli SI, Ferguson DJP y Smith NC. 2009. Oocyst wall formation and composition in coccidian parasites. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*. 104(2): 281-289.
- Martínez-Moreno A, Buffoni L, Hernández-Redondo ES, Acosta I, y Martínez Moreno FJ. 2011. Coccidiosis porcina: situación actual. *Anaporc: revista de la Asociación de Porcinocultura Científica*. 8(83): 24-30.
- Rodríguez RI, Ortega PA, Machain WC y Santos RR. 2001b. Parásitos gastrointestinales en marranas mantenidas en dos sistemas de producción (interior y exterior) en el trópico mexicano. *Livestock Research for Rural Development*. 13 (5):1-9.
- Rodríguez-Vivas RI y Cob-Galera LA. 2005. Técnicas Diagnósticas en Parasitología Veterinaria. Segunda Edición. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, México. pp. 41-51.
- Rodríguez-Vivas RI, Cob-Galera LA y Domínguez-Alpizar JL. 2001a. Frecuencia de parásitos gastrointestinales en animales domésticos diagnosticados en Yucatán, México. *Revista Biomédica*. 12:19-25.
- Rodríguez-Vivas RI, Ramírez-Cruz GT y Quiñones-Avila F. 2005. Epidemiología, prevención y control de la coccidiosis porcina. En: *Enfermedades de importancia económica en producción animal*. Rodríguez-Vivas RI (ed.). McGraw-Hill-UADY. México, D.F. pp. 295-302.
- Rutkowski B, Joachim A y Dauschies A. 2001. PCR-based differentiation of the three porcine *Eimeria* species and *Isospora suis*. *Veterinary Parasitology*. 95 (1):17-23.
- Straberg E y Dauschies A. 2007. Control of piglet coccidiosis by chemical disinfection with a cresol-based product (Neopredisan 135-1®). *Parasitology Research*. 101: 599–604.
- Wieler LH, Ilieff A, Herbst W, Bauer C, Vieler E, Bauerfeind R, Failing K, Klös H, Wengert D, Baljer G y Zahner H. 2001. Prevalence of enteropathogens in suckling and weaned piglets with diarrhoea in Southern Germany. *Veterinary Medicine*. 48: 151–159.
- Worliczek HL, Gerner W, Joachim A, Mundt HC y Saalmüller A. 2009. Porcine Coccidiosis, investigations on the cellular immune response against *Isospora suis*. *Parasitology Research*. 105:S151–S155.
- Zhang WJ, Xu LH, Liu YY, Xiong BQ, Zhang QL, Li FC, Song QQ, Khan MK, Zhou YQ, Hu M y Zhao J. 2012. Prevalence of coccidian infection in suckling piglets in China. *Veterinary Parasitology*. En prensa.

***Marcos Barros-Rodríguez, Eduardo Briceño-Poot, Jorge Canul-Solís, Carlos Sandoval-Castro, Javier Solorio-Sánchez, Juan Ku-Vera**

Cuerpo Académico Producción Animal en Agroecosistemas Tropicales, Departamento de Nutrición Animal, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán.
*ma_barrosr@yahoo.es

Introducción

Los sistemas silvopastoriles son una alternativa en la producción de ovina debido a que las gramíneas presentan fluctuaciones en su valor nutritivo a través del año. La producción basada en pastos da origen a una deficiente respuesta animal y como consecuencia la presencia de indicadores productivos y reproductivos deficientes (Delgado *et al.* 2001). La adición de leguminosas forrajeras arbóreas como *Leucaena leucocephala*, dentro de sistemas silvopastoriles, puede jugar un papel muy importante debido a que proveen un forraje rico en nutrientes, especialmente en proteína, vitaminas y minerales. Este forraje puede ser incluido en la dieta de los rumiantes para incrementar la ingestión y la digestibilidad de los pastos de menor calidad (Wencomo 2008).

Alimentación ovina

En el mundo existen dos grandes sistemas de alimentación para la producción de ovinos, uno intensivo utilizando concentrados y el otro extensivo, sistema que utiliza sólo pasto. La producción a base de concentrados incrementa notablemente los indicadores productivos, tanto la ganancia de peso como la producción de leche. Sin embargo, en la mayoría de los casos el alto costo de los concentrados limita el margen de utilidad para el productor. La alimentación basada solamente en pastos mantiene la producción de carne y leche relativamente baja, debido al déficit principal de disponibilidad de proteína vegetal verdadera en cantidad y calidad suficiente a través del año (Delgado *et al.* 2001). No obstante, los valores

nutricionales pobres de los pastos naturales son mejorados cuando son asociados con leguminosas y se obtiene de este modo mayores resultados productivos y por tanto económicos. Si bien es cierto, las leguminosas no aportan grandes volúmenes de materia seca, su elevada cantidad de proteína aporta más proteína por unidad de área que algún otro cultivo.

Sistemas silvopastoriles

Los Sistemas Silvopastoriles (SSPs) proveen a los animales una dieta rica en proteína, por ello la implementación de estos sistemas se convierte en una ventaja. Las leguminosas usadas para dichos sistemas pasan de los 18% de proteína y se puede alcanzar ganancias de peso en zonas tropicales hasta de 800 g⁻¹animal⁻¹día⁻¹ en bovinos, y un incremento de hasta dos litros de leche por vaca/día y en el caso de ovinos ganancias de peso de 106 g/día (Wencomo 2008, Barros-Rodríguez *et al.* 2012). Por tales virtudes, la asociación de leguminosas forrajeras como *L. leucocephala* con gramíneas dentro de los SSPs se presentan como una alternativa para la producción ovina debido a que proveen una dieta rica en nutrientes, constituyendo una opción importante ya que incorporan el componente arbóreo, la diversidad de especies, reciclaje y liberación de nutrientes en sincronía con los componentes del sistema. Otra ventaja son los múltiples servicios ambientales como son la fijación del carbono, la conservación de la biodiversidad, la filtración del agua y protección de las cuencas, reducción de la erosión del suelo y mayor productividad del suelo (Solorio-Sánchez *et al.* 2003), además

mejoran las condiciones microclimáticas optimizando el consumo de alimento de los animales.

***Leucaena leucocephala* en la alimentación de rumiantes**

Las hojas y las vainas de *L. leucocephala* se usan extensamente como forraje para animales rumiantes, ya que entre sus cualidades está el alto contenido de proteína bruta en el forraje, que varía entre 24 y 30 %, dependiendo de la variedad y la época del año (García *et al.* 2008). La digestibilidad de la proteína alcanza el 63% y la digestibilidad de la materia seca entre 60 y 70 % medida *in vivo* (Barros-Rodríguez *et al.* 2012). Además, es muy resistente al pastoreo y a las enfermedades causadas por fitopatógenos (Solorio-Sánchez *et al.* 2003). Otros aspectos importantes a considerar son la cantidad de taninos condensados que contiene. Alonso-Díaz *et al.* (2010) sugieren que los taninos pueden ser usados como un agente antihelmíntico natural contra los nematodos gastrointestinales en los rumiantes. Por estas virtudes es que en varios países se denomina a *L. leucocephala* como la “planta sagrada”. Existen varias investigaciones donde se ha medido el consumo de materia seca (MS) de *L. leucocephala* y pasto en ovinos en regiones tropicales. En la Tabla 1 se puede observar el consumo en (g/kg PV^{0.75}/día) de *L. leucocephala* en ovinos estabulados.

Limitaciones en el consumo de *L. leucocephala*

El consumo de esta leguminosa a altas densidades podría verse limitado debido, por un lado, al aporte excesivo de nitrógeno en la dieta, lo que ocasiona un desbalance nutricional de proteína-energía ocasionando una deficiente síntesis de proteína microbiana, y como consecuencia niveles altos de amoníaco en sangre lo que influye sobre el consumo voluntario (Calsamiglia *et al.* 2010). Por otro lado, está la presencia de mimosina que es un aminoácido

oproteico que es abundante en algunas especies de *L. leucocephala*.

Exceso de nitrógeno en la dieta

El aporte excesivo de proteína cruda a la dieta pudiera ocasionar trastornos metabólicos a los animales, debido a que gran parte de los compuestos nitrogenados son convertidos a amoníaco en el rumen por la degradación bacteriana. Tal exceso es luego utilizado por estos microorganismos para la síntesis proteica microbiana. Cuando hay una falta de energía fermentable o cuando la proteína cruda en la dieta es excesiva, no todo el amoníaco producido en el rumen puede ser convertido a proteína microbiana. El amoníaco no utilizado es absorbido a través del epitelio ruminal y transportado por vía portal al hígado (Calsamiglia *et al.* 2010)

Un exceso de amoníaco en el rumen indica que su producción es mayor a la capacidad de los microorganismos ruminales de transformarlo en proteína microbiana o que la microflora existente es incapaz de utilizar el amoníaco a la velocidad de su producción. La detoxificación del amoníaco impone una actividad enzimática importante a nivel del hígado, involucrando la modificación de los niveles plasmáticos de la ornitil carbamil transferasa. Esta detoxificación, a su vez, requiere un consumo de energía la cual es importante en todo momento, pero más crítica en el caso de tratarse de vacas lecheras de alta producción al inicio de la lactancia. Dicha conversión tiene un valor para el animal de alrededor de 12 kcal/g de nitrógeno (Arias y Nesti de Alonso 1999).

Los niveles de amoníaco en la sangre se mantienen bajos debido a que el hígado convierte rápidamente el amoníaco en urea (ciclo de la ornitina). Si la producción de amoníaco sobrepasa la capacidad del hígado de transformarlo en urea, los niveles de amoníaco en la sangre pueden llegar a ser tóxicos. Además, los altos niveles de amoníaco en sangre influyen sobre el apetito, por lo que

Tabla 1. Consumo de MS (g/kg PV^{0.75}/día) en ovinos alimentados a base de pasto y *L. leucocephala*.

kg PV ^{0.75}	<i>L. leucocephala</i>	<i>L. leucocephala</i> y gramínea	Referencia
12.6	26.0	71.0	Ruz (2010)
13.4	60.0	95.5	González y Cáceres (2002)
14.3	31.0	78.0	Exequiel <i>et al.</i> (2008)
12.8	24.7	70.0	Clavero <i>et al.</i> (1997)
15.2	58.4	90.0	Adejumo y Ademosun (1991)
10.5	-----	83.81	Barros-Rodríguez <i>et al.</i> (2012)

limitan el consumo de alimentos y si su presencia es constante en niveles altos causan permanentes situaciones subóptimas de producción (Poppi y McLennan 1995).

La mimosina

La mimosina es un aminoácido libre no proteico, una alanina β-sustituida con un anillo de 3-hidroxi-4(1H)-piridona (3,4-DHP) (Fig. 1). Este compuesto juega un papel importante en la resistencia de la planta a una gran variedad de agentes fitopatógenos (Serrano *et al.* 1983). Por lo tanto, los signos típicos de la toxicidad en rumiantes que consumen una dieta con altas cantidades de *L. leucocephala* son alopecia, anorexia, pérdida de peso, salivación profunda, lesiones a través de esófago, papilas necróticas en rumen y retículo, hiperplasia de la glándula tiroides y bajos niveles de hormona tiroxina T₄ circulante. De hecho, la toxicosis puede ser aguda o crónica y conllevar incluso a la muerte (Hammond 1995). Otro efecto sobre la producción incluye bajos índices reproductivos debido a la mortalidad embrionaria precoz y a la muerte perinatal (Hammond 1995).

Degradación de la mimosina

La mimosina puede ser degradada sin destrucción del anillo heterocíclico aromático a 3-4 DHP. Dicho anillo presenta menor toxicidad que la mimosina aunque es el metabolito responsable de la disfunción de la glándula

tiroides en rumiantes, siendo un potente agente bociógeno (Kudo *et al.* 1984). Se ha aislado una enzima mimosinasa a partir de extractos de la hoja de *L. leucocephala* que hidroliza la mimosina dando como producto el 3-4 DHP (Tangendjaja *et al.* 1986), también se ha reportado la presencia de actividad hidrolítica en el rumen de animales que consumen *L. leucocephala* (Kudo *et al.* 1984).

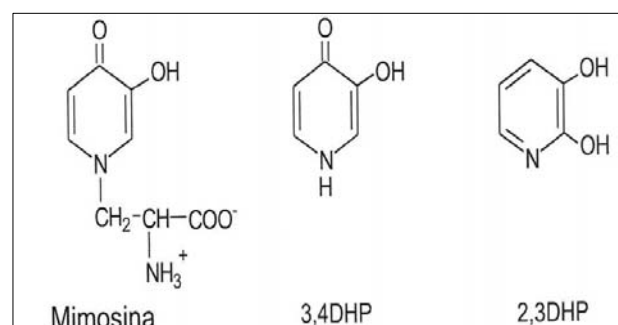


Figura 1. Estructura química de la mimosina, 3-4 DHP y 2-3 DHP

Por otra parte, la variación geográfica de la toxicidad de *L. leucocephala* ha sido atribuida a la presencia o ausencia de bacterias capaces de degradar el 3-4 DHP. En Australia, el problema de la intoxicación por *L. leucocephala* se logró subsanar gracias a la transferencia de la actividad degradadora de 3-4 DHP a partir de un cultivo mixto de bacterias ruminales provenientes de animales tolerantes. Después de la inoculación, la excreción urinaria de 3-4

DHP declinó y los signos clínicos de toxicidad a *L. leucocephala* desaparecieron (Jones y Megarrity 1986). En 1991, se aisló por primera vez una bacteria perteneciente al género *Clostridium* con capacidad degradadora de 3-4 DHP y mimosina a partir de animales que consumían *Leucaena leucocephala* (Domínguez-Bello y Stewart 1991). Posteriormente, Allison *et al.* (1992), identificaron y caracterizaron un nuevo género de bacteria, aislada del rumen, capaz de degradar el 3-4 DHP y su isómero, el 2-3 DHP, el cual nombraron *Synergistes jonesii*.

Recomendaciones para la incorporación de *L. leucocephala* en SSP

1) Es recomendable incorporación de niveles menores de 40% de *L. leucocephala* en la dieta de los rumiantes o lo que representa en pastoreo paraderas con densidades de siembra menor a 40 000 plantas de *L. leucocephala*/ha lo cual no afectan los rendimientos productivos.

2) En el caso de sistemas silvopastoriles intensivos donde la densidad de siembra de *L. leucocephala* es mayor a 55 000 plantas/ha, la suplementación con energía (melaza, subproductos de cítricos) puede ayudar a mitigar los posibles trastornos metabólicos que pudiera ocasionar el consumo excesivo de proteína.

Referencias

- Adejumo J y Ademosun A. 1991. Utilization of leucaena as supplement for growing dwarf sheep and goats in the humid zone of west Africa. *Small Ruminant Research* 5, 75-82
- Allison M, Mayberry W, Mcsweeney C y Stahl D. 1992. *Synergistes jonesii*, gen. nov., sp. Nov.: a rumen bacterium that degrades toxic pyridinediols. *Systematic and Applied Microbiology* 15, 522-529
- Alonso-Díaz M, Torres-Acosta J, Sandoval-Castro C y Hoste H. 2010. Tannins in tropical tree fodders fed to small ruminants: A friendly foe?. *Small Ruminant Research* 89,164-173
- Arias J, y Nesti de Alonso A. 1999. Importancia de los niveles de nitrógeno ureico en leche y sangre en el ganado lechero. *Revista Facultad Agronómica (LUZ)*. 16, 553-561
- Barros-Rodríguez M, Solorio-Sánchez J, Ku-Vera J, Ayala-Burgos A, Sandoval-Castro C, y Solís-Pérez G. 2012. Productive performance and urinary excretion of mimosine metabolites by hair sheep grazing in a silvopastoral system with high densities of *Leucaena leucocephala*. *Tropical Animal Health and Production* 44, 1873-1878
- Calsamiglia S, Ferret A, Reynolds C, Kristensen N y van Vuuren A. 2010. Strategies for optimizing nitrogen use by ruminants. *Anima*. 4, 1184-1196
- Clavero T, Pérez J, Razz R, Lemus M y Palmar F. 1997. Consumo voluntario y balance de nitrógeno de diferentes raciones de *L. leucocephala* en ovinos. *Revista científica FCV-LUZ*. 3, 165-168.
- Delgado D, La OO, Congo B, Galindo J, Obregón Y y Aldama A. 2001. Cinética de la degradación ruminal in situ de cuatro árboles forrajeros tropicales; *leucaena leucocephala*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Sapindus saponaria*, *Gliricidia sepium*. *Revista Cubana de Ciencias Agrícola* 35, 141-145.
- Domínguez M, y Stewart C. 1991. Characteristic of a rumen *Clostridium* capable of degrading mimosina, 3-hydroxy-4(1)-pyridone and 2-3-dihydroxypyridine. *Systematic and Applied Microbiology* 14, 67-71
- Exequiel A, Rodríguez A, Olmos M, Fonseca Y, y Labrada A. 2008. Inclusión de follaje fresco de leucaena y miel-urea en

- dietas de ovejas reproductoras Pelibuey Cubana lactantes explotadas en pastos naturalizados. *Zootecnia Tropical* 26, 367-370
- García D, Wencomo H, Gonzáles M, Medina M y Cova L. 2008. Caracterización de diez cultivares forrajeros de *Leucaena leucocephala* basada en la composición química y la degradabilidad ruminal. *Revista MVZ Córdoba*. 13, 1294-1303
- González E y Cáceres O. 2002. Valor nutritivo de árboles, arbustos y otras plantas forrajeras para los rumiantes. *Pastos y Forrajes* 25, 15-23.
- Hammond A. 1995. *Leucaena* toxicosis and its control in ruminants. *Journal Animal Science* 73, 1487-1492
- Jones R, y Megarrity R. 1986. Successful transfer of DHP-degrading bacteria from Hawaiian goats to Australian ruminants to overcome the toxicity of *leucaena*. *Australian Veterinary Journal* 63, 259-262
- Kudo H, Cheng K, Majak W, Hall J y Costerton W. 1984. Degradation of mimosina in rumen fluid from cattle and sheep in Canada. *Canadian Journal Animal Science* 64, 937-942
- Poppi D y McLennan S. 1995. Protein and Energy Utilization by Ruminants at Pasture. *Journal Animal Science* 73:278-290
- Ruz-Ruiz N. 2010. Indicadores de la toxicidad de la *Leucaena leucocephala* en ovinos de pelo mediante reacciones colorimétricas en la orina y cambios en el consumo de materia seca. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Yucatán, México.
- Serrano E, Lag L y Mendoza E. 1983. Biochemical mechanisms of mimosine toxicity to *Sclerotium rolfsii* Sacc. *Australian Journal Biological Sciences*. 36, 445-454.
- Solorio-Sánchez F, Sandoval-Castro C, Armendáriz I. 2003. Manual de manejo agronómico de huaxin (*Leucaena leucocephala*). Ediciones de la universidad Autónoma de Yucatán. Mérida-Yucatán-México. pp. 11-15
- Tangendjaja B, Lowry J y Wills R. 1986. Isolation of a mimosina degrading enzyme from *leucaena* leaf. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 37, 523-526
- Wencomo HB. 2008. Evaluación morfoagronómica e isoenzimática y selección de accesiones de *Leucaena* spp. con fines silvopastoriles. Tesis. Dr. C. Agrícola. Estación experimental de pastos y forrajes. Indio Hatuey, Cuba. 106 pp

***Juan G Magaña Monforte, Roger Delgado León, Eduardo Valencia Heredia, Juan C Kú Vera, Carlos Aguilar Pérez, José C Segura Correa, Fernando Centurión Castro, Ricardo Aké López, Carlos Silva Mena, Valentín Cárdenas Medina, Raciél Estrada León**

Cuerpo Académico de Reproducción y mejoramiento genético animal en el trópico. Departamento de Reproducción y mejoramiento genético. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. *jmagana@uady.mx

Introducción

La productividad anual de los sistemas de producción de destetes depende de los costos de alimentación, la tasa de destetes, el peso vivo, el valor del destete y de las vacas de desecho. Algunos indicadores regionales señalan tasas de parición, de destetes y productividad anual bajas, en donde cuatro de cada diez vacas son anualmente improproductivas (Magaña y Segura 1998, 2001, 2006, Delgado *et al.* 2004, Gamboa Mena *et al.* 2005, Magaña *et al.* 2006, Abán *et al.* 2008). Estos indicadores podrían mejorarse e impactar positivamente la rentabilidad de los sistemas de destetes a través de la aplicación de tecnologías orientadas a mejorar la eficiencia reproductiva y productiva del sistema. El propósito de este trabajo es describir algunas de las experiencias obtenidas con un grupo de productores, del oriente de Yucatán, en los procesos de la transferencia de tecnologías ganaderas, desde la identificación de productores, uso de tecnologías, situación reproductiva y productiva de algunos hatos ganaderos, la capacitación y adopción de tecnologías.

Identificación de productores y uso de tecnologías ganaderas

Se realizaron reuniones con productores de la Asociación Ganadera Regional y técnicos interesados en participar. Se integró un grupo de 18 productores: nueve de Tizimín, cinco de Panabá, tres de Sucila y uno de Calotmul. Pos-

teriormente, se realizaron visitas a cada uno de los ranchos y al mismo tiempo se iniciaron cursos de capacitación y demostrativos para un mayor número de productores, inicialmente en las aulas del Campus Tizimín de la Universidad Autónoma de Yucatán. Se utilizaron diversos medios (radio, trípticos, invitaciones a las asociaciones ganaderas) para atraer a más productores a los cursos, sin embargo, la respuesta fue pobre, aunque se tuvo la mayoría de las veces buena audiencia conformada por alumnos de las escuelas agropecuarias de Tizimín.

Se aplicó una encuesta para conocer las tecnologías ganaderas y nivel de utilización por los productores y con base en su utilización se integraron tres niveles de tecnológicos de los hatos: Bajo, menos de cuatro tecnologías; Medio de cuatro a seis tecnologías; Alto más de siete tecnologías. En el nivel Bajo se incluyó al 15% de los hatos, los niveles Medio y Alto al 69 y 16% respectivamente. Las tecnologías identificadas fueron: pastos mejorados (pastoreo directo y de corte), riego, fertilización y manejo de praderas, suplementación esporádica durante la época seca, diagnóstico de gestación al menos una vez al año, amamantamiento restringido, hormonas para inducir y sincronizar el estro, inseminación artificial, uso de vacas cruzadas entre europeo y Cebú, sistemas de identificación y registros individuales en libretas, tarjetas y medios electrónicos y escasamente registros de gastos e ingresos.

Diagnóstico inicial de la situación reproductiva, productiva y tecnologías utilizadas en los hatos participantes

El uso de pastos mejorados de pastoreo directo y de corte se encontró que, independientemente del pasto utilizado, el tamaño de los potreros varió entre uno hasta 50 ha, la rotación de los potreros, permanencia y descanso con muy poco o nulo control y la carga animal utilizada fue menor a una unidad animal por hectárea (Fig. 1).

Cuando se utilizaba el riego, se determinó que

la lámina fue insuficiente y con serios problemas en el traslape del agua irrigada; las posiciones de los hidrantes y su rotación con poco control y manejo. La suplementación del ganado en pocos ranchos la utilizaban y las alternativas e insumos utilizados dependieron de las condiciones muy particulares de cada rancho, encontrándose hatos que utilizaban micro-silos a base de pastos de corte, urea, melaza y cerdaza, otros con pasto de corte, o solamente pollinaza, pero ninguno de manera estratégica o apoyándose en el estado fisiológico y condición corporal de la vaca (Fig. 2).

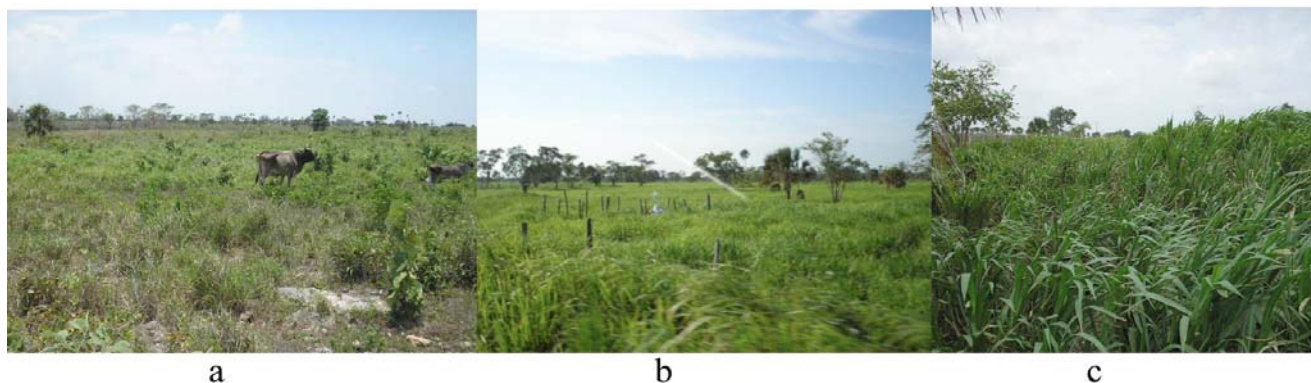


Figura 1. Tecnologías de manejo para la producción de forrajes: a) temporal, b) con riego y c) pasto de corte bajo riego.



Figura 2. Suplementación de vacas: a) vacas Cebú sin suplementación, b) vacas cruzadas con suplementación y c) micro-silo para la suplementación.

El uso de hormonas para la sincronización del estro y la inseminación artificial se utilizaba esporádicamente en cuatro de los 18 ranchos, ya que dichas tecnologías representaban mucho riesgo y costo para los productores. Sin embargo, el manejo del becerro a través del amamantamiento restringido era utilizado en la mayoría de los ranchos, ya que según los productores, esa herramienta sí representaba ventajas favorables para mejorar la fertilidad de las vacas. Aunque según lo observado durante las visitas, los productores en su mayoría manejaba dos lotes de vacas, el primero conformada por las vacas próximas a parir y las recién paridas, y el segundo por vacas de más de un mes de paridas, este último grupo la conforman la mayoría de la población animal en un rancho. En este último grupo se observó que en 44% de los hatos manejaban la suplementación de becerros a través de la separación durante la mañana o con modificaciones en los corrales para permitir que solamente los becerros puedan consumir el suplemento proporcionado (Fig.3). En la mayoría de los hatos participantes manejan vacas Cebuinas y cruzadas, principalmente entre Suizo Pardo x Cebú, seguidos por Charolais, Simmental. Las razas de sementales manejados fueron Brahman, Suizo Pardo, Beef Master, Charolais, Simbrah y Brangus.

Con base en los registros retrospectivos de ocho hatos, se estimaron algunos indicadores reproductivos y productivos, así como factores ambientales que pueden manejarse para mejorar

el nivel del desempeño de las poblaciones ganaderas (Tabla 1).

Posteriormente, se efectuó una reunión informativa programada con los productores participantes, se discutieron los resultados obtenidos y se plantearon varias propuestas para realizar con la participación activa de los productores, entre las que sobresalieron por su importancia las siguientes:

- ✦ Los hatos evaluados retrospectivamente sugieren que la fertilidad y el peso al destete se pueden mejorar de manera significativa, para lo cual se requiere conocer el estado fisiológico de las vacas y su condición corporal.
- ✦ Implementar un programa de manejo reproductivo, que incluya el diagnóstico reproductivo temprano de las vacas en postparto, amamantamiento restringido, suplementación del becerro y utilización de la condición corporal como apoyo para algunas estrategias de suplementación.
- ✦ Implementar un programa sistemático de control de registros para el manejo y evaluación del comportamiento de las praderas, riego, fertilización, de la fertilidad y crecimiento de los becerros y de la rentabilidad de los ranchos, así como el costo: beneficio de las tecnologías que se están utilizando o pretenden utilizar o adaptar y adecuar.



Figura 3. Estrategias de manejo reproductivo: a) vacas recién paridas, b) diagnóstico de gestación y c) evaluación de la aptitud reproductiva del semental.

Tabla 1. Algunos indicadores reproductivos y de producción hasta el destete de vacas en el oriente de Yucatán.

Indicador	EPP (585, días) ¹	IEP (2953, días)	PD (1198, kg)	GDP (975, g/día)
Rancho/	1125-1485	420-553	165-235	550-980
Época de parto				
Febrero-mayo	----	500	210	810
Jun-septiembre	----	486	195	720
Octubre-enero	----	420	180	635
Número de parto				
1	----	500	188	605
2	----	485	206	645
3	----	445	210	700
≥4	----	420	215	720

Resultados de la capacitación y adopción de tecnologías

Entra las primeras acciones fue el realizar los reajustes en el manejo de las praderas y del equipo de riego, y capacitando en el manejo de praderas tanto de pastoreo directo como de corte, durante esos procesos se observó que existe una población considerable de leguminosas en los potreros, lo cual puede aprovecharse para aumentar la disponibilidad y calidad de la biomasa para la alimentación animal. Se realizaron demostraciones y capacitación para la elaboración de micro-silos. Se demostraron las ventajas del manejo de vacas próximas al parto y recién paridas lo cual redundó en mejorar el estado de salud tanto del becerro recién nacido como de su madre, minimizando los efectos negativos de los problemas al parto sobre la sobrevivencia del becerro y la fertilidad subsecuente de la vaca.

Los hatos participantes según su nivel tecnológico inicial, diez se clasificaron como de nivel Bajo y ocho de nivel Medio. Al final, solamente once hatos permanecieron en el proyecto, de los cuales seis fueron del nivel Bajo y cinco de ellos cambiaron al nivel Medio y uno al nivel Alto; del Nivel medio inicial (5 hatos) todos cambiaron al Alto. En la tabla 2 se muestran los resultados expresados en los porcentajes de gestación a cuatro meses postparto y al destete a seis meses de edad del becerro.

En la tabla 2 muestra el cambio en uno de los indicadores más importantes (% de gestación durante el postparto temprano) del sistema de producción de destetes y que redundó en disminuir el número de vacas improductivas lo que conlleva aumentar la rentabilidad de un hato.

Tabla 2. Porcentaje de gestación de las vacas según el nivel tecnológico del hato*

Nivel tecnológico inicial	Nivel tecnológico final	Número de vacas paridas	% de gestación a 4 meses postparto (n)	% de gestación al destete a 6 meses (n)
Bajo	Medio	1017	70 (712)	78 (793)
Medio	Alto	1235	78 (963)	86 (1062)

*Diagnóstico inicial 55% de gestación a 4 meses postparto.

Si se comparan los cambios en el nivel tecnológico de los hatos con relación al 55% de gestación observado (diagnóstico inicial), se puede notar una mejora equivalente al 15 y 23% en los hatos de los niveles Medio y Alto, respectivamente. Al considerar la gestación a seis meses postparto, el 78% de las vacas tendrán intervalos entre partos menores a los 14 meses en los hatos del nivel Medio y el 86% en los hatos del nivel Alto.

Estos resultados muestran las ventajas iniciales de la adopción y/o adecuación de tecnologías ganaderas y puede contribuir a mejorar la rentabilidad de los hatos ganaderos de los medianos y pequeños productores. Finalmente, entre las otras acciones realizadas durante el proyecto resaltan primero, la organización de tres días demostrativos, realizadas en tres subregiones del oriente del estado con la asistencia de alrededor de 100 productores de cada subregión; segundo, la necesidad de asistencia técnica, ya que actualmente en todos los hatos que finalizaron el proyecto ahora ya cuentan con asistencia de un Médico Veterinario Zootecnista con programas de manejo definidos estratégicamente.

Agradecimientos

A la Fundación Produce Yucatán a través del proyecto; a los productores participantes de los municipios de Tizimín, Panabá, Sucila y Calotmul; a los alumnos participantes del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.

Referencias

- Abán J, Delgado R, Magaña JG y Segura JC. 2008. Factores que afectan el porcentaje de gestación a 120 días posparto en vacas Cebú y cruzadas con europeo en el sureste de México. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 12(1):45-56.
- Delgado R, Magaña JG, Galina C y Segura JC. 2004. Effect of body condition at calving and its changes during early lactation on postpartum reproductive performance of Zebu cows in a tropical environment. *J. Appl. Anim. Res.* 26:23-28.
- Gamboa-Mena JV, Magaña-Magaña MA, Rejón-Ávila M y Pech-Martínez V. 2005. Eficiencia económica de los sistemas de producción de carne bovina en el municipio de Tizimín, Yucatán, México. *Tropical and Subtropical Systems* 5:79-84.
- Magaña JG y Segura JC. 1998. Factores ambientales y genéticos que afectan el comportamiento predestete e intervalo entre partos del ganado *Bos indicus* en el sureste de México. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 32:337-343.
- Magaña, JG y Segura JC. 2001. Estimates of breed and heterosis effects for some reproductive traits of Brown Swiss and Zebu-related breeds in South-eastern Mexico. *Livestock Research for Rural Development* (13) 5, <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/5/maga135htm>.
- Magaña JG y Segura JC. 2006. Body weights at weaning and 18 months of Zebu, Brown Swiss, Charolais and crossbred heifers in south-east Mexico. *J. Anim. Breed. Genet.* 123:37-43.
- Magaña-Magaña MA, Rejón-Ávila M, Pech-Martínez V y Valencia-Heredia E. 2006. Análisis comparativo de la eficiencia económica de los sistemas de producción del ganado bovino de ciclo completo en pequeños productores en las zonas oriente y sur del estado de Yucatán, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 6:197-199.

***Jorge Leirana Alcocer**

Cuerpo académico de Ecología Tropical. Departamento de Ecología. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. *jleirana@uady.mx

Hace más de tres siglos, Isaac Newton creó modelos matemáticos relativamente simples que explican la rotación de los planetas y permiten predecir eventos tales como los eclipses o la aparición de cometas en el cielo terrestre, con cientos o miles de años de anticipación (Guillén, 2003). En la antigüedad, se creía que las matemáticas, en especial la geometría, era el lenguaje de la naturaleza y que se podía llegar a entender el universo si se encontraban las leyes que lo rigen. Las matemáticas han funcionado para explicar el mundo, como si se hubiera descubierto el mecanismo lógico de todo, los pitagóricos creían que los números eran atributos de Dios o el lenguaje con el que se comunicaba con la humanidad. La geometría, sobre todo, parecía haber sido creada directamente en la mente de un Dios platónico, en esta había un orden lógico en el que no existía lugar para la incertidumbre ni el error. Los errores e imprecisiones se consideraban producto de las limitaciones humanas y de los instrumentos de medición y construcción usados, no algo inherente a la naturaleza.

Los físicos contemporáneos de Newton llegaron a pensar que se podían predecir la evolución de todas las cosas conociendo la posición de cada partícula en un momento dado y las leyes que gobiernan su movimiento. Otros especialistas, creyeron y llegaron a sentir lo que se ha llamado “envidia de la física”. Incluso Ernst Rutherford llegó a expresar que la única ciencia que existe es la física, lo demás es coleccionismo de sellos postales, dando a entender que la física es la única ciencia cuantitativa, predictiva y explicativa, lo demás podía ser una mera reunión de hechos en los

que se generaba una ilusión de organización y sistematización.

La esperanza de predecir el presente y pasado de todo el universo a través de saber su estado actual no murió pronto, muchos grandes científicos pensaban que sería cuestión de desarrollar un poco más la teoría matemática y los instrumentos de medición física para lograr este objetivo. El universo es muy complejo, pero por este camino sería comprendido a cabalidad y ya no se necesitaría la biología, la psicología, la historia, y la filosofía no tendría razón de ser.

Aquí cabe mencionar una nota aclaratoria que fue amablemente indicada por uno de los revisores, de esta contribución, de la revista. El revisor indica que “fueron los físicos quienes encontraron que existen sistemas caóticos en los que es imposible predecir con exactitud el comportamiento de la variable de interés”. De hecho, en los tiempos en los que se tenía confianza en que las leyes físicas explicarían todo las ciencias, la filosofía y la teología estaban muy relacionadas en las mentes y en los quehaceres de los hombres de ciencia, los físicos modernos abandonaron esta noción ya, aunque algunos “envidiosos de la física” no lo hicieran aún.

Otras ciencias (o manías de coleccionista) siguieron existiendo porque había problemas apremiantes que no podían esperar a que la física llegara a esa omnipotencia de la que supuestamente es capaz. Así, de manera tenaz avanzó la medicina, la agronomía, la ecología, la sociología, etc. siguiendo sus “rudimentarios” métodos de coleccionar hechos disper-

sos y acomodarlos en sistemas de conocimientos organizados, todo esto claro está, en espera de que desde su superioridad espiritual, la física (y su hermana la matemática) encontrará la respuesta definitiva a todas las preguntas humanas (o divinas).

En las décadas de los 70 y 80 del siglo XX, con la teoría del caos y el estudio de sistemas “complejos”, quedó completamente claro que algunas cosas eran imposibles de predecir, no importa cuánta información se tenga acerca de estas (Stewart, 2001). Sin embargo, el reflejo de la “envidia de la física” o el prejuicio de que “sin ecuaciones no hay ciencia” permaneció en casi todos los ámbitos científicos.

En los inicios de la licenciatura en Biología en la Universidad Autónoma de Yucatán (literalmente el siglo pasado), algún maestro (biólogo por cierto) expresaba que se dejara de hacer inventarios y de describir “bichitos”, que debían generarse modelos cuantitativos, predictivos y explicativos, en una frase: debía de hacerse ciencia. Dentro del gremio de los biólogos, algunos de los más envidiosos de la física son los ecólogos, la literatura ecológica está llena de artículos plagados de fórmulas matemáticas y gráficos ininteligibles y de palabras tales como “modelo”, “algoritmo”, “simulación”, “entropía”, “software”, “correlación” y otras que la decencia no permite su reproducción aquí.

Al revisar la biblioteca personal de su servidor, el autor de este trabajo, se observan algunos títulos que lo delatan como envidioso: “Quantitative conservation biology” (Morris y Doak, 2002), “Ecological dynamics” (Gurney y Nisbet, 1998), “Modelling in natural resource management” (Shenk y Franklin, 2001), “Ecología con Números” (Piñol y Martínez-Vilalta, 2006) entre otros. Los menos tóxicos que pueden verse son “Bioestadística” (Daniel, 2003) y “Domine Microsoft Excel© 2000” (Pérez, 2000). En su momento, un servidor se convenció de que había que “matematizar la

biología”, quizás por lo poco que conoce de la Biología y por ser algo iletrado en las matemáticas.

En verdad, la biología entró al mundo de los análisis cuantitativos un poco tarde, de manera que los ecólogos seguían inventando modelos deterministas cuando ya los físicos habían renunciado a encontrar un modelo en el que se predijera todo para la eternidad y a reconocer que el universo era demasiado caótico y complejo, es decir impredecible en el largo plazo.

Otros biólogos notables, por cierto con una cultura matemática envidiable, resistieron valientemente la embestida “cuantitativista” y defendieron el derecho a “coleccionar estampitas” y “narrar historias” de los biólogos, aunque algunos miembros de su gremio renegaran. “La historia natural es la base de todo”, expresaba Peter Feisinger. Stephen Jay Gould en “Wonderful life” remarcaba que la biología es una ciencia tanto histórica como predictiva y explicativa (Gould, 1990). Histórica, desde el punto de vista de una disciplina que estudia e intenta explicar hechos que ya ocurrieron de una manera, pero que pudieron haber ocurrido de otra. Histórica, al ser una disciplina que puede hacer predicciones cualitativas, es decir de las tendencias más probables de un sistema, pero que renuncia al determinismo y a la predicción exacta y precisa de algún evento particular, en especial en el largo plazo. El mismo Gould tiene ensayos en los que relata cómo se puede demostrar con datos “duros” casi cualquier teoría descabellada que se quiera defender, y que basta con ignorar algunos “eventos irregulares”, enfatizar los “casos típicos” y elegir el método de análisis más conveniente (Gould, 2007). Muchas veces estos errores son incluso bien intencionados o involuntarios.

Algunos fracasos espectaculares (y costosos) en la administración de recursos naturales y económicos se han debido al mal uso de las

herramientas de modelaje, algunos ejemplos mencionados en el libro son: el comportamiento de la bolsa, el comportamiento de los compradores, la erosión de las costas, el desenlace de la guerra de Vietnam y el tamaño sostenible de una pesquería de salmón canadiense. Cabe enfatizar que no son los modelos los culpables de las desatinadas decisiones. Si se intenta volar en una bicicleta y se termina con los huesos rotos, no se puede echar la culpa a su fabricante. Los desastres vienen cuando se renuncia al pensamiento crítico, a la vigilancia atenta y a la objetividad, y se deposita la fe ciega en cosas que se comprenden poco o nada (como muchos biólogos y de otras profesiones suelen hacer con el *software*) y se tratan de usar las herramientas para fines diferentes a los que fueron creados, a veces incluso en contra de lo que recomiendan sus propios creadores.

Es difícil reconocer que se está equivocado, una vez que se deposita la fe en una creencia. La historia está llena de ejemplos donde políticos y tomadores de decisiones se resisten a cambiar una opinión basada en las expectativas generadas por un modelo de comportamiento de algún sistema, aun cuando los datos sugieran fuertemente que las predicciones de dicho modelo están muy lejos de cumplirse (cabe aclarar que los modelos en cuestión no son solamente matemáticos). La testarudez aumenta en proporción a la posibilidad de perder prestigio, votantes potenciales, presupuesto o el empleo de resultar estar en un error. En México se han vivido las dolorosas consecuencias de que un administrador se aferrase a un modelo teórico (quizás basado en algún modelo cuantitativo), cuyas predicciones contrastan con la realidad, pero este tema escapa del propósito de este ensayo.

En el libro “Useless arithmetic: Why Environmental Scientists Can’t Predict the Future?” se enuncian algunas de las probables causas del fracaso de algunos de los usuarios de los

modelos para predecir la conducta de algunos sistemas del mundo real:

- La facilidad con la que se olvida que los modelos, cualquier tipo de modelo, son una “caricatura” del sistema que pretenden representar (Gurney y Nisbet 1998). De hecho, por definición los modelos son cosas que simulan ser otras. Básicamente son representaciones en las que se omiten algunas variables (que se cree no pertinentes) y se exalta la importancia de otras.
- Las variables que se omiten a veces pueden ser muy importantes para determinar la conducta de un sistema en circunstancias diferentes a las consideradas como “normales”, pero que no siempre se sabe de antemano cuales son (es decir se descubren *a posteriori*).
- Los sistemas naturales son sumamente complejos, las correlaciones suelen no ser lineales.
- El comportamiento de muchos sistemas complejos dependen en gran medida de su estado inicial, el cual a veces desconocido.
- Se tienen que cotejar las predicciones con la realidad, para lo que se tiene que dar seguimiento (monitoreo) al sistema real durante varios años.

Lo más preocupante (para el autor del libro) es la fe ciega y la renuncia al pensamiento crítico y el sentido común que han manifestado algunos de los usuarios de los modelos cuantitativos. Es cierto, algunas simulaciones pueden demostrar las conductas contra intuitivas de un sistema, sin embargo, se tiene que cotejar las predicciones de los modelos con los datos reales -datos que no hayan sido usados- al elaborar el modelo (lo cual, hay que decirlo, ya se hace por ejemplo al modelar la relación entre la distribución de alguna especie

y algunas variables ambientales). Nunca se debe renunciar a la experimentación, la observación cuidadosa y al análisis reflexivo y, sobre todo, hay que sospechar que se esté equivocado cuando la mayoría de la gente y los hechos están en desacuerdo con esa opinión.

El fácil acceso a un mayor número de personas a este tipo de herramientas por la popularización del *hardware* y *software* necesarios, hacen que sea imperativo extremar precauciones en el abuso de los modelos cuantitativos. Estos modelos pueden llegar a ser herramientas maravillosas de aprendizaje y diseño de experimentos, pero se pueden convertir en objeto de idolatría ante los que se lleven a cabo cruentos sacrificios.

La literatura científica sugiere que los métodos cuantitativos tienen su mayor utilidad en la descripción y comparación de sistemas biológicos. Estos métodos son de gran utilidad para explicar y entender sus mecanismos funcionales, pero son muy limitados en la predicción de conductas futuras a largo plazo. Los trucos estadísticos no pueden remediar un fallo en el diseño experimental y por el contrario, una copiosa e intensa colección de datos y observaciones no necesitan de modelos y algoritmos demasiado complejos para ser útiles.

Parte de la belleza de la biología consiste en que todavía es necesario seguir “coleccionando timbres”, porque no se conoce todavía cuántas especies hay y menos cuáles son, y es necesario conocerlas para después intentar contar su historia. La ecología usa herramientas tales como tablas estadísticas, gráficas, modelos y simulaciones matemáticas, pero consiste principalmente en contar los “amores” y “desamores” entre las especies. Consiste en inmiscuirse en su vida privada para saber qué les gusta y por qué. A fin de cuentas, los biólogos son los paparazzi de la naturaleza.

Se acepte o no, la biología es filosófica, lite-

ria y filatélica, además de cuantitativa, rigurosa y seria. Aquel que pretenda dedicarse a estudiar la naturaleza tiene que aceptar a la biología tal cuál es. Aquel que se comprometa con ésta y con la esperanza de que es ésta la que va a cambiar con el tiempo, corre entonces el riesgo de llevarse un gran desacierto, se han dado casos.

Referencias

- Daniel WW. 2003. Bioestadística (4°.) Limusa. México. 755 pp.
- Gould S J. 1990. Wonderful Life: The Burgess Shale and the Nature of History. W. W. Norton y Company. London, UK.
- Gould SJ. 2007. La falsa medida del hombre. Editorial Critica. Barcelona, España. 587 .p.
- Guillen M. 2003. Cinco Ecuaciones Que Cambiaron el Mundo. Debolsillo. México. 280 pp.
- Gurney WSC y Nisbet RM. 1998. Ecological Dynamics. Oxford University Press, New York. USA. 335 pp.
- Morris WF y Doak DF. 2002. Quantitative Conservation Biology: Theory and Practice of Population Viability Analysis (1ª Ed.). Sinauer Associates. USA. 480 pp.
- Piñol JP y Martínez-Vilalta J. 2006. Ecología con números: Una introducción a la ecología con problemas y ejercicios de simulación. Lynx Edicions. Barcelona, España. 419 pp.
- Perez C. 2000. Domine Microsoft Excel 2000 - Con 1 CD ROM. Alfaomega Grupo Editor. México, D.F. 798 pp.
- Pilkey OH y Pilkey-Jarvis L. 2007. Useless Arithmetic: Why Environmental Scientists Can't Predict the Future. Columbia University Press. Disponible en el ebrary del servicio bibliotecario en línea de la UADY.

Shenk T y Franklin A. (Eds.). 2001. Modeling in Natural Resource Management: Development, Interpretation, and Application (1a Ed.). Island Press. New York. USA. 223 pp.

Stewart I. 2001. Juega Dios a los dados? Crítica. Barcelona, España. 538 pp.

Alfonso Aguilar Perera^{1*} y Virginia Meléndez Ramírez²

¹Cuerpo Académico de Recursos Marinos, Departamento de Biología Marina y ²Cuerpo Académico de Bioecología Animal, Departamento de Zoología. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Universidad Autónoma de Yucatán. *alfaguilar@gmail.com

En el mundo animal, los extremos en talla corporal, es decir el más grande y el más pequeño, se presentan en organismos de ambientes acuáticos. El vertebrado más grande del mundo es la ballena azul (*Balaenoptera musculus*), con un promedio de 26 m de largo como adulto (Branch *et al.* 2007), mientras que el más pequeño es un pez (*Paedocypris progenetica*) con cerca de 8 mm como adulto (Kottelat *et al.* 2006). Desde 2005 este pez pariente de las carpas, que vive en los pantanos de Nueva Guinea cerca de Indonesia, ha sido considerado como el más pequeño. De hecho, dos especies más de este mismo género (*Paedocypris*) fueron encontradas en esos mismos pantanos en 2008, pero no son tan pequeñas (10 mm).

Recientemente, científicos encontraron dos especies de una rana miniatura (Rittmeyer *et al.* 2012) que vive también en Nueva Guinea. Una de estas ranas (*Paedophryne amanuensis*) resulta ser ahora el vertebrado más pequeño del mundo (Fig. 1), con una talla corporal promedio adulto de 7.7 mm (rango 7-8 mm). Un ejemplar (macho) de esta rana fue capturado el 7 de agosto de 2009 cerca de la Villa Amau en la provincia de Papua en Nueva Guinea. La otra especie de rana (*P. swiftorum*) si bien es miniatura es un poco más grande (8.25–8.90 mm) que *P. amanuensis*.

La miniaturización se ha detectado en peces vertebrados teleosteos solamente (*Paedocypris progenetica*, 8 mm) (Kottelat *et al.* 2006), en anfibios (*Paedophryne anauensis*, 7.7 mm) (Rittmeyer *et al.* 2012) y en reptiles (*Spherodactylus ariasae*, 16 mm) (Hedges y Tomas 2001).



Fig.1. Vertebrado más pequeño del mundo encontrado en Papua, Nueva Guinea, *Paedophryne amanuensis*.

Los organismos miniaturizados presentan adaptaciones fisiológicas y morfológicas para poder lidiar con las necesidades biológicas y ecológicas. En este caso, la rana miniatura tiene una osificación reducida, de este modo depende en gran medida de ambientes muy húmedos para poder vivir. Este descubrimiento de una rana miniatura hace patente que aún es necesario mirar con detenimiento en ambientes remotos y megadiversos para identificar formas de vida que aún aguardan ser descubiertas.

Referencias

Branch TA, Abubaker EMN, Mkango S y Butterworth DS. 2007. Separating southern blue whale subspecies based on length frequencies of sexually mature females. *Marine Mammal Science* 23: 803–833.

- Hedges S.B. y Thomas R. 2001. At the lower size limit in amniote vertebrates: a new diminutive lizard from the West Indies. *Caribbean Journal of Science* 37: 168–173.
- Kottelat M, Britz R, Hui TH y Witte K-E. 2006. *Paedocypris*, a new genus of Southeast Asian cyprinid fish with a remarkable sexual dimorphism, comprises the world's smallest vertebrate. *Proceedings of the Royal Society B* 273: 895–899.
- Rittmeyer EN, Allison A, Gründler MC, Thompson DK y Austin CC. 2012. Ecological Guild Evolution and the Discovery of the World's Smallest Vertebrate. *PLoS ONE* 7(1): e29797. doi:10.1371/journal.pone.0029797.

XVI Congreso Medicina Veterinaria y Zootecnia. Centro de Convenciones, Acapulco, Guerrero, México. 28 de Febrero – 3 de marzo de 2013.

<http://www.fcm.mx/eventos/congreso/congreso.shtml>

COMPORTA 2013. Ecología del comportamiento en animales, incluyendo a humanos y plantas, e investigaciones en neurobiología del comportamiento utilizando animales como modelo de estudio. Mar del Plata, Argentina. 15 - 17 de abril de 2013.

www.grieta.org.ar/comporta

XV Congreso Nacional y I Internacional de Ciencias Agronómicas. Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México, México. 24-27 abril de 2013.

<http://www.chapingo.mx/dgip/eventos/agronomico2013/agronomico.html>

III Simposio para el Conocimiento de los Recursos Costeros del Sureste, Mérida, Yucatán, México. Centro Cultural Universitario de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). Organizado por el Cuerpo Académico Recursos Marinos Tropicales del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la UADY. Red para el Conocimiento de los Recursos Costeros del Sureste de México (RECORECOS), UNAM, CINVESTAV, ECOSUR, UJAT, UNACAR, UAM-Xochimilco, Instituto EPOMEX. 29-30 de mayo 2013.

<http://www.eventosccba.com/simposium.php>

Spring International Conference on Agriculture and Food Engineering (AEE-S), Wuhan, China.

31 mayo - 2 de Junio, 2013.

www.engii.org/scet2013

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

<http://www.smbccuba2013.com/>

II Congreso Internacional de Biodiversidad de la Cuenca del Orinoco. Universidad Nacional Experimental de Guayana. Ciudad Bolívar, Venezuela. 23 – 27 de septiembre de 2013.

<http://botanicaenvenezuela.blogspot.mx/2012/06/ii-congreso-internacional-de.html>

XIX Congreso Mexicano de Botánica, Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 20-25 de octubre de 2013.

<http://jehuite.blogspot.mx/2012/09/el-congreso-2013-de-la-sociedad.html>