



Bioagrociencias

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



Funciones del Suelo

Los suelos aportan servicios ecosistémicos que permiten la vida en la Tierra



Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

Con el apoyo de:
Federal Government of Germany
Federal Department of Economic Affairs, Education and Research (BMBWF)
Federal Office for Agriculture (BLE)

2015
Año Internacional de los Suelos
Int'l Year of Soils

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura



2015
Año Internacional de los Suelos
de los suelos

ISSN 2007-431X



9 772007 431002

Comité editorial

Editor general

Virginia Meléndez Ramírez

Coeditor

Alfonso Aguilar Perera

Editores asociados

Carmen Salazar Gómez-Varela

Edwin J. Gutiérrez Ruíz

Juan Magaña Monforte

Luís López Burgos

Luís Ramírez y Avilés

Víctor Cobos Gasca

Silvia Hernández Betancourt

William May Itza

Directorio

Dr. José de Jesús Williams

Rector

M. en C. Marco Torres León

Director

M. en C. Rosa G. Ramírez Porras

Secretaria Académica

M. en C. José Enrique Abreu Sierra

Secretario Administrativo

Dr. Hugo Delfín González

Jefe de la Unidad de Posgrado

Imágenes de la portada

Tomadas de:

<http://www.fao.org/resources/infographics/en/>

Armado editorial de la publicación

Virginia Meléndez Ramírez

Bioagrocencias, Año 8 (enero a junio de 2015), 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.vete-rinaria.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: julio 2015.

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

La actualización de la guía para autores y acerca de la revista se encuentra en el sitio publicaciones, de la página Web : <http://www.ccba.uady.mx/>

Índice

Homenaje a Sergio Javier Magaña Rueda	1
María del Sagrario Gordillo Tinoco, Jorge Santos Flores, Laura Meneses Calvillo y Virginia Meléndez Ramírez	
Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo	3
Mariana López Díaz y Héctor Estrada Medina	
Efecto del manejo del pastoreo sobre características del suelo en sistemas ganaderos de doble propósito en Yucatán, México.....	12
Jorge Santos Flores y José Castillo Caamal	
Identificación y uso de la vegetación nativa en ranchos de doble propósito en el Oriente de Yucatán....	17
Sergio Magaña Rueda (<i>In memoriam</i>), Jorge Santos Flores y José Castillo Caamal	
Propuesta de especies de plantas suculentas nativas (cactáceas y agaváceas) con potencial económico frente al escenario futuro de sequías en Yucatán.....	23
Jorge L. Leirana Alcocer y José Carlos Cervera	
El impacto de las estaciones de energía eólica en poblaciones de murciélagos.....	32
Celia Isela Sélem Salas y Virginia Meléndez Ramírez	
Varamiento de orcas pigmeas (<i>Feresa attenuata</i> Gray 1874) en Yucatán: Reporte de caso.....	36
Raúl E. Díaz Gamboa	
Fertilidad y prolificidad de ovejas Pelibuey sincronizadas con esponjas intravaginales o implantes subcutáneos reciclados.....	44
Jesús Ricardo Aké López, Jesús Ricardo Aké Villanueva, Narda Yanerit Aké Villanueva, José Manuel Mukul Yerves y Rosendo Cuicas Huerta	

El impacto de las estaciones de energía eólica en poblaciones de murciélagos

Celia Isela Sélem Salas y Virginia Meléndez Ramírez

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

Introducción

En la actualidad, es necesario utilizar fuentes alternas de energía que minimicen el uso de combustibles fósiles y con ello el impacto ambiental. Tales fuentes, como la energía eólica, son renovables y consideradas como ambientalmente “limpias”. Sin embargo, estudios realizados en América del Norte y Europa, donde la energía eólica es ampliamente utilizada, han reportado un preocupante impacto mecánico de las estaciones de energía eólica sobre aves y murciélagos (Fig. 1). Numerosas muertes han sido evidentes, de manera directa o indirecta, ocasionada por barotrauma por

las turbinas eólicas (Baerwald et al. 2008, National Wind Coordinating Committee 2010, Arnett *et al.* 2013). Por ello, este trabajo aborda esta problemática contemplando la información principal que explica algunas de las causas de mortalidad en murciélagos debido a las estaciones de energía eólica y la consecuencia de esta mortalidad en los ecosistemas. Además, este trabajo pone a la vista la falta de conocimientos básicos que permitirían instrumentar estrategias de conservación biológica y finalmente comenta algunas acciones que puedan ser primordiales para la protección de estos mamíferos voladores.



Figura 1. Estaciones eólicas (A) y la muerte de murciélagos (B), murciélago insectívoro *Pteronotus parnellii*. A: Imagen tomada de: <http://surdecantabrianatural.blogspot.mx/2014/05/los-parques-eolicos-no-son-verdes.html>, B Fotografía de Celia Sélem Salas y C Imagen tomada de <http://revistafortuna.com.mx/contenido/2012/03/08/inauguran-el-mayor-complejo-eolico-de-latinoamerica/>

Posibles causas de mortalidad en murciélagos

Entre las posibles explicaciones planteadas sobre la mortalidad en murciélagos insectívoros en las estaciones de energía eólica están aquellas propuestas por Kunz *et al.* (2007), quienes sugieren que los murciélagos pueden entrar en contacto con las turbinas por diversas razones que se enumeran a continuación:

1. Las estaciones construidas en zonas boscosas pueden crear espacios abiertos y lineales atractivos para los murciélagos como sitios de paso.
2. Los murciélagos pueden usar las turbinas como sitios potenciales de percha o refugio.
3. Los insectos pueden ser atraídos a los paisajes alterados alrededor de las turbinas, lo que a su vez atrae a los murciélagos que se alimentan de éstos.
4. La mortandad de murciélagos es más alta durante los períodos de vientos de baja velocidad.
5. Los insectos, de los que se alimentan los murciélagos, son atraídos por el calor producido en las turbinas.
6. Los murciélagos son atraídos por los sonidos ultrasónicos y/o audibles producidos por las turbinas.
7. Los murciélagos no pueden detectar acústicamente las aspas de las turbinas o no calculan la velocidad del rotor.
8. Las turbinas producen campos electromagnéticos que ocasionan desorientación en los murciélagos.
9. Los cambios rápidos de presión, creados por las aspas de las turbinas, ocasionan

heridas internas y/o desorientación de los murciélagos mientras éstos forrajean o migran cerca de las turbinas.

Cuestiones para lograr la protección de los murciélagos

Algunas preguntas importantes que podrían favorecer la protección de los murciélagos son las siguientes:

1. ¿Qué especies son las más afectadas?
Lo más importante es la composición de especies de murciélagos que son más afectadas por las turbinas eólicas. Por el tipo de vuelo a mayor altura, se ha considerado que muchas especies insectívoras son las más susceptibles a ser impactadas en los parques eólicos. De acuerdo a Kunz *et al.* (2007), de las 45 especies de murciélagos registradas en el Norte de México, 11 especies insectívoras resultaron afectadas por las turbinas eólicas. Es importante mencionar que muchas especies forman colonias grandes que pueden formar agregaciones durante el vuelo, por lo que el impacto de las turbinas puede ser aún mayor.
2. ¿Existe algún patrón temporal del impacto sobre las poblaciones de murciélagos?
Varios estudios han reportado que la mortalidad elevada de murciélagos insectívoros tienen lugar durante las migraciones en verano y otoño (61-96%). Aunque estos datos pudieran estar sesgados por los estudios realizados durante esta época y que no incluyen un ciclo anual completo para describir un patrón temporal confiable (Kunz *et al.* 2007).
3. ¿Dónde se presenta la mortalidad más alta?
Se han reportado las mayores tasas de mortalidad de murciélagos insectívoros en senderos de zonas boscosas en las zonas del Oeste de Estados Unidos y también en re

giones agrícolas de Canadá y del Norte de Iowa (Arnett *et al.* 2008). Jain *et al.* (2007 citado en Arnett *et al.* 2008) reportaron que existe una relación negativa entre el número de muertes y la distancia a los humedales del Este de Estados Unidos. Esto sugiere que las turbinas cercanas a los humedales pueden provocar la muerte de mayor número de murciélagos.

4. ¿Existen diferencias en la tasa de mortalidad de acuerdo al tipo de turbina?

En parques eólicos de Canadá, Estados Unidos y Europa, se ha evidenciado la influencia de la altura de las torres, dimensiones de las aspas (área de barrido) y potencia de las turbinas sobre la mortalidad de los murciélagos (Barclay *et al.* 2007, Arnett *et al.* 2008). Se ha reportado la mayor cantidad de muertes de murciélagos por la potencia eólica total instalada (MW) en la estación eólica de Buffalo Ridge, Minnesota, Estados Unidos de América, donde las turbinas son más altas con áreas de barrido mayor. En tres estaciones eólicas de Alberta, Canadá, se reportaron 14.1 menos muertes en promedio en dos sitios con turbinas de 0.66 MW de potencia con torres de 50 m y dimensiones de barrido de 1,735 m² comparadas con un sitio con turbinas de 1.8 MW de potencia, de 65 m de alto y dimensiones de barrido de 5,047 m² (Arnett *et al.* 2008). Lo anterior hace evidente el impacto de la altura de las turbinas en la mortalidad de los murciélagos. Se ha registrado una disminución en el número de murciélagos muertos cuando se baja la velocidad de las turbinas y el tiempo de operación, en condiciones de baja velocidad del viento, ya que estas condiciones ambientales favorecen una mayor actividad de los murciélagos (Arnett *et al.* 2011). Por lo que la regulación del uso de las turbinas en estos períodos de máxima actividad de murciélagos podría disminuir notablemente el impacto sobre sus poblaciones y contri-

buir a las estrategias de mitigación y conservación biológica (Arnett *et al.* 2013).

Es evidente que la falta de información sobre el efecto de los parques eólicos en las poblaciones de murciélagos no ha permitido contestar ampliamente las preguntas anteriores, lo que es resultado no solo de los pocos estudios que se han realizado sobre esta temática en diferentes regiones del mundo, sino porque gran parte de ellos se realizan a solicitud de las empresas responsables del desarrollo de esta industria. Esto limita la publicación de la información generada por compromisos estrictos de confidencialidad. Así, para minimizar el impacto que causa la generación de la energía eólica sobre las especies de murciélagos, en este trabajo se propone enfocar los esfuerzos en las acciones que se explican a continuación.

Acciones para minimizar el impacto en los murciélagos

Entre las principales acciones que pueden mitigar el impacto de las estaciones eólicas en la mortalidad de los murciélagos están las siguientes:

1. Realizar estudios ecológicos (riqueza, abundancia, variaciones espaciales y temporales, patrones de actividad diaria y estacional, migraciones) de los murciélagos que habitan cerca de estaciones eólicas, antes y después al establecimiento de las turbinas. Estos estudios deberán realizarse empleando las técnicas de registro adecuadas (redes de niebla, detectores ultrasónicos, radares, imagen infrarroja y radiotelemetría).
2. Monitorear la mortalidad de murciélagos en la estación permanentemente para determinar los patrones temporales aplicando protocolos estandarizados de monitoreo

3. que permitan la comparación de resultados.
4. Realizar monitoreos en diferentes sitios evaluando las variables físicas y ambientales de cada sitio, así como las características de las turbinas, para determinar los patrones de mortalidad de acuerdo al hábitat, condiciones ambientales y parámetros técnicos, tales como la altura, área de barrido, potencia, entre otros. Esto permitirá generar propuestas que regulen y/o recorren el tiempo de operación de las turbinas cuando las abundancias de los murciélagos sean mayores bajo ciertas condiciones ambientales.
5. Evaluar y cuantificar las posibles fuentes de atracción de los murciélagos a las turbinas, tales como emisiones de sonido, luces, movimiento de las aspas, disponibilidad de las presas (insectos) y sitios de percha potenciales.

Referencias

- Arnett ER, Brown WK, Erickson WP, Fiedler JK, Hamilton BL, Henry TH, Jain A, Johnson GD, Kerns J, Koford R, Nicholson CP, O'Connell TJ, Piorkowski MD y Tankersley RD. 2008. Patterns of bat fatalities at wind energy facilities in North America. *The Journal of Wildlife Management* 71: 61-78.
- Arnett EB, Huso MMP, Schirmacher MR y Hayes JP. 2011. Altering turbine speed reduces bat mortality at wind-energy facilities. *Frontiers in Ecology and the Environment* 9:209-214.
- Arnett EB, Barclay RMR y Hein CD. 2013. Thresholds for bats killed by wind turbines. *Frontiers in Ecology and the Environment* 11: 171-171.
- Barclay RMR, Baerwald EF y Gruver JC. 2007. Variation in bat and bird fatalities at wind energy facilities: assessing the effects of rotor size and tower height. *Canadian Journal of Zoology* 85: 381-387.
- Baerwald EF, D'Amours GH, Klung BJ y Barclay RMR. 2008. Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. *Current Biology* 18: 695-696.
- Kunz TH, Arnett, EB, Erickson WP, Hoar AR, Johnson GD, Larkin RP, Strickland MD, Thresher RW y Tuttle MD. 2007 Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, hypotheses, and research needs. *Front Ecol Environ* 5: 315-324.
- National Wind Coordinating Committee. 2010. Wind Turbine interactions with birds, bats and their habitats: A summary of research results and priority questions. Consultado 17 abril 2015 en: https://www.nationalwind.org/assets/publications/Birds_and_Bats_Fact_Sheet.pdf

Fertilidad y prolificidad de ovejas Pelibuey sincronizadas con esponjas intravaginales o implantes subcutáneos reciclados

Jesús Ricardo Aké López¹, Jesús Ricardo Aké Villanueva¹, Narda Yanerit Aké Villanueva¹, José Manuel Mukul Yerves¹, Rosendo Cuicas Huerta².

¹Cuerpo Académico de Reproducción y Mejoramiento Genético Animal en el Trópico. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán y ² Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Guerrero.
alopez@uady.mx

Resumen

Con el objetivo de evaluar el efecto del progestágeno en la sincronización del estro y en la fertilidad (ovejas paridas) y prolificidad (crías nacidas por oveja parida) de ovejas Pelibuey se elaboró un experimento donde 68 ovejas se dividieron al azar en dos grupos: Grupo Implantes reciclados (n=32) ovejas a las que se le colocó un implante subcutáneo de Norgestomet®, por 11 días, el cual previamente fue utilizado en una ocasión. Grupo Esponjas (n=36) a este grupo de ovejas se les aplicó una esponja intravaginal impregnada de 30 mg de Acetato de Fluorogestona®, por 14 d. Al retiro del progestágeno se aplicó 200 UI de gonadotropina coriónica equina. A todas las ovejas en estro se les dio servicio por monta natural a las 0 y 24 h post-estro. La proporción de ovejas en estro y paridas se analizó mediante Chi cuadrada y el tiempo al estro y la prolificidad se analizó mediante una prueba de "t" de Student. Todas las ovejas de ambos grupos presentaron estro ($P>0.05$) y el tiempo promedio en que se presentó el estro fue mayor en las ovejas que recibieron implantes reciclados (51.7 ± 24.6 h) que en las ovejas tratadas con esponjas intravaginales (34.6 ± 8.9 h; $P<0.05$). La fertilidad fue ligeramente mayor en las ovejas tratadas con implantes reciclados (75 %), que en el tratado con Esponjas vaginales (69 %) pero sin diferencia significativa ($P>0.05$). La prolificidad fue similar en ambos grupos (1.7 crías; $P>0.05$). Se concluye que los implantes reciclados (un uso previo) y las esponjas intravaginales presentan una sincronización del estro, fertilidad y prolificidad similar, estos resultados permiten concluir que la utilización de los implantes subcutáneos reciclados son una buena alternativa para sincronizar el estro en ovejas Pelibuey a un menor costo.

Introducción

Una alternativa para incrementar la eficiencia reproductiva en las ovejas es el control de su ciclo reproductivo a través de técnicas que inducen o sincronizan el estro. Esto permite programar actividades de manejo dentro de la explotación como son: controlar los empadres, programar fechas de monta y concentrar las pariciones en épocas cortas, etc., lo

que permite un manejo más uniforme del hato (Evans y Maxwell 1990, Aké-López et al. 2013a).

Se han realizado estudios para encontrar métodos que permitan agrupar eficazmente los estros en las borregas. Estos métodos han incluido el manejo o el mejoramiento de la nutrición, la introducción del carnero al rebaño (efecto macho), la aplicación de hormonas y/o fármacos, entre los que están el uso

de progestágenos aplicados a través de esponjas intravaginales e implantes subcutáneos acompañados o no de la aplicación de gonadotropina coriónica equina (eCG/PMSG) (Hernández *et al.* 1982, Aké-López *et al.* 2013a).

La sincronización del estro con el uso de progestágenos, es posiblemente la forma más efectiva y utilizada en las ovejas. Sin embargo, los sistemas de producción ovina en los trópicos son poco tecnificados y la mayoría de las explotaciones no tienen recursos económicos suficientes para implementar programas de sincronización del estro. Las esponjas intravaginales y los implantes subcutáneos nuevos tienen un costo relativamente elevado, no así los implantes reciclados, los cuales no tienen un costo determinado y se pueden obtener con relativa facilidad, y en caso de ser comprados, su costo es inferior a la del producto nuevo, representando un ahorro en los costos del tratamiento (Peña *et al.* 1984, Aké-López *et al.* 2013a)

El uso de implantes reciclados ofrece una buena alternativa para reducir el costo de la sincronización del estro. Sin embargo, son escasos los trabajos realizados en ovejas de pelo en donde se evalúe la fertilidad y la prolificidad de las hembras, por lo que es necesario generar más información al respecto y que esta información abarque hasta la fertilidad de los animales tratados.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del tratamiento con esponjas intravaginales (Acetato de Fluorogestona®) en comparación con los implantes subcutáneos reciclados (Norgestomet®) sobre la sincronización del estro, tiempo de presentación del estro, la fertilidad y prolificidad en ovejas Pelibuey.

Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en un rancho de la zona centro de Yucatán, con clima cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw0). La

temperatura promedio anual es de 26.1 °C, la precipitación anual es de 1011.9 mm, y la humedad relativa promedio de 78 % (INEGI 2011). Se utilizaron 68 borregas adultas de la raza Pelibuey, de entre 3 y 4 puntos de condición corporal (1=Flaca y 5=Obesa; Russel 1984), entre 3 y 4 partos y que no se encontraban amamantando y sin antecedentes de problemas en su parto anterior. Los animales fueron alimentados por la mañana con 2.5 Kg/animal de zacate Taiwan picado (*Pennisetum purpureum*) y 200 g/animal de un alimento concentrado a base de cáscara de soya cruda, harina de pollo, pasta de soya, sorgo, maíz quebrado y sales minerales. Por la tarde se les proporcionó alrededor de 2.0 Kg/animal de ensilaje compuesto de zacate Taiwan picado, cáscara de soya y cáscara de naranja. Las ovejas se encontraban en corrales con sombra y agua ad libitum. Para el presente trabajo se formaron al azar dos grupos de animales de acuerdo a su tratamiento hormonal, quedando de la siguiente manera:

Grupo Implantes reciclados: A estas ovejas (n=32) se les colocó en el tejido subcutáneo de la cara posterior de la oreja un implante de Norgestomet (Crestar, Intervet-México), los cuales previamente fueron utilizados en vacas en una sola ocasión. Los implantes fueron retirados 11 días posteriores a su colocación. Al momento del retiro se le administró 200 UI de eCG/oveja (Folligon, Intervet México).

Grupo Esponjas: La sincronización de estas ovejas (n=36) se realizó colocándoles una esponja intravaginal impregnadas de 30 mg de Acetato de Fluorogestona (Chronogest, Intervet, México). Las esponjas fueron retiradas 14 días después de su colocación. Al momento del retiro se les administró 200 UI de eCG/oveja (Folligon, Intervet, México).

La detección del estro inició 24 horas post-retiro del implante o esponja. Se realizó por la mañana (de 06:00 a 07:00 horas) y por la tarde (de 17:00 a 18:00 horas) durante 5 días con la ayuda de machos enteros provistos de

mandil. El criterio para determinar que una hembra estuvo en estro fue el reflejo de quietud del animal al momento de que el semental efectúo la monta. Al momento de detectar el estro, las hembras fueron servidas por medio de monta natural con un semental previamente seleccionado y evaluado en su calidad seminal; el servicio se repitió 24 horas después.

Las variables a evaluar en ambos grupos fueron: proporción de ovejas en estro, tiempo de presentación del estro (post-retiro del progestágeno), porcentaje de ovejas paridas (Fertilidad) y número de corderos nacidos por hembra parida (Prolificidad). La proporción de ovejas en estro y de ovejas paridas se analizó mediante Chi cuadrada. Para evaluar el

tiempo en que se observó el estro después del retiro del progestágeno y la prolificidad se utilizó una prueba de "t" de Student (Steel y Torrie 1985).

Resultados

Todas las ovejas presentaron estro, independientemente del tratamiento utilizado (Tabla 1), sin embargo, el tiempo promedio en que se presentó el estro fue mayor en el grupo de ovejas tratadas con implantes reciclados que en las ovejas tratadas con esponjas, la diferencia entre los grupos fue de 17.1 h ($P < 0.05$).

Tabla 1. Proporción de ovejas en estro, tiempo (Promedio DE) en que se presentó el estro después del retiro del progestágeno, fertilidad y prolificidad de las ovejas Pelibuey de acuerdo al tratamiento utilizado.

Tratamiento	n	Ovejas en estro (%)	Tiempo a estro (h)	Fertilidad (%)	Prolificidad (crías)
Esponjas	36	100a	34.6 ± 8.9a	69.4a	1.72 ± 0.45a
Implantes Reciclados	32	100a	51.7 ± 24.6b	75a	1.70 ± 0.46a

Diferente literal en la misma columna indica diferencia estadística ($P < 0.05$).

No se encontró diferencia significativa ($P > 0.05$) en la fertilidad entre grupos, aunque se detectó un ligero incremento en las ovejas tratadas con implantes reciclados que en las ovejas tratadas con esponjas (Tabla 1). La prolificidad fue similar en ambos grupos ($P > 0.05$).

Discusión

Los resultados del presente estudio demuestran que la sincronización del estro fue efectiva con los dos métodos utilizados. Estos resultados son superiores a los reportados por Hernández *et al.* (1982) quienes encontraron (a 72 h posretiro del progestágeno) valores del

85% y 65% en la presentación del estro cuando se utilizó esponjas e implantes reciclados, estos últimos se habían utilizado en dos ocasiones previamente (para sincronizar vacas). Sin embargo, los porcentajes encontrados en el presente estudio son similares a los reportados por Aké-López *et al.* (2013b) y por Cuevas *et al.* (1993) quienes reportan 100% de estros al utilizar esponjas y 100% de estros al utilizar implantes reciclados.

Las diferencias encontradas entre los resultados del presente estudio y los reportados por Hernández *et al.* (1982) se puede deber en gran parte a que en el trabajo de Hernández *et al.* (1982) no se utilizó el estímulo de la eCG. La eCG estimula el crecimiento y la madura-

ción folicular, y cuando se aplica al final de un tratamiento para sincronizar el estro, tiene la función de estimular sincrónicamente el crecimiento de los folículos, lo que favorece la presentación y sincronización del estro en las borregas tratadas (Evans y Maxwell 1990, Aké-López *et al.* 2013a). Por otra parte, en cuanto a la menor respuesta de las ovejas tratadas con implantes reciclados (65%) observada en el estudio de Hernández *et al.* (1982) posiblemente fue ocasionada por el hecho de que dichos implantes fueron utilizados previamente en 2 ocasiones, lo que provocó una disminución en la concentración del progestágeno en el implante, y por lo tanto disminuyó su capacidad para sincronizar adecuadamente el estro. Adicionalmente se puede comentar que en el presente estudio todas las ovejas tratadas tenían buena condición corporal (3-4 puntos), lo cual pudo favorecer al alto porcentaje de presentación de estros del presente trabajo.

En cuanto al tiempo de respuesta al estro después de retirado el progestágeno, en este estudio se detectó que las ovejas tratadas con esponjas intravaginales respondieron más pronto y en forma sincrónica que las ovejas tratadas con implantes reciclados. Estos resultados de cierta forma coinciden con lo reportado por Hernández *et al.* (1982) quienes encontraron que a 72 horas post-retiro del tratamiento, el 85 % de las ovejas tratadas con esponjas intravaginales presentaron estro, y en ese mismo período solamente el 65 % de las ovejas tratadas con implantes reciclados presentaron estro. En el presente estudio el 100 % de las ovejas tratadas con esponjas intravaginales ya habían presentado estro 48 horas post-retiro, en cambio en ese mismo lapso de tiempo, sólo el 62.5 % de las hembras tratadas con implantes reciclados habían presentado estro. Asimismo, el promedio de tiempo en que se presentó el estro pos-retiro del tratamiento (para ambos tratamientos) fue de 43.1 h, lo cual es similar a lo reportado por Aké-López *et al.* (2014) quienes mencionan

un promedio de 48 ± 8.2 h cuando utilizan esponjas e implantes subcutáneos.

El mayor tiempo en que se presentó el estro en las ovejas tratadas con los implantes reciclados pudo deberse en gran parte a la cantidad de hormona que estos contienen, anteriormente se mencionó que los implantes al ser utilizados en una segunda (o tercera) ocasión, ya no cuentan con la concentración adecuada de progestágeno (Cuevas *et al.* 1993), por lo tanto no ejercen su efecto de retroalimentación apropiadamente y aunque en ambos casos se observó el 100 % de estros, su distribución se presentó en forma asincrónica en las ovejas tratadas con los implantes reciclados..

Con respecto a la fertilidad (proporción de ovejas paridas), en el presente estudio no se encontró diferencia estadística entre los grupos tratados con implantes reciclados o con esponjas. Estos resultados son similares a los encontrados por Hernández *et al.* (1982) quienes no encontraron diferencias significativas en la tasa de gestación de las ovejas sincronizadas con esponjas intravaginales (80 %) o al utilizar implantes reciclados (60%; $P < 0.05$). También son similares a los reportados por Ainsworth y Wolynetz (1982), quienes hallaron 64.7 y 59.9 % ($P > 0.05$) de fertilidad al utilizar esponjas o implantes subcutáneos. La similitud en los porcentajes de fertilidad al utilizar esponjas o implantes reciclados de cierta forma nos indica que ambos tratamientos son igual de efectivos para realizar un tratamiento de sincronización del estro.

En cuanto a las diferencias observadas en los porcentajes de fertilidad reportados en los estudios de Hernández *et al.* (1982) y de Ainsworth y Wolynetz (1982) con los resultados del presente estudio, estos pueden deberse a variaciones individuales o de raza (son diferentes razas en los diversos estudios), así como en la utilización de la gonadotropina coriónica equina utilizada para cada estudio. Para el caso del trabajo de Hernández *et al.*

(1982) la diferencia se puede explicar en parte, porque el porcentaje de fertilidad de este trabajo se evaluó a través de la tasa de no retorno al estro, lo cual es diferente a la tasa de pariciones de un rebaño; la tasa de no retorno es siempre mayor que la tasa de partos.

En cuanto a la prolificidad en el presente estudio, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, esta situación concuerda con lo reportado por Cuevas *et al.* (1993) quienes tampoco encontraron diferencia en la prolificidad de los animales en los diferentes tratamientos (1.29 crías para medios implantes y 1.25 para implantes reciclados); sin embargo, sus promedios son menores a los del presente estudio, Por su parte Ainsworth y Wolynetz (1982) reportan que si encontraron diferencia en la prolificidad, siendo mayor en las ovejas sincronizadas con esponjas intravaginales (2.7 crías) que en las tratadas con implantes subcutáneos (2.2 crías; $P < 0.05$).

Los diferentes promedios encontrados en la prolificidad de este estudio y los reportados por los diferentes autores se pueden explicar en gran parte por las diferentes dosis de gonadotropina coriónica empleada. Para el caso del estudio de Cuevas *et al.* (1993), no se aplicó gonadotropina coriónica equina, sus promedios son menores a los del presente estudio y se encuentran dentro de los valores reportados para la raza Pelibuey (Quintal y Alcaraz 2009). Por su parte, Ainsworth y Wolynetz (1982), reportan promedios más altos, pero en este estudio las ovejas recibieron 500 UI de eCG/PMSG, lo que influyó estimulando el crecimiento. Maduración y ovulación de más folículos y por lo tanto aumentó la prolificidad de las ovejas. Además otro factor que pudo influir en la prolificidad es la raza de los animales empleados, en el estudio de Ainsworth y Wolynetz (1982), se utilizaron borregas cruzadas con Finnish Landrace, Suffolk, Shrophire, Dorset Horn y East Friesen, las cuales son razas más prolíficas que la oveja Pelibuey.

Conclusión

Los implantes reciclados (un sólo uso previo) y las esponjas intravaginales son igualmente efectivos para la sincronización del estro de las ovejas Pelibuey, y presentan una fertilidad y prolificidad similar. Estos resultados permiten concluir que los implantes reciclados son una buena opción para realizar la sincronización del estro de las ovejas a un menor costo.

Referencias

- Ainsworth L y Wolynetz MS. 1982. Synchronization of estrus and reproductive performance of ewes treated with synthetic progestogens administered by subcutaneous ear implants or by intravaginal sponge pessary. *Journal of Animal Science* 54(6): 1120-1127.
- Aké-López JR, Centurión-Castro FG, Alfaro-Gamboa ME, Aké-Villanueva JR y Aké-Villanueva NY. 2013a. Sincronización del estro e inseminación artificial en ovinos. Ed. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. 144 pp.
- Aké-López JR, Casanova-Estrella G, Centurión-Castro FG y Aké-Villanueva JR. 2013b. Efecto de la condición corporal sobre la sincronización del estro, fertilidad y prolificidad de ovejas de pelo. *Bioagrociencias* 6(2):34-38.
- Aké-López JR, Aké-Villanueva JR, Centurión-Castro FG y Aké-Villanueva NY. 2014. Sincronización del estro y tasa de ovulación de ovejas Pelibuey tratadas con esponjas intravaginales e implantes subcutáneos nuevos y reciclados. *Bioagrociencias* 7 (1):38-42
- Cuevas EA, Rodríguez HV, Gutierrez VR, Soto-Camargo R y Martínez RRD. 1993. Sincronización de estro en ovejas Pelibuey con implantes nuevos y reciclados de

- Norgestomet. *Veterinaria México*. 24 (4):327-330.
- Evans G y Maxwell WMC. 1990. Inseminación Artificial de Ovejas y Cabras. Editorial, Acribia, S.A; Zaragoza, España. 192 pp.
- Hernández LJJ, Hernández HC y Ruiz DR. 1982. Sincronización del estro en borregas mediante la utilización de esponjas vaginales impregnadas de acetato de fluorogestona e Implantes subcutáneos usados del progestágeno SC21009. *Técnica Pecuaria México*. 43:9-14.
- INEGI. 2011. Anuario Estadístico del Estado de Yucatán. <http://www.inegi.org.mx>.
- Peña TLF, Hernández LJJ, Ruiz DR, Villareal y P M y Avila DA. 1984. Utilización del Acetato de fluorogestona impregnada en esponjas intravaginales e implantes subcutáneos usados de SC 21009 para la sincronización del estro en borregas Romney Marsh. *Técnica Pecuaria México*. 47:82-87.
- Quintal FJA y Alcaraz RRA. 2009. Reproducción del rebaño. En G Cantón CJ y Góngora GS (ed) Producción intensiva de ovinos de pelo en el trópico. Libro Técnico SAGARPA, INIFAP, CIRSE. México. pp 111-147.
- Russel A. 1984. Body condition scoring of sheep. *In Practice*. 5:91-92.
- Steel RGD y Torrie JDB. 1985. Bioestadística. Principios y procedimientos. México. Ed. McGraw-Hill.

Homenaje a Sergio Javier Magaña Rueda



En el año de 1994, se creó el Departamento de Investigación en Sistemas y Extensión Agropecuaria del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CCBA), con el objetivo de realizar investigación participativa para el desarrollo de los sistemas agropecuarios en comunidades rurales en el sureste de México. Debido a la característica multidisciplinaria del objetivo de investigación, se requería de la participación de diversas disciplinas para poder realizar los estudios con un enfoque integral en pro del desarrollo manifestado.

El M en C. Sergio Javier Magaña Rueda, Biólogo de formación profesional, fue uno de los primeros investigadores del CCBA en unirse a este esfuerzo de colaboración. Destaca su trabajo realizado sobre la caracterización y manejo del recurso florístico en sis-

temas ganaderos de doble propósito en el oriente del estado de Yucatán, así como su contribución en los estudios y análisis sobre el manejo de aguas residuales en las granjas porcícolas de Yucatán (1994-1998). Posteriormente inició sus estudios de Doctorado en el Instituto de Ecología (INECOL, Xalapa, Veracruz) donde se enfocaba al comportamiento de las abejas en sistemas de producción de cultivos tradicionales como la calabaza en la milpa yucateca.

Desde 1994 y hasta el 2005 impartió las materias de Problemas Sociopolíticos de México y Economía Ambiental en las carreras de Biología y en la Maestría de Manejo y Conservación de Recursos Naturales Tropicales. De la misma manera, fue uno de los impulsores de la necesidad de la economía

como parte vital en proyectos biológicos, ecológicos y ambientales. Consideraba que con el trabajo multidisciplinario podría dar mejores resultados y aplicaciones a los beneficiarios directos, a la comunidad local. Durante toda su estancia en el CCBA siempre apoyó a diferentes departamentos con sus comentarios y a los alumnos (as) a quienes impulsaba a transmitir el conocimiento en ensayos, tesis, artículos, etc., de una manera sencilla y con profesionalidad. En el ámbito del gobierno municipal de la Ciudad de Mérida, Yucatán, en el período 2006-2009, son

ampliamente conocidas las actividades de Sergio Magaña Rueda sobre la protección al ambiente y a la biodiversidad en la Reserva Ecológica de Cuxtal.

*Por tu contribución a la comunidad local y a la protección de la naturaleza, desde aquí...
Gracias Sergio!*

María del Sagrario Gordillo Tinoco
Jorge Santos Flores
Laura Meneses Calvillo
Virginia Meléndez Ramírez

Efecto del manejo del pastoreo sobre características del suelo en sistemas ganaderos de doble propósito en Yucatán, México.

Jorge Santos Flores y José Castillo Caamal

Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán
sflores@correo.uady.mx

Resumen

En este trabajo, se evaluó el efecto de diferentes estrategias de manejo del pastoreo sobre la concentración de materia orgánica (MO), nitratos (NO_3) y fósforo disponible (P), en el suelo de sistemas ganaderos de las regiones centro y oriente de Yucatán. En la región centro, se evaluó el efecto de dos niveles de carga animal (CA): 2 UA/ha^{-1} y 3.5 UA/ha^{-1} y en la región oriente el efecto de dos sistemas de pastoreo: intensivo con cerco eléctrico y tradicional. No se encontró diferencia significativa entre las variables por efecto del manejo del pastoreo en ambas regiones de estudio.

Introducción

En el trópico mexicano, los sistemas de doble propósito representan una componente importante de las ganaderías y contribuyen con buena parte de la producción de leche. El 80 % de estos sistemas se localiza en Veracruz, Chiapas, Tabasco y en la región de las Huastecas (Rojo-Rubio *et al.* 2009). Además, utilizan en su mayoría mano de obra familiar y son parte importante del sustento de familias de escasos recursos. Esto hace que sean sistemas productivos con importancia social y económica (Rivas y Hollmann 2002).

Dadas las repercusiones del sistema sobre el ambiente físico, el mejoramiento y desarrollo del sistema ganadero debe establecerse con base en el uso racional de los recursos existentes con el planteamiento de alternativas viables y de fácil incorporación por el productor (Murgueitio 1999). Algunas alternativas estudiadas han incluido el manejo de la carga de pastoreo y la suplementación (Aguilar-Pérez *et al.* 2001) enfocándose sobre la productividad animal.

El sistema ganadero de doble propósito en Yucatán, México, tiene los siguientes rasgos distintivos: a) el sistema produce carne y leche bovina, siendo la fuente más importante para producción de leche en Yucatán; b) la producción ganadera es la fuente principal de ingreso de los productores; c) los sistemas son pequeños y mediano, con escaso acceso a crédito y asistencia técnica, siendo la producción de pastos y forrajes la principal fuente de alimentación animal (Santos-Flores 1997). Con el objetivo de intensificar el sistema ganadero, los productores de la región han comenzado a introducir riego en las áreas de pastos de corte, así como cercas eléctricas (con o sin riego) para pastoreo intensivo. El uso de cercas eléctricas, con un sistema de rotación, ha crecido y es probable que más productores usen estas cercas en el futuro. El objetivo de la utilización de las cercas eléctricas es dividir los potreros en áreas pequeñas para tener un mejor control del manejo del pastoreo. Así, en cada área se tiene a los animales por un tiempo cor

to y después se tiene un descanso prolongado hasta que termine el ciclo de rotación. FIRA (1996) reportó que tal sistema de rotación es ventajoso porque toda la superficie es pastoreada por el ganado; mientras que el pastoreo que tradicionalmente se maneja en los sistemas de producción, con utilización de amplios potreros, tiene la desventaja de que el consumo de pasto no es uniforme.

No obstante, el pastoreo de ganado mediante un sistema intensivo puede resultar en impactos positivos o negativos sobre el suelo. En este sentido, Conant *et al.* (2003) indican que los impactos positivos incluyen: aumento en la dispersión de semillas, aumento en nutrientes por estiércol y rompimiento de la capa superficial del suelo. Sin embargo, una carga alta de animales puede ocasionar también impactos negativos como compactación, erosión o una disminución de la fertilidad, así como una reducción de la tasa de infiltración de nutrientes, con la consecuente disminución de la cantidad y calidad del pasto.

Tomando en consideración lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes estrategias de manejo del pastoreo, sobre los contenidos de materia orgánica (MO), nitratos (NO_3) y fósforo asimilable (P) de los suelos en sistemas de doble propósito en Yucatán.

Materiales y métodos

Área de estudio. Región Centro de Yucatán (RCY), Comisaría de Xmatkuil, Mpio. de Mérida. El clima de la región corresponde al tipo Aw_0 (i') g el más seco de los cálidos subhúmedos con lluvias en verano; la temperatura media anual fluctúa entre 24.6 y 27.7 °C y la precipitación pluvial anual oscila entre 415 y 1290 mm, distribuidos mayormente entre mayo y octubre (Duch-Gary, 1988).

Para este estudio, en la región se utilizaron vacas cruza de Holstein o Pardo Suizo con Cebú, en su mayoría de primera y segunda lactación, con peso vivo promedio al parto de

475.3 \pm 71.2 kg. Se evaluaron dos tratamientos: Carga baja con 2 UA/ha⁻¹ (CB) y Carga alta con 3.5 UA/ha⁻¹ (CA). Los animales fueron divididos en dos grupos de pastoreo (CB y CA), los cuales pastoreaban en áreas establecidas con pasto Estrella de África (*Cynodon nlemfuensis*) no fertilizado y con riego de auxilio, sembrado en suelo T'zekel (litosol). Se utilizó cerco eléctrico para delimitar las áreas de pastoreo (celdas) dentro de cada potrero. El pastoreo fue rotacional, con 3 días de ocupación (máximo) por celda y período de descanso de 33 días, en ambos grupos.

Región Oriente de Yucatán (ROY), Mpio. de Sucilá. El clima de la región es cálido subhúmedo que corresponde al subtipo climático Aw_1 (i') g. Sus temperaturas medias mensuales son inferiores a los 26°C. La precipitación media anual, alcanza en esta región valores superiores a los 1200mm, principalmente en el verano aunque se registran precipitaciones entre los meses de noviembre a abril. Esto resulta en condiciones de menores temperaturas y ligeramente de mayor humedad tanto en verano como en invierno en comparación con otras regiones de la entidad (Duch-Gary, 1988).

En esta región se utilizaron vacas multíparas cruza de Holstein o Pardo Suizo con Cebú. El peso vivo promedio con peso promedio de 457 \pm 53 kg. Se formaron dos grupos de animales los cuales se manejaban ya sea con 1) pastoreo intensivo (PI) con cerco eléctrico y 2) pastoreo tradicional (PT), la carga animal en ambos grupos fue la misma: 1.5 UA/ha⁻¹. Dichos grupos pastoreaban en potreros de pasto uinea (*Panicum maximun*) sembrado en suelo T'zekel (litosol), sin fertilización, con riego de auxilio en PI y a temporal en PT. Para PI, se utilizó cerco eléctrico para delimitar las áreas de pastoreo (celdas) dentro de cada potrero; para PT se utilizaron los potreros convencionales divididos con alambre de púas. En ambos sistemas de pastoreo se utilizó el sistema rotacional, con 3 días de

ocupación (máximo) por celda o potrero, y período de descanso de 35 días.

Se consideró que una unidad animal (UA) equivale a una vaca de 450 kg de peso vivo (FIRA, 1996). Todos los experimentos iniciaron en octubre de 1998. Después de un año de haberse realizado los cambios en el manejo del pastoreo (octubre de 1999), se realizaron muestreos de suelo en los ranchos de doble propósito localizados en las regiones descritas.

Mediciones y muestreos. Se tomaron cuando menos 10 muestras de suelo en cada celda o potrero que ya había cumplido con su período de descanso en la rotación del pastoreo. Cada muestra de suelo fue obtenida a 5-10 cm de profundidad. El procedimiento de obtención de las muestras fue en zig-zag, tratando de cubrir toda la superficie seleccionada para realizar el muestreo. La misma cantidad de muestras de suelo y procedimiento de obtención de muestras, se realizó en secciones de monte aledañas a los sistemas de producción en ambas regiones. Cuando menos los montes tenían un descanso de 40-50 años y se conside-

-deró que los valores del análisis de suelo de las áreas de monte serían funcionarían como indicadores de baja perturbación.

Las muestras fueron analizadas para: nitratos totales (Método de la Brucina; Baker, 1967), materia orgánica (Método de Walkley-Black, 1934) y fósforo disponible (Método de Olsen, 1954), con base en los procedimientos descritos por McKean (1993).

Análisis estadístico. Los datos de composición química de los suelos se analizaron mediante la prueba de “t de student” para identificar diferencias entre medias, usando el programa “Statistica” (v. 4.5, 1993).

Resultados

En la tabla 1 se presentan los resultados de materia orgánica (MO), nitratos (NO_3) y fósforo disponible (P) para cada uno de los tratamientos de carga animal en la RCY. El suelo del monte es de tipo litosol (somero y pedregoso); se registró la siguiente composición: $\text{MO}=9.04\pm 2.63\%$, $\text{NO}_3= 0.87\pm 0.22$ ppm y $\text{P}=4.53\pm 1.41$ ppm.

Tabla 1. Efecto de la carga animal sobre las variables químicas (media \pm d.e.) de suelo litosol bajo pastoreo con dos cargas animal en la RCY.

Tratamiento	MO (%)	NO_3 (ppm)	P (ppm)
Carga alta (3.5 UA/ha)	19.58 \pm 5.02a	1.33 \pm 0.26a	10.65 \pm 3.18 ^a
Carga baja (2.0 UA/ha)	22.60 \pm 1.62a	1.75 \pm 0.82a	9.03 \pm 2.54 ^a

En la tabla 2 se presentan los resultados de materia orgánica (MO), nitratos (NO₃) y fósforo disponible (P), para cada tratamiento de manejo del pastoreo en la ROY.

El suelo del monte es de tipo de litosol (some-ro y pedregoso). Se registró la siguiente composición: MO: 14.46±3.26 %, NO₃= 2.99±0.88 ppm y P=4.61±2.72 ppm.

Tabla 2. Efecto del sistema de pastoreo (intensivo o tradicional) sobre variables químicas (media ± d.e.) de suelo litosol bajo pastoreo intensivo y tradicional en la ROY.

Tratamiento	MO (%)	N O ₃ (ppm)	P (ppm)
Pastoreo intensivo	16.18±4.29a	3.16±2.19a	7.52±2.45a
Pastoreo tradicional	15.14±2.71a	2.18±0.66a	8.63±1.84a

Discusión

En la región NCY la concentración de los valores de la MO, NO₃ y fósforo para el suelo del monte fueron menores que los correspondientes a los tratamientos de pastoreo con cargas alta y baja. Cabe destacar que una característica de estos suelos de Yucatán, es su elevado contenido de la MO (Duch-Gary 1988). Según Dunn (2013) la mayor concentración de nutrimentos en el suelo cuando es sometido a pastoreo se atribuye al aporte vía heces y orina del ganado, aunque entre los tratamientos de las dos cargas los valores para las variables estudiadas fueron similares entre sí. Jarillo *et al.* (2010) registraron el mismo comportamiento en las variables del suelo con cargas de 2 a 4 vacas en potreros de pasto *Paspalum spp.* y *Axonopus spp.* en suelos tipo ultisol (de baja fertilidad) durante 2 ciclos de pastoreo en el estado de Veracruz.

Respecto a la ROY las propiedades del suelo fueron similares entre las condiciones de monte y con el manejo del pastoreo tradicional o intensivo. Es probable que la edad de la vegetación en general tenga influencia en u-

na mayor concentración de la MO. Sin embargo, destaca también la diferencia entre ambas regiones del estado.

Hay cierta tendencia de que los valores de las características del suelo sean mayores en los tratamientos más intensivos (CA en RCY y PI en ROY). En este sentido, debe de considerarse que el periodo del experimento fue de un año y que los impactos en las propiedades del suelo se tendrían a mediano o largo plazo, como ha sido registrado por Dunn (2013).

Conclusiones

Los valores de los contenidos de MO, NO₃ y P de suelos litosoles, de las dos regiones de Yucatán cuando la carga animal varió de 2 a 3.5 UA/ha⁻¹ o cuando se utilizó pastoreo intensivo con cercos eléctricos, fueron similares después de un año de someter al suelo con el manejo evaluado.

Referencias

Aguilar-Pérez CF, Cárdenas-Medina JV y Santos-Flores J. 2001. Efecto de la suplementación con *Leucaena leucocephala* so

- bre la productividad de vacas cruzadas, bajo dos cargas de pastoreo. *Livestock Research for Rural Development* (13) 4, 2001.
- Conant RT, Six J y Paustian K. 2003. Land use effects on soil carbon fractions in the southeastern United States. I. Management-intensive versus extensive grazing. *Biology and Fertility of Soils* 38:386-392.
- Duch-Gary J. 1988. La conformación territorial del estado de Yucatán. México: Universidad Autónoma de Chapingo . Texcoco, Estado de México.
- Dunn MW. 2013. Stocking system effects on cattle performance, forage and soil properties of cool-season pastures. Master of Science Theses, Iowa State University (Paper 13069).
- FIRA 1996. Pastoreo Intensivo Tecnificado en Zonas Tropicales. Fideicomiso Instituido en Relación a la Agricultura (FIRA). *Boletín Informativo*, 287 (29) 7-18.
- Jarillo RJ, Valles de la MB, Castillo GE. y Ramírez AL. 2010. Efecto de la carga animal sobre características del suelo y de la vegetación en un pastizal nativo del trópico húmedo de Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 12: 372-388.
- McKean SJ. 1993. Manual de análisis de suelos y tejido vegetal: una guía teórica y práctica de metodologías. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Colombia. 103 pp.
- Murgueitio E. 1999. Reconversión ambiental y social de la ganadería bovina en Colombia. *World Animal Review*, 93 (2) 2-15.
- Rivas L y Holmann F. 2002. Sistemas de doble propósito y su viabilidad en el contexto de los pequeños y medianos productores en América Latina Tropical. En: Curso internacional de actualización en el manejo de ganado bovino de doble propósito. Veracruz, México, Noviembre, 2002.
- Rojo-Rubio R, Vázquez-Armijo JF, Pérez-Hernández P, Mendoza-Martínez GD, Salem A ZM, Albarrán-Portillo B, González-Reyna A, Hernández-Martínez J, Rebollar-Rebollar S, Cardoso-Jiménez D, Dorantes-Coronado EJ, Gutiérrez-Cedillo JG. 2009. Dual purpose cattle production in Mexico. *Trop. Anim. Health Prod.* 41: 715-721.
- Santos-Flores JS. 1997. Monitoring of Dual Purpose cattle farms to identify constraints in Yucatan farming systems. PhD Thesis. Wye College, University of London. June, 1997.

Propuesta de especies de plantas suculentas nativas (cactáceas y agaváceas) con potencial económico frente al escenario futuro de sequías en Yucatán

Jorge L. Leirana Alcocer y José Carlos Cervera

Cuerpo Académico de Ecología Tropical, Departamento de Ecología Tropical, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán.
ambienteprimero@yahoo.com.mx

Resumen

Los escenarios de cambio climático proyectan que en la zona norte de Yucatán las sequías serán aún más severas dentro de 30 años. Ello representa una verdadera amenaza para las actividades agropecuarias. Una posible alternativa es el cultivo de especies adaptadas a crecer en zonas semiáridas con suelos pobres y temperaturas cálidas, tal como se hace en el centro y norte de México. En este trabajo se proponen cuatro especies de plantas suculentas nativas que ocurren naturalmente en el área semiárida de Yucatán y que ya son explotados en otras partes del país o del mundo. Se analizan las condiciones climáticas y edáficas de sus poblaciones naturales y se comentan brevemente algunos de sus usos. Las cuatro especies soportan temperaturas promedio y extremas altas (de 26 a 28 °C), precipitaciones de menos de 600 mm anuales y suelos pobres (regosoles y leptosoles). El nopal *Opuntia stricta* produce un fruto del que se podrían extraer colorantes de uso en la industria alimentaria, la cruceta o cardón (*Acanthocereus pentagonus*) y la pitaya de monte (*Selenicereus donkelaari*) se pueden cultivar como fuente de fruta fresca puesto que otras especies de los mismos géneros ya se cultivan y comercializan en Europa, Asia y Sudamérica. El chelem (*Agave angustifolia*) puede servir para regenerar hábitats semiáridos y como una alternativa de su descendiente el henequén que ha perdido diversidad genética; además el chelem tiene múltiples usos industriales y alimenticios, pues se pueden extraer jarabes, fibra y la materia prima para la producción de bebidas destiladas. Las cuatro especies tienen importancia etnobotánica y ecológica, pues proporcionan agua, medicina y alimento a las poblaciones humanas de hábitats áridos o con fuertes sequías estacionales.

Introducción

Durante los próximos 30 años, según los escenarios de cambio climático en Yucatán la severidad de las sequías aumentará (González-Cerda y Valdez-Madero 2004) y las temperaturas medias seguirán siendo de cálidas a muy cálidas (de 26 a 28 °C). Esto sumado a que en gran parte del estado predominan los suelos poco aptos para la agricultura (CONABIO 1995) hacen esperar una crisis aún más aguda en la economía rural y prácticamente la disminución de las actividades agropecuarias de la zona centro y nor-

te del Estado. Ante este panorama se deben explorar actividades económicas alternativas con las que se puedan paliar la falta de oportunidades de desarrollo sin que ello redunde en un deterioro ambiental aún mayor. Una alternativa viable, tanto ambiental como económica, es el aprovechamiento de especies de interés agroindustrial que estén adaptadas a las condiciones ambientales del escenario futuro.

En ambientes cálidos el agua es el principal factor que regula la producción vegetal, ya que no solamente forma la matriz en la que se llevan a cabo las reacciones

bioquímicas celulares, sino que sirve también para transportar los nutrientes del suelo a la raíz y para mantener la temperatura adecuada de los tejidos mediante la evapotranspiración (Nobel y Bobich 2002).

La escasez de agua puede producir estrés fisiológico en los cultivos, especialmente si las temperaturas son altas durante la mayor parte del año. La falta de agua afecta la capacidad de regular la temperatura de las plantas y tanto las altas temperaturas como la deshidratación de los tejidos son fuerzas deletéreas para los individuos y restringen su capacidad de crecer, reproducirse e incluso sobrevivir (Nobel y Bobich 2002).

Las plantas suculentas, como las cactáceas y agaváceas, son capaces de tolerar la falta de agua en el suelo y las altas temperaturas ambientales por períodos prolongados. Estas plantas cuentan con mecanismos para almacenar el agua dentro de sus tejidos, pueden alcanzar altas temperaturas internas sin que sus organelos celulares se vean afectados y son mucho más eficientes en el uso del agua, es decir producen más biomasa por cada molécula de agua que transpiran (Nobel y Bobich 2002).

En este trabajo se describen brevemente las condiciones ambientales de cuatro especies de plantas suculentas de la Península de Yucatán que pueden ser cultivos alternativos frente a los cambios climáticos esperados en Yucatán. Se proponen cuatro especies porque su distribución incluye zonas en las que las condiciones actuales de aridez, temperatura y suelo son semejantes a los escenarios futuros mencionados. Así mismo, estas especies y géneros producen bienes muy apreciados que están siendo explotados o investigados en la actualidad. Se describen las condiciones ambientales en las que actualmente están inmersas estas especies en términos de temperatura, precipitación anual y tipos de suelo según CONABIO y se comentan someramente sus usos actuales y potenciales.

El clima y suelo de la Península de Yucatán

El clima de la Península es cálido, con temperaturas promedio anuales de 26 a 28 °C. El promedio del mes más frío (febrero) es de entre 16 y 18 °C y el del mes más cálido (mayo) es de 36 °C (INEGI 2010). No se observa una alta variación espacial de las temperaturas anuales promedio dentro de la Península.

La precipitación anual por el contrario es más heterogénea, con áreas de menos de 600 y otras de hasta 1500 mm anuales (Fig. 1). La zona más seca de la Península se encuentra en el noroeste de Yucatán, incluyendo la franja litoral comprendida entre Sisal y Telchac (Fig. 1), por lo tanto ahí se deben buscar recursos agrícolas que puedan sobrevivir en ambientes secos, cálidos y con suelos pobres.

Los tipos de suelos (clasificados de acuerdo a IUSS 2007) con mayor extensión en la Península de Yucatán son los leptosoles, incluyendo los litosoles que son suelos sumamente pedregosos con menos de 25 cm de profundidad y rendzinas, que son suelos fértiles y ricos en materia orgánica con 50 cm de profundidad o menos (CONABIO 1995) que descansan sobre la roca caliza. Hay también luvisoles, en los que los horizontes inferiores se acumulan arcilla y pigmentos y cambisoles, en los que las capas más superficiales son de color ocre oscuro o pardo y las más profundas son muy arcillosas. El Regosol calcáreo representa una delgada franja costera, ocurre en los cordones litorales e islas de barrera en los cuales se forman dunas arenosas; este suelo se compone principalmente de los fragmentos de conchas de organismos marinos, es pobre en materia orgánica, no forma horizontes diferenciados y es de color muy claro. Pese a su escasa extensión en la Península de Yucatán, el Regosol calcáreo se menciona aquí porque las cuatro especies de estudio son muy abundantes en este tipo de suelo.

Las especies de estudio

Entre las plantas que se distribuyen en esta zona destacan las cactáceas y agaváceas por su potencial económico y de uso en la restauración ecológica, además de que tienen una larga historia de uso dentro en la región y han tenido un importante papel cultural, desde la etapa de cazadores- recolectores, las culturas prehispánicas hasta el modelo actual de capitalismo industrial (Montufar-López y Anzures-Jaimes 2014).

Las cuatro especies propuestas son relativamente abundantes en los hábitats semiáridos de Yucatán (Fig. 1) con suelos pobres en nutrientes (Regosol) o muy someros (Leptosol). Estas especies son la agavácea *Agave angustifolia* (Haw.) y las cactáceas *Opuntia stricta* (Haw.), *Acanthocereus*

pentagonus (L.) Britton et Rose y *Selenicereus donkelaarii* (Britton et Rose).

En la Figura 1 se observa la distribución geográfica de las cuatro especies (gBif.org 2014) con relación a la precipitación anual. En la Tabla 1 se enlistan los suelos y rangos de temperatura y precipitación de cada especie, junto con sus usos. En general, las cuatro especies son encontradas en la costa noroeste de Yucatán, con suelos arenosos y precipitaciones anuales de 500 a 600 mm; aunque también se las ha encontrado en suelos de Litosol, Rendzina, Cambisol y Luvisol experimentando condiciones desde semiáridas (menos de 600 mm de precipitación) a tropicales subhúmedas (1500 mm de precipitación anual).

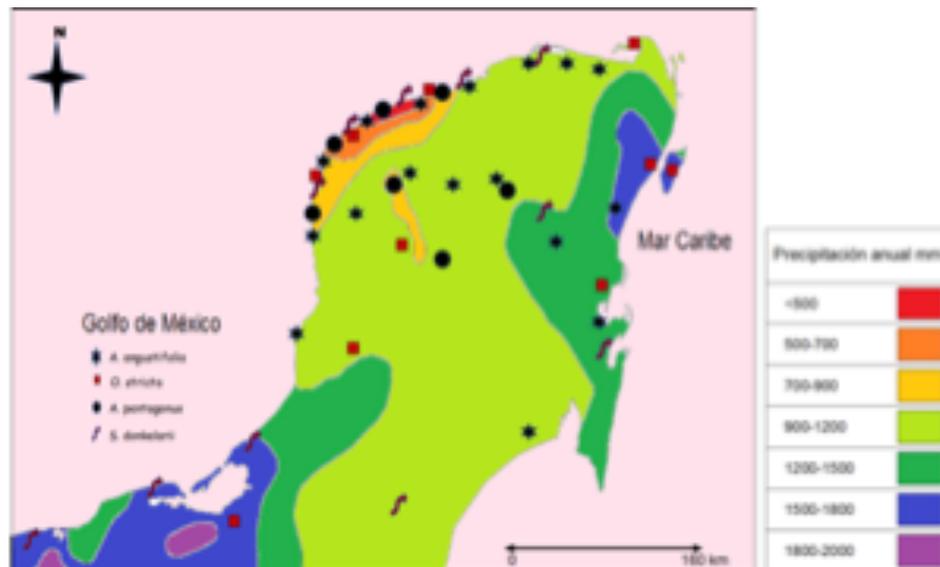


Figura 1.- Precipitación anual de la Península de Yucatán y distribución de *Agave angustifolia*, *Opuntia stricta*, *Acanthocereus pentagonus* y *Selenicereus donkelaarii*.

Imagen tomada de: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

Tabla 1.- Rangos de precipitación anual, temperatura, tipo de suelo en los que se encuentran las especies *Agave angustifolia*, *Opuntia stricta*, *Acanthocereus pentagonus* y *Selenicereus donkelaari* en la Península de Yucatán y los usos reportados.

Especie	Precipitación	Temperatura máxima °C	Tipos de Suelo	Usos
<i>Agave angustifolia</i>	500-1500	28	Regosol calcáreo, Litosol, Rendzina, Cambisol, Luvisol	Mezcal, fibra, cercas vivas, jabón, fármacos y restauración ecológica.
<i>Opuntia stricta</i>	500-1200	28	Regosol calcáreo, Litosol, Rendzina	Colorante, cercas vivas, fruta, apicultura.
<i>Acanthocereus pentagonus</i>	500-1200	28	Regosol calcáreo, Litosol, Cambisol	Fruta, tallo comestible y restauración ecológica.
<i>Selenicereus donkelaarii</i> .	500-1500	28	Regosol calcáreo, Litosol, Rendzina	Fruta y restauración ecológica.

Chelem, *Agave angustifolia* (Haw.)

Las plantas del género *Agave* son monocotiledóneas, del orden asparagales, familia Asparagaceae (APG III 2009) y subfamilia Agavoideae (Chase *et al.* 2009). Tienen muchas similitudes ecológicas, morfológicas y fisiológicas con las cactáceas como resultado de la convergencia evolutiva, por haber coincidido en su área de origen (las zonas áridas de América). Este género se compone de plantas con forma arrosetada, semélparas (producen flores y frutos una vez en la vida y después mueren), y se pueden reproducir por medio de semillas o clones que surgen a partir de la raíz o de una ramificación de la inflorescencia.

Uno de los usos de esta planta es la

elaboración de bebidas destiladas, por ejemplo el *Agave angustifolia* se usa en Sonora para la elaboración de bacanora, un tipo de mezcal con denominación de origen otorgada por las autoridades Mexicanas y que es una importante fuente de ingresos para la población rural (Salazar-Solano y Mungaray-Lagarda 2009). En el centro del país es usada para obtener otras bebidas similares al tequila (García-Mendoza *et al.* 1993). En Sonora, la mayoría de los agaves usados en la elaboración de bacanora no provienen de plantaciones intensivas sino de poblaciones silvestres manejadas, tratando de asegurar la sostenibilidad de las poblaciones y conservar la cadena de producción. En las zonas semiáridas y cálidas del país y de otros países, el chelem y otros agaves han sido usados para

la estabilización de taludes de carreteras y terrazas de cultivo.

El valor paisajístico del género *Agave* en las zonas áridas de México es un bien cultural reconocido a nivel mundial, ya sea que las poblaciones sean silvestres como en el centro y norte del país o cultivadas como en las zonas de producción de tequila en Jalisco (Gómez-Arriola 2010). Por su resistencia a las altas temperaturas y a la pobreza del suelo, se puede usar en la restauración de ecosistemas semiáridos, en los que los individuos pueden ofrecer su sombra y protección a las plántulas de árboles y arbustos menos resistentes y favorecer la restauración. Además, tiene el potencial de ser explotado por sus fibras duras (Nobel y Bobich 2002), aunque en Yucatán y otras regiones de Mesoamérica esta necesidad se ha cubierto desde tiempos históricos con los otrora extensos cultivos de henequén (*Agave fourcroydes*).

Los usos del Chelem son variados; las yemas florales, las flores, la base de las hojas, los tallos y los frutos son comestibles; las inflorescencias son utilizadas para construir postes, balsas y cercas; las hojas son utilizadas como forraje, las plantas secas son utilizadas como combustible; con la fibra se elaboran cuerdas y textiles; se fabrican bebidas alcohólicas con los azúcares extraídos del tallo; se hacen infusiones con hojas, tallos y raíces para tratar inflamación, raspaduras, enfermedades hepáticas y del riñón, artritis y disentería; las espinas son utilizadas como clavos, agujas o anzuelos. Además, la planta completa se utiliza con fines ornamentales (García-Mendoza *et al.* 1993). Su uso potencial más importante en la Península de Yucatán es el de la restauración de hábitats, en especial del matorral costero que se desarrolla en las dunas arenosas, que sufren numerosos eventos de perturbación natural y artificial. También puede ser usada como ornamental y para la creación de cercas vivas, en especial en las regiones del noroeste de Yucatán en los que existen suelos poco fértiles, hay baja

precipitación pluvial y la vegetación está sujeta a la destrucción de hábitat por ser el área con mayor densidad de población humana.

La fauna nativa que coexiste con el Chelem también hace uso intensivo de ella, las aves usan las inflorescencias y las hojas para percharse y vigilar su territorio, y consumen las flores y las semillas. Las flores además son fuente de néctar y polen para numerosos organismos desde pequeños insectos, hasta aves de percha y murciélagos; estos últimos son posiblemente los principales polinizadores del género (Rocha *et al.* 2006).

Nopal, *Opuntia stricta* (Haw.)

El género *Opuntia* es una dicotiledónea del orden Caryophyllales, en la familia Cactaceae y la subfamilia Opuntioideae. En general se reproduce de manera sexual por medio de semillas, aunque si se desprenden tallos de la planta madre, estos pueden producir raíces y convertirse en un individuo independiente. De hecho la principal forma de propagar este género para su aprovechamiento comercial, ya sea como verdura o fruta, es enterrando hasta la mitad uno de los cladodios (segmentos articulados de los tallos de los nopales), para producir nuevas plantas.

El nopal *Opuntia stricta* es un arbusto que produce un fruto rojo-púrpura con altas concentraciones de azúcares, agua y pigmentos. Se puede consumir como fruta fresca aunque tiene el inconveniente de que la cáscara presenta numerosos gloquidios que causan escozor en las manos y labios si no se tiene el cuidado de retirar la piel por completo. Además, su valor nutricional disminuye muy rápido cuando se le almacena sin refrigeración, por lo que su distribución se ve limitada a áreas cercanas a los centros de producción.

Se ha documentado que varias especies del género *Opuntia* han sido fuente de recursos para los humanos desde tiempos precolom-

binos (Casas y Barbera 2002). Del nopal, se consumen los frutos y los cladodios como alimento. Los cladodios son utilizados como forraje. También el nopal es utilizado como cercas vivas y el mucílago es utilizado como adhesivo. Como la mayoría de las cactáceas, también es utilizada como ornamental. Uno de los usos más promisorios de *O. stricta* es la extracción de pigmentos de betacianina del fruto maduro. Estos pigmentos son demandado en la industria de los alimentos, por ejemplo para yogurt o bebidas refrescantes (Obón *et al.* 2009). Al parecer el pigmento obtenido del fruto tiene características muy deseables en la ingeniería de alimentos, como por ejemplo que es muy estable a temperatura ambiente y en refrigeración y que tiene un alto grado de pureza química y cromática (Obón *et al.* 2009). Las semillas son ricas en aceites y los residuos que resultan de la extracción del mismo son ricos en proteínas (Sáenz 2006). Los tallos de algunas especies del género *Opuntia* además producen alcaloides, de propiedades similares a los del peyote.

En estado silvestre, varios animales se alimentan de los frutos maduros de *O. Stricta*, como por ejemplo palomas, conejos, venados colablanca y coatíes, pues los frutos son fuente de agua y azúcares en un ambiente sumamente seco; además pueden contener de 3 a 13% de contenido de proteína, dependiendo de la estación. En la época de floración, *O. stricta* atrae varios insectos, principalmente a la abeja europea *Apis mellifera*. En el norte de África se cultiva esta planta como recurso apícola (Sáenz 2006).

Cruceta o Cardón, *Acanthocereus pentagonus* (L.) Britton et Rose

Como todas las cactáceas, el cardón o cruceta es una dicotiledónea que pertenece al orden Caryophyllales, en la familia Cactaceae y subfamilia Cactoideae. El cardón o cruceta es una planta arbustiva cuyas ramas crecen de

forma decumbente (arqueada hacia el suelo). Cuando las ramas tocan el suelo pueden formar raíces y si se separan de la planta madre pueden sobrevivir como individuos independientes. El tallo tierno tiene de cuatro a ocho costillas, aunque cuando madura se reducen a cuatro o cinco, de ahí su epíteto específico que puede ser *tetragonus* o *pentagonus*. Las espinas se ubican en las costillas y pueden medir hasta 2 cm de largo y son bastante gruesas. Produce un fruto de color anaranjado cuando madura, de aproximadamente 2 a 3 cm de diámetro. Se propaga más intensamente por medio de esquejes, aunque produce semillas viables en alta proporción.

Acanthocereus tiene potencial como fruta fresca, que es de alto valor nutricional, y ya es cultivado comercialmente en Colombia para abastecer principalmente el mercado europeo. Las especies de este género se cultivan en sus lugares de origen como cercas vivas y plantas de ornato. En Veracruz, los tallos tiernos son usados como verdura, de manera similar al género *Opuntia* en el centro del país. Se hacen infusiones con el tallo para tratar males cardiacos.

Por el tamaño y color de la flor, es probable que los principales polinizadores de esta especie sean murciélago y polillas, ya que a semejanza con *Selenicereus donkelaarii*; esta es grande y blanca y abre por las noches. En las poblaciones silvestres los frutos y las flores de la especie son fuente de alimento y agua para numerosos vertebrados e insectos; ya que es bastante común en ambientes hostiles como los matorrales xerófilos y las selvas secas.

Pitaya o Pitahaya, *Selenicereus grandiflorus* (L.) Britton & Rose. ssp. *donkelaarii* (Salm Dyck) Ralf Bauer.

La pitaya o pitahaya (nombre común compartido con otras cactáceas trepadoras) es una dicotiledónea que, al igual que las dos

especies anteriores, pertenece al orden Caryophyllales y la familia Cactaceae, pertenece a la subfamilia Cactoideae (Nobel y Bobich 2002). Se puede reproducir por semillas, pues otras especies del mismo género presentan altas tasas de germinación. Aunque, como la mayoría de los cactus, la propagación comercial depende del uso de esquejes. La polinización de este género presenta autocompatibilidad (produce fruto si se poliniza con polen de la misma planta).

El fruto de *S. donkelaarii* es una baya oblonga a esferoidal grande (8-10 cm de diámetro) anaranjada a roja. El contenido de pulpa, por peso fresco, es alto (60-80%) y las semillas son pequeñas y comestibles. En otras especies del género la vida de anaquel del fruto maduro a 10-12°C es de aproximadamente 130 días. Dada la similitud entre los frutos de *Selenicereus* e *Hylocereus* (la pitahaya cultivada y comercializada en Yucatán) en apariencia, sabor y otras propiedades; se puede presumir el potencial comercial de esta especie como fruta fresca. Actualmente, *Selenicereus megalanthus* (pitahaya amarilla) es cultivada con fines comerciales en Colombia, Corea del Sur, Vietnam e Israel, por lo que *Selenicereus donkelaarii* tiene un gran potencial agroindustrial los frutos son comercializados en Europa, Sudamérica, Japón e Israel.

En su ambiente natural, *S. donkelaarii* crece mejor bajo la sombra de arbustos y palmas, y los individuos a pleno sol muestran signos de estrés como el blanqueamiento de tejidos y la lignificación. La flor, por su morfología, color y tamaño probablemente es polinizada por murciélagos y polillas halcón (“hawkmoths”); aunque en plena floración se observan numerosos insectos pequeños como hormigas y escarabajos alimentándose en las flores (observación personal). Así mismo, en estado silvestre es difícil encontrar frutos maduros intactos de la especie y en su mayoría presentan evidencia de daños (observación personal), probablemente debidos a las aves u

otros vertebrados. Los frutos dañados son visitados por colibríes, hormigas, abejas y otros insectos que aprovechan el jugo y la pulpa.

Perspectivas

En este trabajo se presenta solamente una evaluación cualitativa del potencial de estas plantas suculentas frente al cambio climático esperado en el futuro para Yucatán. Sin embargo, por la extraordinaria plasticidad demostrada por las especies de estudio, en especial *A. angustifolia* y *O. stricta*, la hipótesis de que éstas especies pueden cultivarse con éxito en las zonas semiáridas de Yucatán es bastante plausible. Ambas especies tienen una gran capacidad de aclimatación al aumento en la temperatura y la radiación solar. *Opuntia stricta* y *S. donkelaarii* pueden tolerar temperaturas superiores a los 55 °C. Las cuatro especies mencionadas tienen una tolerancia a la sequía superior a los 90 días. Se espera que debido a su morfología *A. pentagonus* tolere temperaturas más elevadas que *S. donkelaarii* y no necesite tanta sombra (Cervera *et al.* en prensa).

Las especies aquí presentadas son ecológicamente importantes y tienen un alto potencial para la regeneración de hábitats perturbados, pues son fáciles de propagar asexualmente. Las tres especies de cactáceas proporcionan frutos y semillas que son un importante recurso para las aves y otros componentes de la fauna. Las cuatro especies son capaces de sobrevivir en ambientes en los que se combina la pobreza del suelo con climas semiáridos, temperaturas extremas de 40 °C y precipitaciones anuales que puede ser de menos de 500 mm.

En el departamento de Ecología Tropical, de la Universidad Autónoma de Yucatán, se están haciendo estudios sobre respuesta de la fotosíntesis y la productividad de estas especies al cambio climático y se ha encontrado que *A. angustifolia* y *O. stricta* aumentarán su

tasa de fotosíntesis y productividad. *Selezniceus donkelaarii* no aumentará su tasa de fotosíntesis ni su productividad, pero tampoco se reducirá. En el futuro cercano se iniciaran trabajos con *Acanthocereus tetragonus*.

Se pueden iniciar plantaciones experimentales en los terrenos en los que la vegetación original haya sido severamente perturbada. Esta es una opción menos dañina para el suelo y la fauna que la urbanización total o la introducción de especies exóticas. Es necesario conocer la fisiología básica de las plantas y sus requerimientos ambientales para crecer y reproducirse en un ambiente cambiante. Así, para que las estrategias de manejo agronómico sean exitosas, es importante comprender las respuestas fisiológicas de las plantas al ambiente. Herramientas como el Índice de Productividad Ambiental (IPA), que pueden predecir la fijación de CO₂ y la productividad de plantas bajo diferentes escenarios ambientales, pueden ser utilizadas para evaluar la productividad de especies bajo diferentes niveles de luz, riego y fertilización y así optimizar la producción

El *Agave angustifolia*, cobra relevancia ya que existe evidencia de que su descendiente doméstico *A. fourcroydes* está perdiendo diversidad fenotípica (Colunga-García Marín *et al.* 1996), lo que quizá sea un síntoma de erosión genética, por tanto la especie silvestre puede ser el germoplasma para la creación de nuevos cultivares, lo que puede contrarrestar el riesgo de depender de un cultivo genéticamente homogéneo. Por otro lado las poblaciones silvestres de *Agave* de todo el país se están viendo afectadas por la destrucción y fragmentación de hábitat (Vargas-Ponce *et al.* 2009) y una forma de conservarlas puede ser la de propagarla y aprovecharla como planta de ornato, como cercas vivas y para producción de jarabes y bebidas alcohólicas.

Referencias

APG III. Angiosperm Phylogeny Group.

2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161 (2): 105–121.

Casas A y Barbera G. 2002. Mesoamerican domestication and diffusion. En: Nobel PS (ed.) *Cacti: Biology and Uses*. Pp. 143-162.

Cervera JC, Castillo-Argáez R y Vargas I. En prensa. Respuestas ecofisiológicas de plantas cactáceas: Fijación de CO₂, productividad y supervivencia. En: Ramos-Zapata J, Gonzáles-Moreno A y Leirana-Alcocer J (eds). “Reserva de la Biósfera de Ría Lagartos: estado actual y perspectivas”. CONANP, Universidad Autónoma de Yucatán. Pp 35-41.

Chase MW, Reveal JL y Fay MF 2009. A subfamilial classification for the expanded asparagalean families Amaryllidaceae, Asparagaceae and Xanthorrhoeaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161(2):132–136.

Colunga-García Marín P, Estrada-Loera E y May-Pat F. 1996. Diversity, and domestication of wild and cultivated populations of *Agave* in Yucatan, Mexico. *American Journal of Botany* 83(8): 1069-1082.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 1995. Mapa Edafológico de México escala 1:1000 000. Consultado en Octubre de 2014.

García-Mendoza A, Colunga-García Marín P y Bye Jr. R. 1993. Los usos de *Agave angustifolia* Haw., ancestro silvestre del henequén en su área de distribución geográfica. Pp. 92-112. En: Peniche R y Santamaría B (eds.). *Memorias de la Conferencia Nacional sobre el Henequén y la Zona Henequenera de Yucatán*. Gobierno del Estado de Yucatán, CONACYT, Universidad Autónoma de Yucatán, Sostenibilidad Maya, Instituto

- Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. 25- 28 Oct. 1992. Mérida, Yucatán, Mexico.
- Gbif, Global Biodiversity Information Facility. 2014. www.gbif.net 11/11/2014.
- Gómez-Arriola I. 2009. El plan de manejo para el Paisaje agavero y las antiguas instalaciones industriales de tequila. El patrimonio cultural como detonador del desarrollo regional, antecedentes, compromisos y retos. *Apuntes*. 22 (2): 124-141.
- González-Cerda ME y Valdez-Madero G. 2004. Sequía meteorológica. En: Martínez J y Fernández A (eds.) *Cambio climático, una visión desde México*. Pp 315-326.
- IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. *Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103*. FAO, Roma. 117 pp.
- Montufar-López A y Anzures-Jaimes N. 2014. El registro arqueológico e histórico del maguey. *Arqueología Mexicana*. Número Especial 57: 12-25.
- Nobel PS y Bobich EG 2002. Environmental biology. En: Nobel PS (ed.) *Cacti: Biology and Uses*. Pp. 57-74. Berkeley, California, USA: University of California Press. pp 57-74.
- Obón JM, Castellar MR, Alacid M y Fernández-López JA. 2008. Production of a red-purple food colorant from *Opuntia stricta* fruits by spray drying and its application in food model systems. *Journal of Food Engineering*. 90 (4): 471-479.
- Rocha M, Good-Avila S, Molina-Freaner F, Arita HT, Castillo M, García-Mendoza A, Silva-Montellano A, Gaut BS, Souza V y Eguiarte LE. 2006. Pollination biology and adaptive radiation of Agavaceae, with special emphasis on the genus Agave. *Aliso* 22 (2): 329-344.
- Sáenz C. 2006. Producción industrial de productos no alimentarios. En: Sáenz, C (ed.) *Utilización agroindustrial del nopal*. FAO. Pp 99-112
- Salazar-Solano V y Mungaray Lagarda A. 2009. La industria informal del mezcal bacanora. *Estudios Sociales*. Vol.17 (33): 163-198.

Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo

Mariana López Díaz y Héctor Estrada Medina

Departamento de Manejo y Conservación de Recursos Naturales Tropicales. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán.
marianalopezdiaz@yahoo.com

Resumen

El suelo es un recurso finito, y los procesos naturales para su formación, desarrollo y restauración no ocurren a la misma velocidad a la que se degrada. La gran presión sobre los suelos que la humanidad ejerce para satisfacer sus necesidades de alimento ha promovido su uso intensivo que, junto con las malas prácticas de manejo (tales como la labranza intensiva, monocultivo, aplicación indiscriminada de agroquímicos, entre otros), han provocado deterioro y degradación edáfica. El problema de fondo es el escaso entendimiento del ser humano sobre el suelo y sus propiedades. En el presente artículo se definen y describen las principales propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, discutiendo su importancia y los valores típicos de los suelos agrícolas. Al final, se hace una reflexión sobre la importancia de monitorear las propiedades del suelo y su manejo dirigido para evitar su degradación.

Introducción

El suelo es un sistema dinámico que consta de tres fases (sólida, líquida y gaseosa) cuyas propiedades físicas, químicas y biológicas interactúan entre sí para mantener un equilibrio adecuado para el desarrollo de las plantas y su entorno (Tamhane *et al.* 1986). Aún cuando las propiedades del suelo pueden estudiarse de manera aislada, todas ellas están relacionadas entre sí. Así, por ejemplo, las condiciones para el anclaje y la penetración de raíces que proporciona el suelo a la planta, tienen que ver con el espacio poroso, y éste a su vez determina otras propiedades como el drenaje y la aireación. De esta manera, la degradación de una sola propiedad del suelo puede afectar a otras más, y esto a su vez conlleva a una degradación del suelo que al final se revierte en afectaciones a los rendimientos de los cul-

tivos. Dada la importancia del suelo, en este trabajo se definen y describen sus principales propiedades físicas, químicas y biológicas, discutiendo su importancia y los valores típicos que se presentan en los suelos agrícolas. Además, se realiza una reflexión sobre la importancia de monitorear las propiedades del suelo y manejarlo adecuadamente para evitar su degradación.

Propiedades físicas

Son aquellas que pueden observarse y/o medirse sin alterar químicamente la composición del suelo y están relacionadas con el movimiento del aire, calor, agua, raíces y nutrientes; entre ellas se encuentran la profundidad, textura, estructura, densidad aparente, densidad real, porosidad, color y temperatura.

La profundidad es una propiedad de la cual se puede inferir el volumen de suelo que las

raíces de las plantas tienen para anclarse y para obtener agua y nutrientes y está limitada por la presencia de roca continua dura (South Africa Department of Agriculture 2007; Parker 2010). Los suelos someros (< 25 cm) se consideran poco aptos para la agricultura.

La textura se refiere a la distribución proporcional de las partículas individuales del suelo (arenas, limos y arcillas) (Tamhane *et al.* 1986; Huerta 2010) para su mejor estudio

y comprende las arenas (0.05–2 mm), limos (0.002-0.05 mm) y arcillas (< 0.002 mm) (Tabla 1). Un suelo con mayor cantidad de arenas es un suelo de textura gruesa o suelo grueso, mientras que uno con mayor cantidad de arcillas es un suelo de textura fina o un suelo fino. El suelo ideal es aquel que tiene una textura franca; esto es un contenido alrededor de 40% de arenas, 40% de limos y 20% de arcillas.

Tabla 1. Algunas propiedades de los diferentes tamaños de partículas del suelo.

Partículas Tamaño *	Arena (0.05 a 2 mm)	Limo (0.002 a 0.05 mm)	Arcilla (< 0.002 mm)
Propiedad del suelo			
Aireación	Excelente	Buena	Pobre
Erosión eólica	Media	Alta	Baja
Erosión hídrica	Baja	Alta	Baja**, Alta***
Permeabilidad	Alta	Media	Baja
Temperatura	Alta	Media	Baja
Laboreo	Fácil	Medio	Difícil
Retención de agua	Baja	Media	Alta
Área de superficie	Bajo	Medio	Alto
Nutrientes	Pobre	Medio	Alto
compactación	Baja	Media	Alta
Escorrentía	Baja	Media	Alta

*= El tamaño de partículas está de acuerdo a la clasificación del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA). ** Con agregación, ***, Sin agregación. En el sistema internacional los tamaños de partícula son: 0.02 a 2 mm, 0.02 a 0.002 y <0.002 para arenas, limos y arcillas respectivamente. Elaboración propia con información de: Brady y Weil (2008) y Hazelton y Murphy (2007).

La estructura del suelo es la forma en que las arenas, limos y arcillas se asocian para formar agregados o terrones (León 2000). Esta propiedad afecta directamente la aireación, el movimiento del agua en el suelo, el crecimiento radicular y la resistencia a la erosión. Los agregados pueden ser de varias formas (granos, bloques, prismáticos, columnares o laminares) y tamaños, así como diferente grado de estabilidad. Agregados estables entre 2 y 5 mm están asociados con una mejor calidad del suelo (USDA 2008).

La densidad del suelo se refiere al peso por volumen de suelo y está relacionada con la porosidad. Existen dos tipos de densidad denominadas aparente y real, ambas se expresan en g/cm^3 . La densidad aparente se define como la cantidad de masa de sólido que existe por unidad de volumen total de suelo (Hazelton y Murphy 2007; Flores y Alcalá 2010); es

decir, se toma en cuenta el volumen que ocupan los sólidos y los poros. Suele utilizarse para estimar compactación, porosidad total, micro y macro porosidad y humedad a saturación; sus valores limitantes para el crecimiento de las plantas están influenciados por la textura del suelo (Tabla 2).

La densidad real es la masa de los sólidos por unidad de volumen (Osman 2013); es decir, sin tomar en cuenta el volumen que ocupan los poros. La densidad real de un suelo es un indicador de la composición mineralógica del suelo así como del contenido de material orgánico.

A mayor contenido de materia orgánica en el suelo menor densidad real. Cuando el suelo no posee cantidades significativas de material orgánico, normalmente los valores de densidad real son similares al del mineral más abundante en el suelo (Tabla 3).

Tabla 2. Relación general entre densidad aparente del suelo y el crecimiento radicular, en base a la textura del suelo.

Textura del Suelo	Densidades aparentes Ideales (g/cm^3)	Densidades aparentes que pueden afectar el crecimiento radicular (g/cm^3)	Densidades aparentes que restringen el crecimiento radicular (g/cm^3)
Arenosa, franco arenosa	<1.60	1.69	>1.80
Franco-arcillo-arenosa, Franco, franco-arcillosa	<1.40	1.60	>1.75
Limosa, franco-limosa	<1.30	1.60	>1.75
Franco-limosa, Franco-arcillo-limosa	<1.40	1.55	>1.65
Arcillo-arenosa, arcillo-limosa	<1.10	1.39	>1.58
Arcillosa	<1.10	1.39	>1.47

Fuente: USDA, 1999

Tabla 3. Valores de densidad real relacionada con el mineral más abundante en el suelo

Densidad real (g/cm ³)	Mineral
4.9 – 5.2	Magnetita (Fe ₃ O ₄)
3.4 – 4.0	(FeO(OH) _n H ₂ O)
4.9 – 5.3	Hematita
2.4 – 4.3	Hidróxidos de Fe y Al
2.0 – 2.7	Silicatos arcillosos
3.73	Hidróxido férrico (Fe(OH) ₃)
2.65	Cuarzo
2.50	Caolinita
2.50	Montmorillonita
1.37	Humus
2.71	Calcita

Fuente: Osman, 2013

Espacio poroso: El espacio poroso o porosidad del suelo se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos y puede conocerse mediante la densidad aparente y la densidad real; mediante la ecuación:

$$\text{porosidad} = \left[1 - \left(\frac{\text{Densidad aparente}}{\text{Densidad real}} \right) \right] \times 100$$

Dentro del espacio poroso se pueden distinguir dos tipos de poros, macroporos (> 250 μm) y microporos (< 250 μm) donde el agua, los nutrientes, el aire y los gases pueden circular o retenerse. Los macroporos no retienen agua contra la fuerza de la gravedad, por tanto son responsables del drenaje, aireación del suelo y constituyen el espacio donde se desarrollan las raíces; los microporos en cambio, retienen agua parte de la cual es disponible para las plantas (FAO 2015).

El color del suelo es una característica que se detecta fácilmente y constituye un criterio para la clasificación y descripción de los suelos. Esta propiedad se relaciona con la tem-

peratura, humedad, cantidad de materia orgánica y en algunos casos como indicador de fertilidad (León 2000). Los suelos oscuros se calientan más que los suelos claros y normalmente están asociados con mayor contenido de materia orgánica y menor retención de humedad. El hierro, en sus diferentes estados de oxidación, es el principal elemento que determina el color de los suelos (Parker 2010).

La temperatura del suelo influye en el desarrollo de las plantas, así como en las actividades químicas y biológicas que ocurren en el mismo, además regula en cierto grado el movimiento del aire en el suelo (Tamhane *et al.* 1986). La temperatura del suelo depende fundamentalmente del calor que absorbe con relación a las pérdidas a través de la radiación y la evapotranspiración de la humedad del suelo. La cantidad de calor que entra en el suelo depende del clima, el color del suelo, la altitud, el aspecto de la tierra y la cantidad de vegetación presente. La cobertura del suelo (viva, muerta o artificial) y el contenido de agua (McInnes 2002) ayudan a regular la temperatura del suelo.

Propiedades químicas

Son aquellas que pueden observarse y/o medirse a partir de cambios químicos que ocurren en el suelo. Estas propiedades describen el comportamiento de los elementos, sustancias y componentes que integran el suelo (Tamhane *et al.* 1986); entre ellas están el pH, Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), conductividad eléctrica (CE), el contenido de materia orgánica (MO) y de elementos (nutritivos o tóxicos).

El pH determina el grado de absorción de iones H^+ por las partículas del suelo e indica si el suelo es alcalino o ácido. Esta propiedad química es el indicador principal en la disponibilidad, movilidad, solubilidad y absorción de nutrientes para las plantas (FAO, 2015). El valor del pH en el suelo oscila entre 3.5 (muy ácido) a 9.5 (muy alcalino). La actividad de los organismos del suelo es inhibida en suelos muy ácidos; para los cultivos agrícolas, el valor del pH ideal se encuentra en 6.5.

La CIC se expresa como la cantidad de cargas negativas presentes en la superficie de los minerales (arcillas e hidróxidos) y compo-

nentes orgánicos (materia orgánica) del suelo y representa la cantidad de cationes que la superficie total pueden retener (Ca^{++} , K^+ , Na^+ , etc.) (FAO, 2015). La CIC muestra la habilidad de los suelos para retener cationes y, por lo tanto, la disponibilidad y cantidad potencial de nutrientes para la planta. La unidad de medición de CIC es en centimoles de carga por kg de suelo (cmol/kg) o miliequivalentes de carga por 100 g de suelo (meq/100g de suelo). Un valor de CIC adecuado está entre 15 y 25 cmol/kg o meq/100g de suelo). Los suelos arenosos y/o pobres en materia orgánica suelen tener baja CIC.

La CE, es la capacidad de la solución acuosa del suelo para transportar corriente eléctrica y es directamente proporcional al contenido de sales disueltas o ionizadas contenidas en la solución (USDA 1999; Doerge *et al.* 2015). Generalmente la CE se expresa en unidades de miliSiemens por metro (mS/m). En algunas ocasiones, se reporta en unidades de deciSiemens por metro (dS/m), que equivalen al valor de mS/m dividido por 100. Esta propiedad, puede servir como un indicador de la salinidad del suelo (Tabla 4).

Conductividad Eléctrica (dS/m a 25°C)	Clase de salinidad
0 – 0.98	No salino
0.98 – 1.71	Muy ligeramente salino
1.71 – 3.16	Ligeramente salino
3.16 – 6.07	Moderadamente salino
>6.07	Fuertemente salino

Tabla 4. Mediciones de conductividad eléctrica y clases de salinidad para una suspensión de suelo: agua de 1:1

La materia orgánica (MO) del suelo procede de los residuos vegetales y animales, ya sea en forma de sus desechos durante su ciclo de vida o sus tejidos después de muertos. La MO se encuentra en diferentes grados de descomposición y se distinguen dos fracciones: lábil y recalcitrante (FAO 2015). La fracción lábil resulta más rápida de digerir para los microorganismos, y por lo tanto tiene un plazo de permanencia más corto en el suelo. La fracción recalcitrante o humus, en cambio, es más estable ya que está compuesta de compuestos químicos complejos (ácidos húmicos, fúlvicos y huminas); por lo que su permanencia en el suelo es por un periodo más largo que el de la fracción lábil. Algunos procesos donde interviene el humus son: regulación del pH, disminución de la lixiviación de nutrientes, aumento en la retención del agua, entre otros (Hazelton y Murphy 2007). La MO de un suelo se calcula a partir del contenido de carbono orgánico de la muestra multiplicada por 1.724, que es un factor que se obtiene de considerar que en promedio la MO contiene un 58% de carbono (Vela *et al.* 2012, Hazelton y Murphy 2007). El nivel de MO en suelos agrícolas es por lo general menor a 2%.

Los nutrientes en el suelo son sustancias químicas que permiten a las plantas su desarrollo y crecimiento. Cuando estos nutrientes no son suficientes propician que la planta no se desarrolle debidamente, que se vuelva propensa a enfermedades o ataques de insectos (Hall 2008). Las plantas necesitan elementos minerales que se clasifican en macro (N, P, K, S, Mg y Ca) y micronutrientes (Zn, Fe, Mn, Cl, Cu, B y Mo) los primeros se requieren en grandes cantidades y los últimos en muy pequeñas cantidades (Hall 2008, Jhonson 2009). Algunos de estos elementos se vuelven tóxicos cuando sobrepasan cierta concentración, por ejemplo en el caso del Cu la mayoría de los cultivos requieren entre 4 a 6 $\mu\text{g/g}$, presentándose síntomas de toxicidad alrededor de 20 $\mu\text{g/g}$ en especies con baja tolerancia (Parker 2006). Otros elementos como

el aluminio no son nutrientes pero pueden ser tóxicos o promover que otros elementos (e.g. Ca y P) no estén disponibles para la planta (Brady y Weil 2002).

Propiedades biológicas

Las propiedades biológicas del suelo están relacionadas con la materia orgánica y con los organismos que viven en él, como las raíces de las plantas, lombrices, insectos, nematodos, hongos, bacterias, etc. (Hall 2008, FAO 2015) Las actividades de estos organismos están relacionados con el movimiento de agua y minerales, y son fundamentales en la descomposición de la MO, en el ciclo de los nutrientes, en la síntesis de sustancias húmicas y en la fijación de N (Jhonson 2009, Tamhane *et al.* 1986).

La fijación biológica de nitrógeno (N) es la conversión enzimática de N gaseoso a amonio. Esto es una característica que no se ha encontrado en eucariontes, por lo que se cree que es exclusiva de procariontes, principalmente en el grupo de las bacterias (Young 1992, Paredes 2013). Los principales grupos de microorganismos fijadores de N son: *Frankia*, *Rhizobium*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Azolla* y las Cianobacterias (Kumar y Rao 2012); de ellos, la asociación *Rhizobium*-leguminosa es de las más importantes; contribuye entre un 1/3 y un 1/2 del N total fijado de la atmósfera y se basa en el intercambio de carbono (C) por N entre ambos simbioses, ya que para las plantas el nutriente más limitante es el N (Martínez 2001).

Se considera a los organismos que viven en el suelo como determinantes en la circulación de los nutrientes y el C en el suelo. La MO que se deposita en la superficie del suelo o en el área radicular es consumida rápidamente por los organismos del suelo, creando una reserva de carbono que puede ser renovada a corto plazo, entre 1 a 3 años; uno de los subproductos microbianos, de este consumo, es el humus; el cual está compuesto por sustancias

difíciles de degradar resultando lenta su des-composición constituyéndolo como una reserva más estable de C en el suelo (FAO 2015).

Las micorrizas se refieren a una asociación o simbiosis entre plantas y hongos donde la planta provee de C y éstos incrementan la asimilación de nutrientes (especialmente fósforo) y la tolerancia a la sequía de las plantas (Jhonson 2009). Las micorrizas producen una glicoproteína llamada glomalina que promueve la formación de los agregados del suelo (Wright y Upadhyaya 1998). El 80% de las especies de angiospermas y la mayoría de las gimnospermas están micorrizadas (Dickie 2002).

La biomasa microbiana es una medida de la cantidad de biomasa viva microbiana presente en el suelo y un tiempo particular, y se utiliza a menudo como un indicador temprano de los cambios en las propiedades del suelo que resultan del manejo y estrés ambiental en los ecosistemas agrícolas (Baaru *et al.* 2007, Voroney *et al.* 2007)

Reflexión final

La presión antropogénica hacia los suelos para la producción de alimentos es cada vez mayor. La eliminación de la cobertura vegetal, seguida del laboreo excesivo y la utilización de agroquímicos de manera indiscriminada, afectan las propiedades del suelo. Cuando una propiedad del suelo es afectada irremediablemente se afectan en consecuencia las demás, pues todas ellas están directa o indirectamente relacionadas. Lo anterior repercute en el rendimiento de los cultivos, disminuye el potencial agrícola del suelo y, finalmente, termina por provocar desertificación. Es por esto que se recomienda, en la medida de lo posible, utilizar prácticas agroecológicas tales como el reciclaje de los residuos de los cultivos y animales, labranza mínima, uso de abonos verdes y de cobertera, diversificación temporal y espacial, entre otras. Al mismo

tiempo, es necesario realizar el monitoreo de las propiedades del suelo para prevenir su degradación y así realizar una producción sostenible.

Referencias

- Allen FM. 1991. The ecology of mycorrhizae. Cambridge University Press. NY, USA. 184pp.
- Baaru MW, Mungendi DN, Bationo A, Verchot L y Waceke W. 2007. Soil microbial biomass carbon and nitrogen influenced by organic and inorganics inputs at Kabete, Kenya. En: A Bationo (eds.) *Advances in Integrated Soil Fertility Management in Sub-Saharan Africa: Challenges and Opportunities*. pp. 827-822. Fecha de consulta 20/04/2015 en: http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-1-4020-5760-1_78#page-2
- Brady NC y Weil RR. 2008. The nature and properties of soils. Fourteenth edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Brady NC y Weil RR. 2002. The nature and properties of soils. Thirteenth edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Doerge T, Kitchen NR y Lund ED. 2015. Mapeo de Conductividad Eléctrica del suelo. Traducido y adaptado para Colombia por Alberto Lobo-Guerrero Sanz, LOGEMIN S.A. Fecha de consulta: 16/04/2015 en: http://www.logemin.com/eng/Download/pdf/39_mapeo_conductividad_electrica.pdf
- Dickie IA. 2002. Mycorrhiza of Forest Ecosystems. En: *Encyclopedia of Soil Science*, Rattan L. (ed.) Marcel Dekker, New York. pp. 1111-1113
- FAO. 2015. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. *Propiedades del suelo*. Fecha de consulta: 08/04/2015 en: www.fao.org/soils-portal

- Flores DL y Alcalá MJ R. 2010. Manual de procedimientos analíticos. Laboratorio de Física de suelos. Instituto de Geología. Departamento de Edafología. UNAM. Fecha de consulta: 16/04/2015 en: <http://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/edafo/lfs/manualLFS.pdf>
- Hall RE. 2008. Soil essentials: managing your farm's primary asset. CSIRO PUBLISHING. Collingwood, Australia. 192 pp.
- Hazelton P. y Murphy B. 2007. Interpreting soil test results: what do all the numbers mean? 2nd ed. CSIRO PUBLISHING. NSW Government, Department of Natural Resources, University of Technology Sydney. Australia. 160 pp.
- Huerta CHE. 2010. Determinación de propiedades físicas y químicas de suelos con mercurio en la región de San Joaquín, Querétaro y su relación en el crecimiento bacteriano. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Querétaro, Campus Juriquilla, México. Fecha de consulta 09/04/2015. en: <http://www.geociencias.unam.mx/~bole/eboletin/tesisHilda1101.pdf>
- Jhonson C. 2009. Biology of Soil Science. Oxford Book Company, Jaipur, India. 308 pp.
- Kumar SRS y Rao KVB. 2012. Biological nitrogen fixation: A Review. International Journal of Advanced Life Sciences. Vol. (1):1-6. Fecha de consulta 14/04/2015 en: https://www.academia.edu/2230130/Biological_Nitrogen_Fixation_A_Review
- León MCE. 2000. Propiedades de los suelos. CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria). Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria. Bucaramanga, Colombia. Fecha de consulta 09/04/2015 en: www.agronet.gov.co/www/docs_si2/200671995247_Propiedades%20de%20los%20suelos.pdf
- Martínez RE. 2001. Poblaciones de Rhizobia nativas de México. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie) [en línea]. Fecha de consulta 17/04/2015 en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57500003>> ISSN 0065-1737
- McInnes K. 2002. Temperature measurement. En: Encyclopedia of Soil Science, Rattan L. (ed.). Marcel Dekker, New York. pp. 1742-1744
- Osman KT. 2013. Soils: principles, properties and management. Dordrecht: Springer. 274 pp.
- Paredes MC. 2013. Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Fecha de consulta 17/04/2015 en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/fijacion-biologica-nitrogeno-leguminosas.pdf>
- Parker RO. 2010. Plant and soil science: Fundamentals and applications. Clifton park, Delmar Cengage Learning, NY. 480 pp.
- Parker RD. 2006. Cooper. En: Encyclopedia of Soil science. 2nd edition. Rattan L (ed.) Marcel Dekker, New York. NY. pp. 345-347
- South Africa Department of Agriculture. 2007. Soil potential. Directorate Agricultural Information Services. South Africa. 7 pp.
- Tamhane RV, Motiramani DP, YP Bali y Donahue RL. 1986. Suelos: su química y fertilidad en zonas tropicales. Editorial Diana Técnico. México D.F. 483 pp.
- United States Department of Agriculture (USDA). 1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. USA. 88pp.
- USDA. 2008. Aggregate Stability. Soil Quality Indicators. Fecha de consulta 14/04/2015 en: http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_053287.pdf
- Vela CG, López BJ, Rodríguez GML. 2012 Niveles de carbono orgánico total en el Suelo de Conservación del Distrito Feder

- al, centro de México. Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía, 77:(18-30) UNAM. México. Fecha de consulta 14/04/2015. en:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112012000100003&lng=es&nrm=iso
- Voroney RP, Brooker PC y Beyaert RP. 2007. Soil Microbial Biomass C, N, P and S. Soil sampling and Methods of Analysis. En: MR Carter (ed.) Canadian Society of Soil Science. Lewis Publishers. pp. 637-652.
- Wright, SF y Upadhyaya AA Survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of Arbuscular mycorrhizal fungi. Plant and Soil 1998, 198 (1):97-107.
- Young, JPW. 1992. Phylogenetic classification of nitrogen-fixing organisms. En: Stacey Burns y Evans (eds.) Biological Nitrogen Fixation. Chapman & Hall. New York, EUA. pp. 43-86

Varamiento de orcas pigmeas (*Feresa attenuata* Gray 1874) en Yucatán: reporte de caso

Raúl E. Díaz Gamboa

Programa de Investigación y Conservación de Mamíferos Marinos de Yucatán (PICMMY).
Departamento de Recursos Marinos Tropicales. Campus de Ciencias Biológicas y
Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán.
raul.diaz@uady.mx

Resumen

En septiembre de 2013, se reportó un varamiento de orcas pigmeas *Feresa attenuata* (Gray, 1875) en Sisal, Yucatán. Uno de los individuos murió *in situ*. Personal del Programa de Investigación y Conservación de Mamíferos Marinos de Yucatán (PICMMY), de la Universidad Autónoma de Yucatán, atendieron el varamiento para identificar la causa. Se realizó una necropsia en estado fresco para evaluar la condición corporal, estado de los órganos internos, contenido estomacal e interacciones ecológicas. Los resultados indicaron que se trataba de una cría macho de pocas semanas de nacida. El cuerpo tenía apariencia escuálida sin evidencia de lesiones, indicios de patologías graves o parasitismo severo. El contenido estomacal solamente evidenció restos de leche, indicando que era un lactante. La presencia de agua y arena en el tracto respiratorio y pulmones, sugirió que la causa de muerte fue asfixia por ahogamiento, resultado del agotamiento energético de un organismo mermado (cría) durante el proceso de varamiento. Se detectaron al menos dos tipos interacciones interespecíficas comunes en el Golfo de México. Los restos óseos se utilizan con fines didácticos en el Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Yucatán.

Introducción

Los varamientos de mamíferos marinos representan eventos donde animales llegan a la costa vivos debido a enfermedad, debilidad o desorientación, así como también muertos. Los varamientos pueden ser individuales o de una madre con su cría, y masivos, de dos o más individuos (Geraci y Lounsbury 1993). Las causas de discapacidad o muerte en los varamientos de mamíferos marinos pueden ser naturales y no naturales, entre las que destacan las condiciones adversas del clima (tormentas, huracanes, etc), parásitos, enfermedades, biotoxinas, enmallamiento inciden

tal, inanición, colisión con embarcaciones, contaminación, cambio climático y depredación por otros animales marinos y humanos (Perrin y Geraci 2009). La importancia del estudio de los varamientos va desde el potencial científico que representan hasta el ecológico, cultural, social, de conservación y de riesgos para la salud pública y del ambiente. Determinar la causa de muerte en los varamientos no siempre es una tarea sencilla debido a los pocos estudios que existen al respecto, así como la rareza y la particularidad de cada evento. Por lo tanto, el presente reporte presenta el caso de un varamiento de

orca pigmea (*Feresa attenuata* Gray 1874) en Yucatán y el análisis *post mortem* de uno de los individuos.

Material y métodos

El 27 de septiembre de 2013 se avistó a un grupo de aproximadamente nueve cetáceos cerca de la costa en Sisal, Yucatán, México (Fig. 1). Posteriormente, dos individuos encallaron, uno de ellos fue regresado al mar por pescadores mientras que el otro murió (Fig. 2 y 3). Para identificar la causa de su muerte se realizó la necropsia en estado fresco como un servicio del Programa de Investigación y Conservación de Mamíferos Marinos de Yucatán

(PICMMY) de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) en el Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CCBA) (Fig. 4). Se identificó taxonómicamente la especie siguiendo la clave de identificación de cetáceos de Jefferson *et al* (2008). Se realizó la morfometría del organismo y se evaluó la condición corporal, la edad, el estado de los órganos internos, los sistemas digestivo, respiratorio y urogenital, así como la carga parasitaria y la interacción con otros organismos, incluyendo al humano (Rowles *et al* 2001). Los desechos orgánicos se incineraron y los restos óseos quedaron a disposición del CCBA para utilizarse con fines didácticos (Permiso de colecta: SGPA/DGVS/08256/13).



Figura 1. Avistamiento de orcas pigmeas cerca de la costa en Sisal, Yucatán, México.



Figura 2. Orca pigmea varada y posteriormente regresada al mar, cerca de la costa en Sisal, Yucatán, México.



Figura 3. Cría de orca pigmea muerta en el varamiento, en la costa de Sisal, Yucatán, México.



Figura 4. Examinación *post mortem* de cría de orca pigmeo en el Laboratorio, CCBA-UADY, Mérida, Yucatán, México.

Resultados

Se determinó la especie como orca pigmea (*Feresa attenuata*) (Jefferson *et al.* 2008) basados en las siguientes características: cetáceo odontoceto con una sola abertura respiratoria externa con mandíbula del mismo ancho y largo que la maxila, sin pliegues gulares y escotadura en medio de la aleta caudal, con aleta dorsal prominente y situada en la región media del cuerpo, con aletas pectorales largas y delgadas con terminación puntiaguda y sin bordes aserrados, con rostro truncado, sin pliegue vertical medio en la frente, con coloración oscura, labios blancos y región abdominal blanquecina, con 27 dientes en

rama maxilar y 21 en rama mandibular, siendo estos cónicos y puntiagudos (Fig. 3). Se encontró que el individuo era una cría macho de 128 cm de longitud total y se estimó que tenía pocas semanas de nacido debido a que el ombligo no se encontraba cicatrizado aún, presentaba marcas de vibrisas en la región bucal y los dientes eran delgados, cortos, embebidos en las encías y sin desgaste, y el borde de la lengua presentaba aún pliegues papilares (Fig. 5). Posteriormente, el análisis óseo apoyó esta estimación ya que los huesos eran muy frágiles, con poca densidad y las suturas entre los huesos del cráneo no se encontraban soldadas.

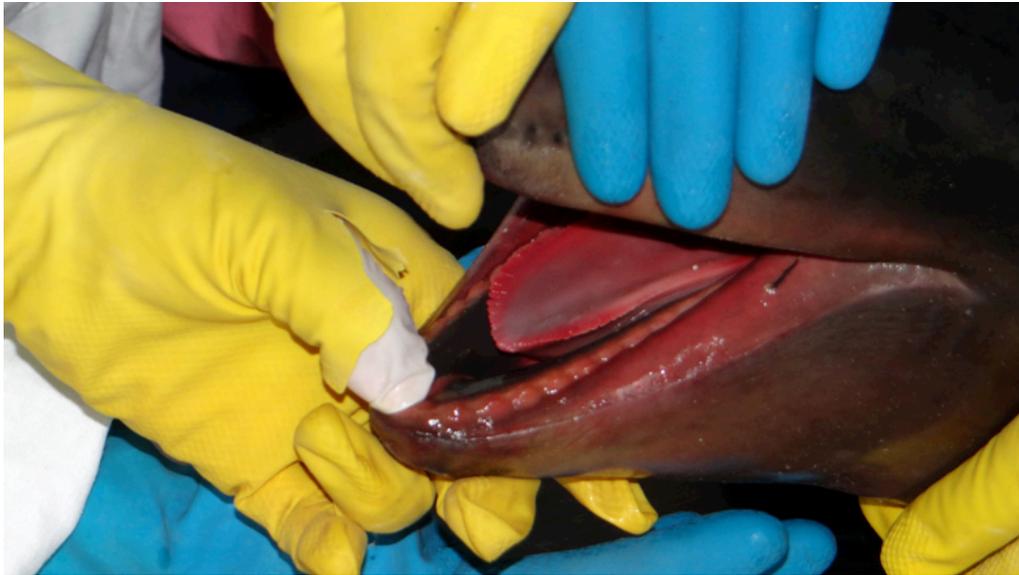


Figura 5. Región bucal de cría de orca pigmea, se observan los dientes embebidos en la encía y las proyecciones papilares en el borde de la lengua, observaciones en el Laboratorio del CCBA-UADY, Mérida, Yucatán México.

El cuerpo, aunque escuálido, se encontró en condición física normal, tanto externa como internamente, sin presencia de lesiones ni indicios de patologías graves. El contenido estomacal solamente evidenció restos de leche, indicando que era un organismo lactante. La presencia de agua y arena en el tracto respiratorio y pulmones, sugirió que la causa de muerte fue asfixia por ahogamiento, resultado del agotamiento energético de un organismo mermado (cría) durante el proceso de varamiento.

Se observaron dos marcas externas de forma circular características de la interacción con el tiburón sacabocados *Isistius brasiliensis* (Fig. 6), así como la presencia del balano ectoparásito *Xenobalanus globicipitis* en las aletas pectorales (Fig. 7). Los restos óseos quedaron a disposición del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Yucatán para que puedan ser utilizados con fines didácticos.

Discusión

La aproximación de mamíferos marinos oceánicos cerca de la costa es un fenómeno poco común, aunque se ha observado que aquellos que consumen calamares siguen a su presa en aguas someras y es cuando los varamientos son más frecuentes. El lazo entre madre-cría es muy fuerte, especialmente durante la lactancia, resultando en algunos casos el varamiento de ambos individuos (Perrin y Geraci 2009). En Yucatán, los varamientos de este tipo de cetáceos oceánicos es poco común aunque se han documentado algunos eventos de varamientos de este tipo. Las orcas pigmeas se distribuyen en aguas tropicales y subtropicales de los océanos Atlántico, Pacífico e Índico habitando generalmente ecosistemas oceánicos, siendo raro encontrarlas cerca de la costa, a menos que sean aguas profundas (Jefferson *et al* 2008).



Figura 6. Cicatriz característica de la interacción con tiburones sacabocados, observaciones en la costa de Sisal, Yucatán, México.



Figura 7. Presencia de balanos sésiles (*X. globicipitis*) en una de las aletas pectorales; visto en microscopio (10X), observaciones en el Laboratorio del CCBA-UADY, Mérida, Yucatán México.

Se consideran habitantes comunes en aguas cercanas a Yucatán (Sosa-Escalante *et al* 2014) y mediante censos en el norte del Golfo de México entre 1996 y 2001 se estimaron 408 (CV= 0.6) individuos (Mulling y Fulling 2004). Se alimenta principalmente de peces y cefalópodos, y también se ha sugerido que persigue, ataca, y ocasionalmente, consume delfines (Donahue y Perryman 2009).

Determinar la causa de un varamiento no siempre es tarea sencilla, y en muchas ocasiones se requieren estudios histopatológicos, bacteriológicos, virológicos y toxicológicos cuando la causa de la enfermedad no resulta evidente después de la evaluación externa y la necropsia. Aunado a esto, las enfermedades no son los únicos factores de varamiento en mamíferos marinos, ya que la desorientación, pérdida, senilidad, inanición por decremento o desplazamiento de presas y el cambio climático son otros factores difíciles de determinar, a diferencia de la depredación, parasitismo y la interacción humana que son muy evidentes. La interacción del tiburón sacabocados con los cetáceos es muy común, especialmente en ambientes oceánicos (Weller 2009). Este tiburón es pequeño (30-50 cm de longitud total promedio) y la estrategia para parasitar cetáceos más grandes que él consiste en acoplarse a ellos mediante succión para luego realizar cortes circulares mediante una dentición especializada (Compagno 1984) y así poder alimentarse de la piel, grasa y músculo, dejando una herida característica no fatal que posteriormente es identificable mediante una cicatriz permanente en forma oval frecuentemente deprimida y con un color más claro que el resto del cuerpo (Fig. 6) (Wells 2009).

Se ha reportado ampliamente la ocurrencia del balano sésil *X. globicipitis* como ectoparásito de una gran variedad de especies de cetáceos en diferentes partes del mundo, encontrándose comúnmente en las aletas pectorales, dorsales y caudales y con mayor prevalencia en organismos jóvenes ya sea porque son considerados menos activos o menos re-

sistentes (Toth-Brown y Hohn 2007). En principio, estos balanos son comensales ya que no se alimentan de sus hospederos y solamente los utilizan como sustrato móvil al cual se anclan para filtrar el plancton del agua (Fig. 7); sin embargo, causan irritación y crean mayor resistencia durante el nado, por lo que se les considera parásitos al afectar negativamente al hospedero (Fertl y Newman 2009).

Conclusión

La examinación tanto externa como interna del cetáceo confirmó que la causa de muerte fue asfixia por ahogamiento descartando la interacción humana. Se presume que el otro individuo que varó junto éste era su madre y que la cría murió por agotamiento energético durante el proceso de varamiento, ya que se considera menos resistente.

Referencias

- Compagno L. 1984. FAO species catalogue. Vol. 4. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of sharks species known to date. Part 1. Hexanchiformes to Lamniformes. FAO. Roma. 249 pp
- Donahue MA y Perryman WL. 2009. Pigmy killer whale *Feresa attenuata*. Encyclopedia of marine mammals. En: Perrin WF, Würsig B y Thewissen JGM (eds.) second edition. Elsevier. USA. pp. 938-939
- Fertl D y Newman WA. 2009. Barnacles. Encyclopedia of marine mammals. En: Perrin WF, Würsig B y Thewissen JGM (eds.) second edition. Elsevier. USA. pp. 89-91
- Geraci JR y Lounsbury VJ. 1993. Marine mammals ashore. A field guide for strandings. Texas A&M University. USA. 308 pp
- Jefferson TA, Webber MA y Pitman RL. 2008. Marine mammals of the world. A comprehensive guide to their identification. Elsevier. USA. 573 pp
- Mullin KD y Fulling GL. 2004. Abundance of cetaceans in the oceanic northern Gulf of

- Mexico. *Marine Mammal Science* 20(4):787-207
- Perrin WF y Geraci JR. 2009. Stranding. *Encyclopedia of marine mammals*. En: Perrin WF, Würsig B y Thewissen JGM (eds.) second edition. Elsevier. USA. pp. 1118-1123
- Rowles TK, Van-Dolah FM y Hohn AA. 2001. Gross necropsy and specimen collection protocols. En: Dierauf LA y Gulland FMD (eds.) *CRC Handbook of marine mammal medicine*. second edition. CRC Press. USA. pp. 449-470
- Sosa-Escalante JE, Hernández-Betancourt SF, Pech-Canché JM, MacSwiney MC y Díaz-Gamboa RE. 2014. Los mamíferos del estado de Yucatán. *Revista Mexicana de Mastozoología, Nueva Época* 4(1). Fecha de consulta 27/11/2014 en: <http://revistamexicanademastozoologia.com.mx/ojs/index.php/rmm/article/view/190/188>
- Toth-Brown J y Hohn AA. 2007. Occurrence of the Barnacle, *Xenobalanus globicipitis*, on Coastal Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) in New Jersey. *Crustaceana* 80(10):1271-1279
- Weller DW. 2009. Predation on marine mammals. *Encyclopedia of marine mammals*. En: Perrin WF, Würsig B y Thewissen JGM (eds.) second edition. Elsevier. USA. pp. 923-932
- Wells RS. 2009. Identification methods. *Encyclopedia of marine mammals*. En: Perrin WF, Würsig B y Thewissen JGM (eds.) second edition. Elsevier. USA. pp. 593-599

Identificación y uso de la vegetación nativa en ranchos de doble propósito en el Oriente de Yucatán

Sergio Magaña Rueda¹, Jorge Santos-Flores² y José Castillo Caamal²

¹In memoriam

²Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán.
sflores@correo.uady.mx

Resumen

En este estudio se identificaron especies de flora nativa presentes en sistemas ganaderos de doble propósito en el oriente del estado de Yucatán, México, y se describe su utilización en la zona. Se registró un total de 40 familias, 84 géneros y 100 especies de plantas en siete ranchos muestreados, en el municipio de Sucilá, Yucatán. La familia con mayor número de géneros y especies fue la Fabaceae, seguida por Euphorbiaceae; las demás familias poseen menos de 5 géneros, en la cual la mayoría son árboles y arbustos. Los espacios con vegetación nativa se encuentran como monte bajo y en linderos entre potreros y ranchos, utilizados como sombra para el ganado y contra-fuego. Las principales especies de vegetación nativa con uso multipropósito fueron: *Acacia gaumeri*, *Bursera simaruba*, *Piscidia piscipula*, *Lonchocarpus xuul*, *Guazuma ulmifolia*, *Caesalpinia gaumeri*, *Caesalpinia vesicaria*, *Lysiloma latisiliquum*, ya sea como madera, leña y/o forraje, según la especie.

Introducción

El proceso de "ganaderización", por lo menos en el sureste de México, ha resultado en una deforestación amplia y preocupante (Gutiérrez et al. 2011). En Yucatán, los efectos de dicho proceso son más evidentes en la zona oriente, conocida también como zona ganadera, en donde vastas zonas de la vegetación nativa han sido sustituidas por pastizales para el ganado. Es de conocimiento popular que en los sistemas ganaderos se preservan áreas de vegetación nativa, ya sea en mosaicos de vegetación joven (conocidas como hubché, en lengua maya), o en los pasillos entre potreros y en las mensuras (linderos perimetrales de los predios) entre ranchos (conocidos como to'olchés, en lengua maya).

En los sistemas ganaderos de doble propósito, para la producción de carne y leche, en la

zona anteriormente mencionada, uno de sus principales limitantes al incremento de la producción animal es la cantidad y calidad de los recursos alimenticios. El pastoreo en gramíneas tropicales es la principal base de la alimentación animal y, para muchos de los casos, éstas representan la única fuente de alimentación que de modo recurrente cada año presentan escasez y disminuyen su calidad durante el periodo seco del año (Santos-Flores, 1997).

Por otra parte, se ha señalado que la sostenibilidad de los sistemas de producción agropecuaria pueden favorecerse a través de la utilización de leñosas perennes para enriquecer los sistemas agroforestales en los predios (Murguieitio e Ibrahim 2001). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue identificar las especies de flora nativa presente en los sistemas ganaderos de doble propósito y su utilización

en los predios, información que servirá de base para la orientar la investigación sobre el diseño de sistemas agroforestales para fortalecer la sustentabilidad de la producción animal.

Materiales y métodos

Para la caracterización florística, se tomaron muestras botánicas en siete ranchos, ubicados en el Municipio de Sucilá, Yucatán (Fig. 1). El clima de la región es cálido subhúmedo que corresponde al subtipo climático Aw1 (i') g. Sus temperaturas medias mensuales son inferiores a los 26°C. La precipitación media anual, alcanza en esta región valores superiores a los 1200mm, principalmente en el verano aunque se registran precipitaciones entre los meses de noviembre a abril; esto resulta en condiciones de temperaturas menores y humedad ligeramente mayor, tanto en verano como en invierno en comparación con otras regiones de la entidad. El suelo predominante en la región es un mosaico de litosol y rendzina (Duch, 1988).

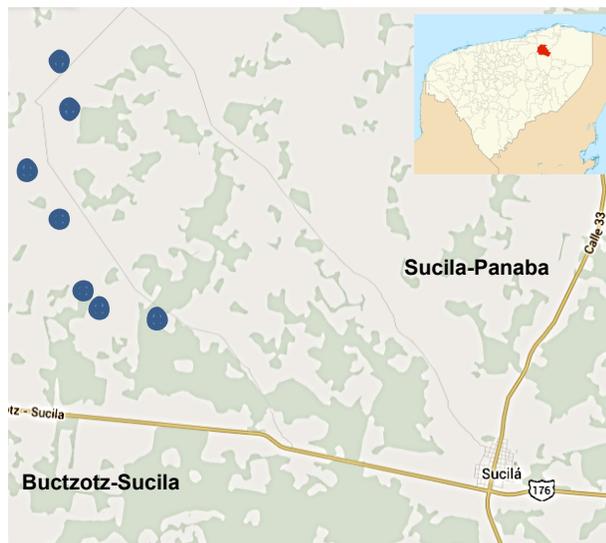


Figura 1. Sitios de muestreo en el Municipio de Sucilá (punto rojo), estado de Yucatán, México.

Resultados

Los ranchos tienen una antigüedad promedio de 35 años de establecidos. Al instaurar las praderas es práctica común que los productores lo realicen posterior a la siembra de maíz que se cultiva uno o dos años consecutivos, después de talar y quemar la selva “el monte”. Otra práctica cotidiana es la quema anual (durante la época de secas) de alrededor del 50% de sus potreros, con la intención de fortalecer el rebrote del pasto en la época de lluvias, para controlar el crecimiento de maleza y de garrapatas. Se realiza también control agroquímico de maleza a lo largo del año.

El pasto Guinea (*Panicum maximun*) es el cultivo base para la alimentación animal. Algunos ranchos cultivan pasto Taiwán (*Penisetum purpureum* var. Taiwán) como forraje de corte, el cual es utilizado como suplemento en la época de seca, en aquellos ranchos donde se dispone de sistemas de riego. El hubché por lo general es utilizado como fuente de alimento para el ganado en época de secas y para la obtención de madera para postes y construcción. La misma función tiene el to'olché que además provee sombra para el ganado y sirve de barrera protectora de incendios, cuando se queman los pastizales. El hubché y el tolché son reductos de la vegetación original, ya que los productores lo dejan premeditadamente cuando establecen los ranchos; la riqueza actual de la flora en estos reductos, solamente ha sido afectada por fenómenos naturales (sequía, ciclones) y cuando involuntariamente se incendian cuando se hace la quema de potreros.

Los resultados del muestreo florístico se presenta en la Anexo 1. Se identificaron: 100 especies pertenecientes a 84 géneros y 40 familias. La familia con mayor número de géneros y especies fue la Fabaceae, seguida por Euphorbiaceae. Las especies más comunes en los ranchos son: *Acacia gaumeri*, *Bursera simaruba*, *Piscidia piscipula*, *Lon*

chocarpus xuul, *Guazuma ulmifolia*, *Caesalpinia gaumeri*, *Caesalpinia vesicaria*, *Lysiloma latisiliquum*, *Hampea trilobata*, *Thouinia paucidentata*, *Neea psychotrioides*, *Randia aculeata*, *Trichilia arborea*, *Apoplanesia paniculata*, *Coccoloba barbadensis*, *Cnidoscolus aconitifolius*, *Diospyros cuneata* y *Spondias mombin*.

Dentro de las especies que utilizan los productores con multipropósito destacan: *A. gaumeri*, apreciada debido a la consistencia dura de su madera, teniendo amplio uso para leña y planta melífera. Un factor que permite su amplia distribución, es por su fácil adaptabilidad a la mayoría de los suelos presentes en los ranchos muestreados. *P. piscipula*, *B. simaruba*, *G. ulmifolia*, en la época seca del año son utilizadas como forraje para el ganado; ya sea que el productor corte ramas o pastoree al ganado en hubchés o en los to'olchés y consuman las hojas secas y frutos (por ejemplo, frutos secos de *G. ulmifolia*) que caen al suelo. *G. ulmifolia* también es utilizado en infusión a los becerros enfermos para el tratamiento de diarreas. Cada vez es más frecuente observar que los productores evitan eliminar *G. ulmifolia* y *P. piscipula*, así como *Leucaena leucocephala*, ya que están siendo consideradas en uso asociado con el pastizal para la alimentación animal. *B. simaruba* es utilizada para postes vivos en el cercado interno y externo de los predios.

Las especies *L. xuul*, *C. vesicaria*, *C. gaumeri*, *L. latisiliquum* y *P. piscipula* se emplean para postes en las divisiones de potreros, de corrales y para la construcción de casa-habitación, entre otros usos, dada la dureza de su madera y resistencia a la humedad del suelo. Esto ha dado lugar a que la población de estas especies mermara en los ranchos. Con el paso del tiempo los productores se han dado cuenta de esta situación y por eso ahora están protegiendo las plantas existentes.

Discusión

En este trabajo se ha destacado la importancia de los servicios ecosistémicos que proveen las plantas leñosas, en este sentido la vegetación nativa alberga una diversidad de estas plantas en los sistemas ganaderos estudiados, ya que tiene un impacto positivo en la economía, el bienestar animal y en los servicios ambientales (Shibu, 2009). El amplio conocimiento que los productores tienen respecto al uso de las leñosas de la vegetación nativa, abre amplias posibilidades para la instrumentación de estrategias productivas que incrementen la eficiencia en el uso de los recursos florísticos con base en las leñosas perennes y del suelo, para generar sistemas agroforestales. Por ejemplo, está ampliamente documentado los beneficios que las leñosas, entre estas la asociación de *L. leucocephala* con pastos y forrajes, tienen sobre el suelo y sobre la nutrición animal (Botero, 1995).

Algunas especies de flora nativa (por ejemplo, *G. ulmifolia*, *P. piscipula*) han demostrado contribuir en el suministro de forraje, otros bienes y servicios ambientales, que requieren estudiarse para identificar estrategias de manejo integral, para generar sistemas silvopastoriles, a través de su asocio a pastos y forrajes, o bancos de forraje para corte y acarreo (Nair, 1997) apropiadas a las condiciones de producción y de los recursos disponibles en los sistemas ganaderos, buscando su máxima eficiencia de utilización. Existe una buena base de conocimiento y cultural por parte de los productores para el manejo, así como la disposición de probar opciones de manejo de la flora local, que demuestren ser eficientes. Es probable que la instrumentación de estas opciones integrales de manejo de la flora local, crea conciencia y mayor responsabilidad en los productores acerca de la protección al ambiente y se reduzca la utilización del fuego como práctica común en el manejo de praderas.

Conclusión

Es evidente la importancia económica de las leñosas para madera y forraje, para el bienestar animal (sombra), que el manejo de los hubché y to'olché tienen en los sistemas ganaderos de doble propósito localizados en el municipio de Sucilá, Yucatán. Algunas especies de vegetación nativa utilizadas como forraje deben ser estudiadas buscando estrategias integrales de manejo.

Referencias

- Botero BR. 1995. The Productive Potential of Pastures Associated with Legumes within the Dual Purpose System based on Acid Soils in Tropical America. In 'Dual Purpose Cattle Research'. Eds. Simon Anderson and Jonathon Wadsworth. IFS (International Foundation for Science)/FMVZ-UADY 1995, Proceedings of an International Workshop, March 1992, Merida, México.
- Duch GJ. 1988. La Conformación Territorial del Estado de Yucatán. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Gutiérrez BC, Ortiz DJ, Flores GS, Zamora CP, Domínguez CR y Villegas P. 2011. Estructura y composición florística de la selva mediana subcaducifolia de Nohalal-Sudzal Chico, Tekax, Yucatán, México. *Foresta Veracruzana* 13(1):7-14.
- Murgueitio E. e Ibrahim M. 2001. Agroforestería pecuaria para la reconversión de la ganadería en Latinoamérica. *Livestock Research for Rural Development*, 13:3.
- Nair P.K.R. 1997. Agroforestería. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México.
- Santos Flores J. 1997. Monitoring of Dual Purpose Cattle Farms to Identify Constraints in Yucatan Farming Systems, PhD, Wye College, University of London, p. 21, 86-154
- Shibu J. 2009 Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry Systems*, 76:1-10.

Anexo 1. Listado florístico de los ranchos ganaderos de doble propósito en Sucilá, Yucatán.

Familia	Nombre Científico	Nombre común/maya
Acanthaceae	<i>Aphelandra scabra</i> (Vahl) Sm.	Chac lool
Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	K'ulimche
	<i>Spondias mombin</i> L.	Kiinil
Annonaceae	<i>Oxandra lanceolata</i> (Sw.) Baillon	Sak elemuy
Apocynaceae	<i>Plumeria rubra</i> L.	Nicte ch'oom
	<i>Tabernaemontana amygdalifolia</i> Jacq.	Utsupék
	<i>Cascabela gaumeri</i> Hemsl.	Akiits
Arecaceae	<i>Sabal yapa</i> C. Wright ex Beccari	Huano
Bixaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i> Willd. ex Spreng.	Choy, Chuum
Boraginaceae	<i>Bourreria pulchra</i> Millsp.	Xbacache
	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	Bojom
	<i>Ehretia tinifolia</i> A. DC.	Roble
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Chacaj
Cactaceae	<i>Cereus yucatanensis</i> (L.) Standl.	Kulul
	<i>Jacaratia mexicana</i> A. DC.	Bonete
Ebenaceae	<i>Diospyros cuneata</i> Standl.	Siilil
	<i>Diospyros verae-crucis</i> (Standl.)	Box siilil
Euphorbiaceae	<i>Adelia barbinervis</i> Schtdl.	Puts mukuy, pakalche
	<i>Cnidocolus aconitifolius</i> (Mill.) I. M. Johnst.	X'eetel
	<i>Croton fragilis</i> Kunt	Taanche
	<i>Croton niveus</i> Jacq.	Chulche
	<i>Croton reflexifolius</i> Kunt	P'eresuch
	<i>Jatropha gaumeri</i> Greenm.	Pomolche
	<i>Euphorbia dentata</i> Michx.	Jalalche
	<i>Euphorbia ocymoides</i> L.	Sacchaca
Fabaceae	<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	Chimay
	<i>Acacia gaumeri</i> S.F. Blake	Boxcatish
	<i>Apoplanesia paniculata</i> Presl.	Chuulul
	<i>Bauhinia divaricata</i> L.	Tzuruuntok
	<i>Caesalpinia gaumeri</i> Greenm.	Kitamche
	<i>Caesalpinia vesicaria</i> L.	Kik'che
	<i>Caesalpinia violacea</i> (Mill.) Standl.	Chacte
	<i>Caesalpinia yucatanensis</i> Greenm.	K'aanpokolkin
	<i>Dalbergia glabra</i> (Mill.) Standl.	Muc
	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb	Pich
	<i>Erythrina standleyana</i> Krukoff	Chak molonche
	<i>Galactia striata</i> (Jacq.) Urb.	Xichiak'
	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Witt.	Waxiin
	<i>Lonchocarpus parviflorus</i> Benth.	Box xuul, xuul
	<i>Lonchocarpus xuul</i> Lundell	Sak xuul, K'aanxuul
	<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth.	Tsaalam
	<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.	Jabin
	<i>Havardia albicans</i> (Kunth) Britton & Rose	Chucum
	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Tsiuuche
	<i>Pithecellobium leucospermum</i> Brand.	Yaaxek'
	<i>Senna rasemosa</i> (Mill.) H.S. Irwin & Barneby	K'aanlool
	<i>Platymiscium yucatanum</i> Standl.	Subinche
Lamiaceae	<i>Callicarpa acuminata</i> Kunth	Puukiin
	<i>Hyptis pectinata</i> (L.) Poit.	Xooltexnuc
	<i>Vitex gaumeri</i> Greenm.	Yaaxnik

Anexo 1. Continuación. Listado florístico de los ranchos ganaderos de doble propósito en Sucilá, Yucatán.

Lauraceae	<i>Licaria peckii</i> (Johns.) Kostern.	Pimientillo
Malpighiaceae	<i>Bunchosia glandulosa</i> (Cav.) DC. <i>Malpighia lundellii</i> C.V. Morton <i>Malpighia puniceifolia</i> L.	Siipche Wayacte Uste'
Malvaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i> (Kunth) Britten & Baker f. <i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn. <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. <i>Hampea trilobata</i> Standl. <i>Heliocarpus mexicanus</i> (Turcz.) Sprague <i>Hibiscus clypeatus</i> L. <i>Luehea candida</i> (DC.) Mart. <i>Luehea speciosa</i> Willd. <i>Sida acuta</i> Burm. f.	Pochote Yaaxche Piixoy Hol, majagua Xjolool Jol, sakjol Kaskat Kaskat Chichibej Choobenche
Meliaceae	<i>Trichilia arborea</i> C. CD. <i>Trichilia hirta</i> L.	K'uulimsis
Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz <i>Chlorophora tinctoria</i> (L.) Gaudich ex Benth. <i>Ficus cotinifolia</i> Kunt.	Oox Moras Koopo, alamo
Myrtaceae	<i>Eugenia axillaris</i> (Swartz) Willd.	Kiis yuc
Nyctaginaceae	<i>Neea psychotrioides</i> Donn. Smith. <i>Pisonia aculeata</i> L.	Xtatsi' Beeb
Orchidaceae	<i>Catasetum integerrimum</i> Hook. <i>Oncidium cebolleta</i> (Jacq.) Swartz	Chitkuk Putsmascab
Phyllanthaceae	<i>Astrocasia phyllanthoides</i> B.L. Rob. & Millsp. <i>Astrocacia tremula</i> (Griseb.) G.L. Webster	Trompillo Mejem pixton
Picramniaceae	<i>Alvaradoa amorphoides</i> Liebm.	Beelsiinik
Primulaceae	<i>Ardisia escallonioides</i> Slechltl. & Cham.	Oknom
Polygonaceae	<i>Coccoloba acapulcensis</i> Standl. <i>Coccoloba cozumelensis</i> Hemsl. <i>Gymnopodium floribundum</i> Rolfe <i>Neomillspaugia emarginata</i> (Gross.) Blake	Boobche Boob Tsitsilche Sakitsa
Rhamnaceae	<i>Karwinskia humboldtiana</i> (Schult.) Zucc.	Luumche
Rubiaceae	<i>Alseis yucatanensis</i> Standl. <i>Randia aculeata</i> L.	Tabaquillo Xechkitam
Rutaceae	<i>Casimiroa tetrameria</i> Millsp. <i>Esenbeckia pentaphylla</i> (Macfad.) Griseb.	Xyuuy Jok'ob
Salicaceae	<i>Samyda yucatanensis</i> Standl. <i>Zuelania guidonia</i> Britt. & Millsp.	Nicte balam Taamay
Sapindaceae	<i>Talisia oliviformis</i> (Kunth) Radlk. <i>Thouinia paucidentata</i> Radlk.	Waya K'aanchub
Sapotaceae	<i>Bumelia retusa</i> Swartz <i>Manilkara achras</i> (Mill.) Fosberg	Puuts mukuy Sapote
Solanaceae	<i>Lycium carolinianum</i> Walter	Chilitux
Theophrastaceae	<i>Jacquinia axillaris</i> Oerst.	Limoncillo
Ulmaceae	<i>Phyllostylon brasiliense</i> Capan. ex Benth. & Hook. f.	Kaanche
Urticaceae	<i>Urera caracasana</i> (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.	Laalkax
Verbenaceae	<i>Lippia stoechadifolia</i> (L.) Kunth <i>Rehdora trinervis</i> (Blake) Moldenke	Kabal yaxnik Sakilche
Violaceae	<i>Hybanthus yucatanensis</i> Millsp.	Sakbake kan
Zygophyllaceae	<i>Guaiacum sanctum</i> L.	Guayacan