



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS

CAMPUS VERACRUZ

POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES

**RELACIÓN DE LA CALIDAD DE LA DIETA DE BOVINOS CON
LA REMOCIÓN DE EXCRETAS POR ESCARABAJOS
COPRÓFAGOS, EN DISTINTOS AMBIENTES DE PASTOREO**

NANCY SOTO CALDERÓN

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
GRADO DE:**

Maestra en Ciencias

TEPETATES, MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ, MÉXICO.

La presente tesis, titulada: **Relación de la calidad de la dieta de bovinos con la remoción de excretas por escarabajos coprófagos, en distintos ambientes de pastoreo**, realizada por la alumna: **Nancy Soto Calderón**, bajo la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

AGROECOSISTEMAS TROPICALES

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



Dra. Silvia López Ortiz

ASESOR:



Dra. Lucrecia Arellano Gámez

ASESOR:



Dra. Mónica de la Cruz Vargas Mendoza

ASESOR:



Dr. Ponciano Pérez Hernández

Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México, 15 de Enero de 2019

RELACIÓN DE LA CALIDAD DE LA DIETA DE BOVINOS CON LA REMOCIÓN DE EXCRETAS POR ESCARABAJOS COPRÓFAGOS, EN DISTINTOS AMBIENTES DE PASTOREO

Nancy Soto Calderón, M. C.
Colegio de Postgraduados, 2019

Se estudió la relación entre la composición botánica, calidad química de la dieta de bovinos y las características físico-químicas de las excretas con la actividad de remoción de los escarabajos coprófagos en monocultivos de gramíneas (M1 y M2), pastizales biodiversos (PB1 y PB2), sistemas silvopastoriles (SSP1 y SSP2) y acahuales maduros (AM1 y AM2). Se evaluó la composición florística de los ambientes de pastoreo, la composición botánica de la dieta y se elaboró un índice de calidad de dieta. Se determinó la fibra cruda, N, P, y K en las heces y se evaluó la remoción de heces por escarabajos coprófagos. Los ambientes con mayor diversidad florística fueron AM1 ($H' = 3.9$) y AM2 ($H' = 3.7$) y las vacas eligieron dietas más diversas ($p < 0.0001$) en AM1 ($H' = 2.1 \pm 0.06$) y AM2 ($H' = 2.2 \pm 0.11$), aunque el índice de calidad de dieta fue mayor en SSP2 (0.82) y AM1 (0.86). El N en heces fue mayor en SSP1, AM1 y PB1 ($p < 0.0001$), mientras que P y K no se diferenciaron entre ambientes, y ninguno de estos nutrientes se correlacionó con la calidad de la dieta. La remoción fue más alta y similar en AM1 y AM2 (50.7 ± 8.5 g) y PB1 y PB2 (50.7 ± 8.5 g) y no tuvo asociación con la calidad de las heces, ya que todos los coeficientes de correlación entre la remoción y N, P y K fueron iguales a 0 ($r = -0.18$ a -0.28 ; $P < 0.05$). La diversidad florística de los ambientes más biodiversos promueve una mayor riqueza, diversidad botánica y calidad nutricional de la dieta del ganado, aunque no se encontró evidencia de una relación de la calidad de la dieta con la composición química de las excretas. El N y K en heces y la remoción fue superior en ambientes más biodiversos, sin embargo, no hubo asociación entre la composición química de las heces y la actividad de remoción de los escarabajos.

Palabras Clave: diversidad florística, ambientes de pastoreo, dieta en pastoreo, escarabajos coprófagos.

RELATIONSHIP BETWEEN DIET QUALITY AND THE REMOTION OF FECES BY DUNG BEETLES, IN DISTINCT GRAZING ENVIRONMENTS

Nancy Soto Calderón, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2019

The relationship among botanical and chemical composition of cattle diets, physicochemical composition of feces and removal of feces by dung beetles was assessed in grass pastures (GP1 and GP2), biodiverse grasslands (BG1 and BD2), silvopastoral systems (SP1 and SP2), secondary vegetation (SV1 and SV2). Floristic composition of the grazing environments, botanical composition of the diet were performed and a diet quality index was calculated based in the most abundant plants in the diet, then, nitrogen, phosphorus and potassium content in cattle feces as well as feces removal by dung beetles were assessed at all grazing environments. Species richness and biodiversity was higher in environments SV1 ($H' = 3.9$) and SV2 ($H' = 3.7$) and cattle selected a more diverse diet ($p < 0.0001$) while grazing in this environments ($H' = 2.1 \pm 0.06$ in SV1 and 2.2 ± 0.11 in AM2, diet quality index was greater at SP2 (0.82) and SV2 (0.86). There was more nitrogen in feces at SP1, SV1 and BG1 ($p < 0.0001$) than in the other grazing environments, however, phosphorus and potassium did not differed among environments or were correlated to diet quality index either. Feces removal was greater at secondary vegetation environments (50.7 ± 8.5 g) and biodiverse grasslands (50.7 ± 8.5 g) but an association between this variable and fecal chemical content could not be stablished ($r = -0.18$ to -0.28 ; $P < 0.05$). Floristic diversity of more diverse grazing environments enhanced richness, diversity and diet quality of grazing cattle but no evidence was obtained of diet nutritional quality is associated to feces chemical composition. N and K content in feces was greater in richer and more diverse environments but no association of these components and feces removal by dung beetles was observed.

Key words: floristic diversity, grazing environments, grazing diet, dung beetles.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la vida, por darme la oportunidad de ir cumpliendo mis sueños y ser feliz cada día.

A la Dra. Silvia López Ortiz por ser mi consejera, pero sobre todo una gran amiga y compañera de esta aventura, gracias por sus consejos, regaños y jalones de orejas, pero sobre todo gracias por su fe en mí y su apoyo incondicional.

A los integrantes de mi Consejo Particular: Dra. Lucrecia Arellano Gámez, Dra. Mónica de la Cruz Vargas Mendoza y al Dr. Ponciano Pérez Hernández.

Al Dr. Gonzalo Castillo Campos, por su ayuda, sin usted habría sido muy difícil iniciar esta investigación.

A la Dra. María de la Luz Avendaño Yáñez, por su apoyo en campo, y en la identificación taxonómica de plantas en el herbario, además de su amistad.

Al Dr. Jesús Jarillo Rodríguez, por su apoyo, sus pláticas y sus consejos.

A mis amigos del alma y del descontrol, Carlos Nahin, Zayed, Cecilio, Eduardo, Clemente, Emmanuel y Josué, no sé qué hubiera sido de mí sin su apoyo, sus enseñanzas, sus consejos, las pláticas del círculo de Chía y sobre todo sin nuestras aventuras. Los quiero.

A Ivette Bruno, por su amistad y su apoyo incondicional en las últimas etapas tan cambiantes de mi vida. ¡Te quiero amiga!

A todos los compañeros y amigos del Colegio de Postgraduados por todos los momentos agradables y divertidos: Braulio, Rafita, Israel, Persia, Germán, Mary Vega, Chevito, Nancy, Olivia, René, Miguel, Osmar, Iván Azuara, Alejandro, Anna, Mario y Ariana.

A Maira, Olivia, Aldair, René, Giancarlo y Jonathan por su apoyo durante mi trabajo de campo.

Gracias a Maricruz Quevedo, quien llegó a ayudarme en mi trabajo de investigación y se convirtió en una gran amiga.

A los productores de la comunidad de Angostillo, Don Antolín Vela, Ignacio Lagunes, Jorge Melchor, Francisco Lagunes y Alejandrino Chama por confiarme sus potreros y sus vacas para realizar mi trabajo.

A la familia Peña Contreras por su apoyo, su amistad y su hogar, por permitirme vivir con ustedes, ser parte de su familia y llenar de herramientas y estiércol su casa.

Al señor Amado Piedra Santiago, por hacer de su casa mi hogar, durante todo este tiempo, y cuidarme como a una hija.

Al Instituto de Ecología A.C., por los cursos que fueron parte de mi formación, el acceso a sus instalaciones y la facilidad para realizar parte de mi investigación ahí, principalmente al proyecto “Calidad del suelo y prácticas de manejo ganadero encaminados a generar esquemas agrosilvopastoriles que maximicen la sustentabilidad en los Municipios de Jilotepec, Paso de Ovejas y Xico, Veracruz, México” (Inecol 2003530926).

Al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) de la Universidad Nacional Autónoma de México, por permitirme realizar análisis de laboratorio que contribuyeron significativamente a mi investigación.

Al Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, por abrirme sus puertas y contribuir a mi formación.

Al Consejo Nacional en Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo financiero para poder realizar mis estudios de Maestría en Ciencias.

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo a mi hermosa familia, que nunca ha perdido la fe y la confianza en mí, a mis amigos, y a todas y cada una de las personas que me han ayudado y alentado para continuar en este maravilloso camino que es la vida.

Principalmente a mis padres, Máximo y Martha, por hacer de mí la mujer que soy hoy, les doy las gracias por cada uno de los sacrificios que han hecho por mí, los amo con todo mi corazón.

A ti hermanita, por ser ejemplo de amor y apoyo incondicional, gracias por todas nuestras historias y aventuras juntas. Te amo.

A mis hermanos, Adriana, Miguel Ángel, y Francisco por su apoyo, confianza, y sobre todo por su amor.

Te dedico gran parte de este trabajo a ti: Carlos Iván Peña, por tu tiempo, tu paciencia, tu ayuda y por todo lo que me has dado y hemos compartido, también es tu logro.

“No huyo de un reto porque tenga miedo. Al contrario, corro hacia el reto porque la única forma de escapar al miedo es arrollarlo con tus pies”.

Nadia Comăneci

CONTENIDO

| | Página |
|---|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA | 3 |
| 2.1 Teoría general de sistemas y agroecosistemas | 3 |
| 2.2 Agroecosistemas con pastoreo extensivo y su importancia ecológica | 4 |
| 2.2.1 Monocultivos | 5 |
| 2.2.2 Sistemas silvopastoriles..... | 6 |
| 2.2.3 Pastizales biodiversos..... | 6 |
| 2.2.4 Acahuales..... | 7 |
| 2.3 Importancia de la diversidad florística en los ambientes de pastoreo | 8 |
| 2.4 Aprendizaje en la selección y preferencias de dieta de los herbívoros..... | 9 |
| 2.5 Valor nutritivo de la dieta para el ganado en pastoreo | 10 |
| 2.5.1 Digestibilidad..... | 11 |
| 2.5.2 Proteína Cruda | 11 |
| 2.5.3 Minerales en la dieta | 12 |
| 2.6 Composición química de la dieta y nutrimentos en las excretas de los herbívoros. | 12 |
| 2.7 Escarabajos coprófagos..... | 13 |
| 2.7.1 Preferencias nutricionales de los escarabajos coprófagos | 15 |
| 3. HIPÓTESIS | 16 |
| 4. OBJETIVOS | 16 |
| 4.1 Objetivo general | 16 |
| 4.2 Objetivos específicos | 17 |
| 5. MATERIALES Y METODOS | 17 |
| 5.1 Descripción del area de estudio..... | 17 |
| 5.2 Descripción de los ambientes de estudio | 18 |
| 5.3 Composición florística de los ambientes | 21 |

| | |
|---|-----------|
| 5.4 Evaluación de la dieta del ganado | 22 |
| 5.4.1 Composición de la dieta del ganado..... | 22 |
| 5.4.2 Muestreo y análisis químico de las plantas incluidas en la dieta..... | 23 |
| 5.4.3 Elaboración del índice de calidad de la dieta..... | 24 |
| 5.5 Composición físico-química de las heces del ganado | 25 |
| 5.6 Remoción de heces por escarabajos | 26 |
| 5.7 Análisis estadísticos..... | 27 |
| 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 29 |
| 6.1 Riqueza y diversidad florística de los ambientes de pastoreo | 29 |
| 6.2 Riqueza y diversidad florística de la dieta | 33 |
| 6.3 Calidad de la dieta en los distintos ambientes de pastoreo | 38 |
| 6.4 Relación de la calidad de la dieta con los nutrimentos en las excretas..... | 43 |
| 6.5 Remoción de excretas por escarabajos coprófagos en relación a la composición nutritiva de las excretas | 45 |
| 7. CONCLUSIONES | 49 |
| 8. LITERATURA CITADA | 50 |
| 9. ANEXOS..... | 60 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | Página |
|---|---------------|
| Cuadro 1. Valores asignados a cada variable de composición química de las plantas presentes en la dieta del ganado en distintos ambientes de pastoreo, para formar el índice de calidad de dieta..... | 24 |
| Cuadro 2. Valores asignados a cada variable de calidad en la dieta del ganado en distintos ambientes de pastoreo..... | 24 |
| Cuadro 3. Riqueza y diversidad de especies (H') en los ambientes de pastoreo evaluados en agosto del 2016..... | 29 |
| Cuadro 4. Similitud en la composición florística (índice de Sorensen) entre ambientes de pastoreo y entre pares dentro de cada ambiente (numerales 1 y 2)..... | 29 |
| Cuadro 5. Frecuencia de familias y formas de vida (%) con base a presencia y ausencia de las especies en cada ambiente de pastoreo..... | 31 |
| Cuadro 6. Frecuencia de familias y riqueza total de especies en la dieta de las vacas de diferentes ambientes de pastoreo..... | 33 |
| Cuadro 7. Riqueza y diversidad promedio de especies (\pm EE) en la dieta de bovinos pastoreando en distintos ambientes, durante la época de lluvias del 2017..... | 34 |
| Cuadro 8. Composición botánica de la dieta de bovinos en pastoreo. Se presenta la información en porcentaje de inclusión de las especies de plantas en la dieta por estratos de vegetación..... | 35 |
| Cuadro 9. Especies de mayor consumo (%) en la dieta de bovinos en distintos ambientes de pastoreo..... | 36 |
| Cuadro 10. Especies más abundantes en la dieta de bovinos en los distintos ambientes de pastoreo..... | 36 |
| Cuadro 11. Características químicas de las especies más abundantes en la dieta del ganado en distintos ambientes de pastoreo..... | 38 |
| Cuadro 12. Contenido de nutrientes (%) en excretas de bovinos en distintos ambientes de pastoreo..... | 43 |
| Cuadro 13. Especies y frecuencia de escarabajos coprófagos encontrados en cada ambiente de pastoreo..... | 45 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | Página |
|------------|---|---------------|
| Figura 1. | Esquema de las estructuras corporales externas del escarabajo morador, <i>Phlanolinellus vitattus</i> (tomado de Martínez, 2011)..... | 14 |
| Figura 2. | Ubicación del municipio Paso de Ovejas en el estado de Veracruz..... | 18 |
| Figura 3. | Vista de los ambientes de pastoreo denominados monocultivos 1 y 2 (M1 y M2)..... | 19 |
| Figura 4. | Vista de los ambientes de pastoreo denominados Pastizal biodiverso 1 y 2 (PB1 y PB2)..... | 20 |
| Figura 5. | Vista de los ambientes de pastoreo denominados Sistemas silvopastoriles 1 y 2 (SSP1 y SSP2)..... | 21 |
| Figura 6. | Vista de los ambientes de pastoreo de acahuales maduros 1 y 2 (AM1 y AM2)..... | 21 |
| Figura 7. | Ejemplo de la distribución de cuadrantes y cuadrantes anidados para realizar inventario florístico a lo largo de los ambientes..... | 22 |
| Figura 8. | Esquema del método para cuantificar la remoción de estiércol por escarabajos coprófagos: Diseño de la maceta experimental (A) y maceta en corte longitudinal que muestran las galerías, los escarabajos y el estiércol removido (B), tomado de Arellano 2016..... | 27 |
| Figura 9. | Clasificación jerárquica de ambientes de pastoreo (basada en la riqueza de especies)..... | 31 |
| Figura 10. | Clasificación jerárquica de las dietas de vacas en distintos ambientes de pastoreo basada en la riqueza de especies en la dieta..... | 35 |
| Figura 11. | Distribución de los datos de especies, calidad de la dieta y especies consumidas en los distintos ambientes de pastoreo..... | 42 |
| Figura 12. | Distribución de los datos del índice de calidad de la dieta y la composición química de las excretas en distintos ambientes de pastoreo. La composición química incluye: nitrógeno, fósforo y potasio..... | 44 |
| Figura 13. | Vaca con fistula ruminal (A), vacas fistuladas alimentándose de concentrado con 24 % de proteína (B)..... | 73 |

1. INTRODUCCIÓN

En el estado de Veracruz, la ganadería representa la principal actividad pecuaria, ocupa más de 50 % del territorio y tiene una gran importancia social, cultural y ambiental (INEGI, 2007). Según el censo Agropecuario del 2014, la población de ganado bovino en esta entidad asciende a 3 355 902 cabezas, cantidad que representa el 10.5 % del hato nacional. En informes más recientes (SIAP, 2016) se reporta que Veracruz contribuye con el 6.6 % de la producción anual de leche y con el 13.5 % de la producción anual de carne.

La ganadería de bovinos en esta entidad está basada principalmente en el pastoreo extensivo de gramíneas en praderas, pastizales o agostaderos. Entre las gramíneas más utilizadas destacan especies introducidas como Privilegio o Guinea (*Megathyrus maximus* Jacq. B.K. Simon & S.W.L. Jacobs), Jaragua (*Hyparrhenia rufa* Nees), Llanero (*Andropogon gayanus* Kunth), Pangola (*Digitaria eriantha* Steud) y muchas otras especies pertenecientes a distintos géneros, entre los que destacan materiales de los géneros *Brachiaria*, *Setaria* y *Paspalum* (Enríquez y Peralta, 1988; Hernández *et al.*, 1990; Bautista-Tolentino *et al.*, 2011). En los pastizales, también pueden encontrarse gramíneas nativas y árboles nativos como cocuite (*Gliricidia sepium* Jacq. Walp), guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.), huizache (*Vachellia pennatula* Schldl. & Cham.) y frijolillo (*Senna atomaria* (L.) H.S. Irwin & Barneby), entre otros (Villa-Herrera *et al.*, 2009; Bautista-Tolentino *et al.*, 2011). Sin embargo, la tendencia es que los productores mantengan monocultivos de gramíneas todavía con el mínimo de especies arbustivas o arbóreas.

Mientras los monocultivos de gramíneas aportan materia seca en grandes volúmenes para el ganado, su valor nutritivo y disponibilidad a través del año es limitado, principalmente en la época seca cuando el crecimiento de los pastos disminuye por la falta de humedad, afectando negativamente tanto su producción como su calidad nutritiva (Canudas *et al.*, 2008; Bautista-Tolentino *et al.*, 2011). Una mayor diversidad y abundancia de especies forrajeras en los sistemas de pastoreo puede complementar la dieta del ganado a través del año, porque especies con distinta fenología, potencial productivo y calidad nutritiva (incluyendo variedad y concentración de compuestos secundarios) se complementan para mantener la disponibilidad de forraje y diversas fuentes de compuestos primarios (nutrientes y energía) y secundarios (fenoles, saponinas, entre otros) (Provenza y Villaba, 2010). Esa diversidad también representa oportunidades para que el

ganado, además de seleccionar dietas nutritivas, pueda mantener cargas parasitarias bajas y un sistema inmune en buena condición (Provenza *et al.*, 2015).

Las oportunidades que brindan los ambientes de pastoreo biodiversos repercuten directamente en el estado productivo del ganado, sin embargo, al mismo tiempo se benefician organismos de otros niveles tróficos que dependen de la biomasa que deyectan las vacas en forma de desechos: los coprófagos. Entre los insectos se encuentran los escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae), que viven en el suelo y utilizan el estiércol del ganado bovino y de otros animales silvestres y domésticos como sustrato para su reproducción y alimentación (Halffer y Matthews, 1999).

Por su actividad detritívora, los escarabajos tienen una función importante en la cadena trófica. Su acción a nivel de micro ambiente (desintegrar físicamente el bolo fecal, para facilitar su descomposición e incorporarlo al suelo) contribuye a incorporar al suelo nutrientes de las excretas, tales como el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K), entre otros. Estos nutrientes se reciclan sirviendo nuevamente como fertilizantes a las plantas, dando lugar a un nuevo crecimiento, para posteriormente estas plantas ser ingeridas por el ganado (Nichols *et al.*, 2008).

Las interacciones que suceden en los ecosistemas entre plantas, herbívoros y detritívoros actúan de manera conjunta dando paso a servicios ecosistémicos que contribuyen a la integridad y permanencia del sistema total (Nichols *et al.*, 2007; Basto-Estrella *et al.*, 2012). Esta integración se ha venido perdiendo en los sistemas de producción pecuaria actuales, en donde las funciones de los organismos se han substituido por insumos que mantienen la productividad de los agroecosistemas. Sin embargo, la forma más económica y ecológica de sostener la productividad seguirá siendo a través de mantener la biodiversidad, fortalecer las interacciones biológicas y biofísicas, y reciclar la materia. La presente investigación está enfocada en aspectos ecológicos que suceden dentro de los agroecosistemas, donde el uso del suelo es el pastizal y se maneja ganado doméstico. La comprensión de las relaciones entre organismos de diferentes niveles tróficos (pasto-ganado-escarabajos), es importante para un manejo de agroecosistemas con distintos ambientes de pastoreo que coadyuve al mantenimiento de los servicios ambientales en estos sistemas.

Los sistemas de pastoreo actuales se basan mayormente en monocultivos de gramíneas con poca diversidad de especies de plantas, limitando la disponibilidad de forraje, de nutrientes y compuestos

biológicos para los herbívoros domésticos. Esto a su vez afecta el potencial productivo del ganado, pero también puede estar afectando la disponibilidad de nutrientes en las heces disponibles para los escarabajos coprófagos, quienes realizan funciones ecológicas que se traducen en servicios ecosistémicos.

Se ha determinado que la composición de las heces de los herbívoros (introducidos y silvestres) tiene una influencia marcada en el éxito reproductivo de los escarabajos coprófagos y de sus funciones ecológicas (Arellano *et al.*, 2015). Una posible explicación es que los herbívoros silvestres incluyen plantas y partes de plantas variadas en sus dietas que se reflejan en atributos fisicoquímicos de las excretas, que podrían definir así la preferencia de los escarabajos por las excretas con altas concentraciones de nutrientes por reciclar. Esto se traduciría en una mayor colonización, remoción y enterramiento de excretas por estos insectos. Los grandes herbívoros, como el ganado bovino, también son capaces de seleccionar dietas variadas en condiciones de pastoreo biodiversas, por lo que hay razones para pensar que sus excretas pueden variar en su composición de nutrientes de desecho, lo que favorecería su uso por los escarabajos coprófagos como sustrato de alimento o de nidificación, a diferencia de las excretas resultantes de vacas con alimentación pobre y poco variada, que se esperaba que fueran poco usadas por los escarabajos. Esto no se ha estudiado en sistemas de producción de ganado bovino.

La incógnita, motivo de esta investigación fue conocer si existe una relación entre la diversidad florística en distintos ambientes de pastoreo con la diversificación de las dietas del ganado bovino y si está se ve reflejada en la composición química de las excretas, y en la actividad de remoción de los escarabajos coprófagos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Teoría general de sistemas y agroecosistemas

Esta investigación utiliza la teoría General de Sistemas para aproximar y entender de forma sistemática y científica lo que percibimos como la realidad, desde una perspectiva holística e integradora. Esta teoría ofrece un ambiente adecuado para la interrelación y comunicación fecunda entre especialistas y especialidades (Arnold y Osorio, 1998). La investigación también se ubica en la agroecología, transdisciplina que se fortalece con el pensamiento de sistemas y el enfoque de sistemas; además, se robustece con aportaciones teóricas y metodológicas de la disciplina, la

multidisciplina, la interdisciplina, y toma en cuenta el conocimiento local que es donde se aplican los conceptos y principios ecológicos, sociales y económicos para entender y hacer agricultura (Ruiz, 2005).

Finalmente se aterriza la investigación en el estudio de las interacciones que ocurren entre individuos, es decir a nivel de plantas o animales y su micro ambiente inmediato, guiándonos en la clasificación jerárquica de interacciones de los agroecosistemas de Conway (1987), quien basado en la teoría general de sistemas clasifica los agroecosistemas de acuerdo a sus componentes, en donde cada agroecosistema forma un componente del agroecosistema en el siguiente nivel, es decir, las interacciones estudiadas a nivel planta o animal, ayudaran a entender lo que sucede a nivel cultivo o hato, que es el nivel superior inmediato, y así sucesivamente hasta llegar cerca de la cima, donde se encuentra el agroecosistema nacional compuesto por agroecosistemas regionales vinculados por los mercados nacionales y vinculados al comercio internacional.

El agroecosistema es un concepto definido con una palabra compuesta (agro-ecosistema), en donde agro que significa tierra, suelo como fuente de producción (Martínez *et al.*, 2004) se une a ecosistema, introducido en 1935 por Tansley y definido como ‘la distribución de las especies y su ensamblaje’ el cual es fuertemente influenciado por el ambiente asociado. Por lo tanto, los agroecosistemas al igual que los ecosistemas incluyen el componente biótico y abiótico e interacciones entre ellos (Maass y Martínez-Yrizar, 1990). Pero los agroecosistemas difieren de los ecosistemas porque además incluyen un componente social, económico, político y tecnológico, que orienta y define la producción (Martínez *et al.*, 2004); es decir, los agroecosistemas son sistemas ecológicos modificados por los seres humanos para producir alimentos, fibra u otros productos agrícolas. Al igual que los sistemas ecológicos a los que reemplazan, los agroecosistemas a menudo son estructuralmente y dinámicamente complejos, pero su complejidad se debe principalmente a la interacción entre los procesos socioeconómicos y ecológicos (Conway, 1987).

2.2 Agroecosistemas con pastoreo extensivo y su importancia ecológica

El sistema de producción predominante en las regiones tropicales de México, tanto para la producción de carne, como de leche o de ambos productos es el extensivo. En este sistema la alimentación se basa en monocultivos de gramíneas (Rubio *et al.*, 2013), sin embargo, también se utilizan pastizales que sostienen vegetación biodiversa, incluyendo fragmentos de vegetación secundaria en diferentes estados de sucesión ecológica (denominados comúnmente como

acahuales). Algunas de estas asociaciones biodiversas forman sistemas silvopastoriles inducidos por la interacción entre el manejo y las condiciones ambientales, y también existen los sistemas silvopastoriles intensivos con diseños espaciales regulares y alta densidad de árboles con distintos propósitos. A continuación, se describen algunos de los principales ambientes de pastoreo que son usados en la ganadería extensiva del estado de Veracruz, y que en algún momento han sido utilizados como alternativas ya sea económicas o ecológicas o ambas.

2.2.1 Monocultivos

El monocultivo es la forma más generalizada de uso del suelo para fines ganaderos. Estos monocultivos generalmente son de gramíneas a las cuales también se denominan pasturas porque generalmente son cultivadas y mantienen gramíneas introducidas con alto potencial productivo (Serrao y Días, 1988). Es común encontrar pasturas de una sola gramínea, en donde el ganadero da poco valor a la existencia de árboles en su sistema productivo y poco aprovechamiento de las plantas herbáceas asociadas que son útiles para la alimentación de los animales (Ponce, 1981; Marinidou y Jiménez, 2010). El manejo del suelo con monocultivos de gramíneas conlleva a una pérdida gradual de la fertilidad porque el manejo es solo extractivo y el retorno de nutrientes al suelo es mínima. En los monocultivos es frecuente la incidencia de plagas y enfermedades, por lo que generalmente se hace uso deficiente del suelo y de la biodiversidad local, utilizando solo pasto y desperdiciando estratos de vegetación que podrían ser usados para producir. Una consecuencia irremediable es la baja rentabilidad (una hectárea por cabeza de ganado) y una producción desequilibrada en las diferentes épocas del año (Serrao y Días, 1988; Marinidou y Jiménez, 2010).

Esta investigación se realizó en la Llanura Costera del Golfo Sur, donde el monocultivo es la forma del uso de suelo más característica para la producción ganadera, su uso principal es pastoreo de bovinos de doble propósito. Los productores generalmente cuentan con parcelas en distintos ambientes, entre los cuales rotan a los animales a lo largo del año en las estaciones más marcadas en la zona (secas y lluvias) con periodos de ocupación y descanso irregulares. Los productores queman sus potreros y esparcen semilla nueva un poco antes del inicio de la época de lluvias, para propagar el pasto que ellos desean y desaparecer el mayor número posible de hierbas asociadas por una temporada, en ocasiones realizan control químico de esas hierbas, además del “chapeo”

(práctica que es menos utilizada). El abono o fertilización química de los suelos de pastoreo es poco frecuente y cuando se llega a utilizar se aplica urea únicamente para disminuir los costos.

2.2.2 Sistemas silvopastoriles

Los sistemas silvopastoriles son sistemas de producción que se basan principalmente en la combinación de pasturas (gramíneas o herbáceas forrajeras) con plantas leñosas (árboles, arbustos y palmas) y animales (FAO,1999; Marinidou y Jiménez, 2010; Llanderal, 2014). Para que un sistema ganadero sea considerado como silvopastoril no es un requisito que los árboles o arbustos cumplan un propósito forrajero, pueden ser forestales o frutales. Sin embargo, las leñosas perennes pueden estar presentes cumpliendo otras funciones y aunque no constituyan un recurso alimenticio el sistema seguirá siendo silvopastoril (FAO, 1999; Llanderal, 2014).

Las prácticas silvopastoriles, incluyen sistemas con árboles dispersos en potreros, cercas vivas, cortinas rompe vientos, bancos forrajeros, árboles en franjas, en linderos, en bosquetes, que también pueden ser combinadas con pastos, sistemas con árboles en líneas a través del potrero asociados a pastos forrajeros (Marinidou y Jiménez, 2010; Llanderal, 2014). El uso de estos sistemas trae consigo beneficios entre los que se encuentran: a) mejora de la fertilidad de suelo, especialmente cuando se introducen especies leguminosas, que son fijadoras de nitrógeno en el suelo, elevando así el valor nutritivo de otras especies; b) abastecimiento de forraje para los animales durante la época de estiaje; c) diversidad de usos que se le puede dar a los árboles, como son cercas vivas, alimento, postes, medicinales, leña, carbón, madera, no depender de concentrados, entre otros (Marinidou y Jiménez, 2010; Pérez *et al.*, 2011). En la zona de estudio, esta alternativa de producción ha sido aplicada y adoptada satisfactoriamente por algunos productores, gracias a que no se requiere un alto gasto económico ni tecnológico para su establecimiento, además de que son notorias las diferentes ventajas de producción y aprovechamiento de los recursos al implementar los sistemas silvopastoriles.

2.2.3 Pastizales biodiversos

Un pastizal biodiverso es una comunidad vegetal donde coexisten gramíneas, hierbas de hoja ancha, arbustos y hasta árboles, pero sin llegar a la formación de un dosel cerrado. El origen de estos pastizales puede ser: 1) sitios donde originalmente predominaban los pastos con pocos árboles

y arbustos, en los cuales los productores manejan las especies tanto endémicas como introducidas y adaptadas, de manera tal que se forma un paisaje biodiverso con más de un estrato y con diversidad de gramíneas, herbáceas, árboles y arbustos, principalmente especies forrajeras palatables, aunque en ocasiones algunas especies arbóreas tienen otras funciones tales como la sombra, madera o cercas vivas; y 2) sitios donde se establece una gramínea introducida y gradualmente empiezan a ser invadidos por vegetación natural, convirtiéndose en una asociación de plantas de distintos tipos de crecimiento y familias diversas. En la zona de interés para esta investigación, este tipo de pastizales predominan y surgen después de desmontar suelos, con la práctica cotidiana del pastoreo, pero también pueden surgir después de cultivar gramíneas introducidas y se permite la colonización de especies leñosas y herbáceas nativas con poco control, y aunque puede haber un grado de manejo de la vegetación, ese manejo es moderado permitiendo la coexistencia de plantas de distintas formas de vida.

2.2.4 Acahuales

Los acahuales son asociaciones de vegetación secundaria que surge de manera espontánea donde la vegetación original fue removida para uso agrícola o pecuario (Soto-Pino, 2011; Ley de Desarrollo Forestal Sustentable, 2018). La historia de eliminación de vegetación original empezó con la introducción de cultivos o pastizales, después se abandonaron y en ellos ocurrieron procesos de recuperación que comienzan con la aparición de la vegetación secundaria. En algunas regiones de México, la formación de acahuales se genera por la agricultura migratoria, y que, según la lógica campesina, en el mediano o largo plazo volverá a convertirse en cultivo o pastizal, y así sucesivamente, en rotaciones. A esto se le conoce como un sistema rotacional (Soto-Pino, 2011).

Diversos autores mencionan que un acahual puede contribuir a mejorar los medios de vida de los productores ofreciendo beneficios económicos, sociales y sobre todo ambientales (Tschakert *et al.*, 2007; Cannadell y Raupach, 2008), sobre todo ambientales, si se les da un manejo adecuado, entre los que se encuentran proteger y aumentar la fertilidad del suelo, recuperar condiciones del sitio después de la agricultura, mantener la capacidad de regeneración de la vegetación natural, disminuir la compactación, aumentar la cantidad de materia orgánica, disminuir la acidez del suelo, evitar la quema, aumentar el potencial del suelo para mantener una agricultura de largo plazo,

aumentar cobertura, biomasa y productividad, aumentar los ingresos, revalorizar la tierra y el trabajo de los productores (Soto-Pino, 2011).

Actualmente los paisajes veracruzanos de las zonas tropicales incluyen sitios con vegetación secundaria en diferentes grados de madurez, este proceso inicia con la recuperación de especies de plantas pioneras que generarán condiciones de luz, temperatura y humedad ideales para el establecimiento y desarrollo exitoso de las especies originales del ecosistema. Este proceso se conoce también como sucesión ecológica (Tschakert *et al.*, 2007).

En la zona donde se realizó esta investigación, el manejo de los acahuales es casi nulo, mientras algunos productores los utilizan como fuente de forraje y productos forestales no maderables, algunos los consideran un posible sitio para la posterior introducción de pastizales o de cultivos, que debido a escasos recursos no han podido implementar, sin embargo, no le dan mucha importancia a su uso en las condiciones en las que se encuentran en la actualidad.

2.3 Importancia de la diversidad florística en los ambientes de pastoreo

La diversidad florística es uno de los principales y más importantes componentes de distintos agroecosistemas de producción ganadera en el trópico, de esa diversidad dependen diferentes interacciones entre el suelo, los animales y el hombre, la biodiversidad florística se incrementa por el cambio genético y los procesos evolutivos y se reduce por la extinción y la degradación del hábitat, en la que tienen participación los herbívoros, influyendo con su comportamiento, selección e ingesta (Singh and Upadhyaya, 2001; Velázquez y Mora, 2008; Johnson, 2011; Meisser *et al.*, 2014). Sin embargo, aunque el ganado tiene capacidad para seleccionar su alimento, históricamente tienen preferencia por las gramíneas debido a los sistemas de manejo que se han utilizado por años.

La diversidad florística o composición botánica presente en las pasturas cobra importancia en los sistemas de producción, cuando se establece que las plantas forman parte de la dieta del ganado y que su composición florística varía en las pasturas e influye en la selección de la dieta por parte de los animales en pastoreo, puesto que, el ganado es capaz de consumir una gran variedad de plantas no leguminosas y expresar sus preferencias (Carpino *et al.*, 2003; Velázquez y Mora, 2008; Meisser *et al.*, 2014).

La diversidad florística en los ambientes de pastoreo genera interacciones entre distintas comunidades de plantas y herbívoros; el consumo de las plantas, el pisoteo y la exploración pueden, en distintas escalas generar cambios en la composición de especies, afectando las más palatables y favoreciendo las que no son forrajeras (Ochoa *et al.*, 2017), y también estimulándolas a activar mecanismos de defensa, como la producción de compuestos secundarios (Briske, 2007).

Al mismo tiempo estos cambios en las comunidades vegetales afectan directamente a los herbívoros, ya que el aporte nutrimental varía entre especies, por ejemplo, los árboles leguminosos aportan mayores cantidades de proteína que las gramíneas (Palma, 2018). Además, las plantas no solo son variables en el contenido de nutrimentos, sino también en el de otros compuestos, como los compuestos secundarios o la fibra, para lo cual los herbívoros han desarrollado la capacidad de percibir la dureza de los alimentos y seleccionar los menos fibrosos (Ochoa *et al.*, 2017), es decir los más digeribles. Esta diversidad originada por las interacciones en las comunidades vegetales y en el contenido de nutrimentos de cada especie, permite a los herbívoros seleccionar y optimizar la ingesta de distintas alternativas de productos bioquímicos y así lograr satisfacer mejor sus necesidades nutrimentales y fisiológicas, reforzar su sistema inmune y hacer frente a intoxicaciones (Provenza *et al.*, 2003). Por mencionar un ejemplo de estas interacciones, Carpino *et al.* (2003), indican que los herbívoros pueden incluir en su dieta hasta 40 especies tanto de gramíneas como de leguminosas y que la calidad de algunos productos obtenidos de animales en pastoreo está asociada a la diversidad de plantas que otorgan un sabor distintivo al queso, debido a los compuestos orgánicos que se encuentran en ellas, lo que confieren un valor hedónico a la leche y al queso, además, aunque algunos compuestos de las plantas pueden llegar a ser tóxicos, en cantidades moderadas son benéficos e influyen en el sabor de los quesos.

2.4 Aprendizaje en la selección y preferencias de dieta de los herbívoros

La teoría del aprendizaje menciona o enmarca las preferencias parciales que los individuos manifiestan a través de procesos de desarrollo influenciados por experiencias pasadas, es decir que los entornos sociales y físicos, que interactúan continuamente con el genoma durante el crecimiento y el desarrollo, influyen en la expresión génica y generan respuestas de comportamiento, como la selección de alimentos que satisfagan las necesidades en los distintos estados fisiológicos. Por lo

tanto, las experiencias tempranas en la vida causan cambios (neurológicos, morfológicos, fisiológicos) en animales que influyen en su comportamiento posterior (Provenza, 1995).

En el proceso de aprendizaje, los herbívoros jóvenes adquieren destrezas aprendidas de sus madres para cosechar el forraje, a la vez que desarrollan preferencias por determinados alimentos (Provenza *et al.*, 2003), y sus cuerpos se adaptan al uso de matrices particulares en la disposición espacial de los alimentos (Distel *et al.*, 1994). Así, mientras el cuerpo influye en la estructura de la experiencia, la experiencia también influye en la estructuración y el funcionamiento del cuerpo y estos procesos de selección de la dieta e ingesta de forraje influyen en la dinámica y la estructura de la vegetación (Johnson, 2011).

Los herbívoros aprenden a mezclar sus dietas dada una variedad de alternativas. La gran variedad de especies de plantas en muchos pastizales puede dificultar a los herbívoros determinar qué combinaciones de alimentos satisfacen mejor sus necesidades nutricionales, sin embargo, pueden aumentar el consumo de compuestos secundarios y optimizar las interacciones entre nutrientes y toxinas (Provenza *et al.*, 2003). Por ejemplo, Kyriazakis y Oldham (1993) mencionan que la ingesta de proteínas aumenta durante el crecimiento, el embarazo y las infecciones por parásitos. La ingesta de macronutrientes también cambia con la ingesta de compuestos secundarios (Villalba *et al.*, 2002), y la ingesta de toxinas cambia con la disponibilidad de nutrientes (Banner *et al.*, 2000; Villalba *et al.*, 2002). Por lo tanto, aprenden a mezclar sus dietas de diferentes maneras según las condiciones ambientales y las contingencias (Provenza *et al.*, 2003).

2.5 Valor nutritivo de la dieta para el ganado en pastoreo

El valor nutritivo de la dieta es un concepto que tiene distintas connotaciones y no existe una única definición, se relaciona con el contenido de nutrientes que el ganado incluye en su dieta (Agnusdei, 2007), ya sea ofrecida por el hombre o seleccionada durante el pastoreo. La valoración de la calidad de la dieta en los trópicos estacionalmente secos ha dependido de anécdotas, observaciones, mediciones de la utilización de los componentes del pasto, la histología fecal y el uso de ganado fistulado (Dixon y Coates, 2010), porque a diferencia del ganado estabulado, el ganado en pastoreo interactúa con una diversidad de plantas. Dichas interacciones influyen cualitativa y cuantitativamente en el consumo de los nutrientes (Gutiérrez *et al.*, 2005), lo que hace difícil su valoración, además, la disponibilidad de forraje, es decir, las especies vegetales presentes en una

determinada superficie y accesibles para el animal, determinara la dieta, y con esto la calidad de la misma. La disponibilidad de las plantas varía con la época del año, las condiciones climáticas, la fertilidad del suelo y la carga animal, y también determina el cómo los animales hacen uso del forraje en el transcurso del año.

2.5.1 Digestibilidad

La digestibilidad de un forraje es la característica principal que se relaciona con el valor nutritivo o la calidad. Puede aceptarse que "calidad del forraje, valor nutritivo, o calidad nutritiva" son sinónimos de la digestibilidad, y que se refiere a la proporción del material ingerido que es degradada en el rumen, y entre mayor sea el porcentaje de digestibilidad de un forraje, mayor será la calidad del mismo (Licitra *et al.*, 1997; Agnusdei, 2007; Hackmann *et al.*, 2010). Medir la digestibilidad permite estimar la proporción de nutrientes presentes en los forrajes que tienen potencial de ser absorbidos a través del tracto digestivo (Giraldo *et al.*, 2007). La parte digerible de un forraje está compuesta principalmente por azúcares solubles, las proteínas y los ácidos orgánicos, que conforman el "contenido celular" de todos los tejidos y la parte no digerible (conocida como fibra), está constituida por hidratos de carbono que forman la pared celular (lignina, celulosa y hemicelulosa). Las estructuras más digeribles de las gramíneas son las hojas jóvenes y de las leguminosas son los folíolos o pinnas, las cuales están conformadas por una elevada proporción de tejido mesófilo que se caracteriza por tener paredes celulares delgadas, de alta degradabilidad y un contenido celular relativamente alto en comparación con las hojas viejas o con los órganos de sostén como las vainas y los tallos (Agnusdei, 2007).

2.5.2 Proteína Cruda

Las proteínas son compuestos nitrogenados complejos que se encuentran en todas las células vivas, pueden estar constituidas hasta por 20 aminoácidos distintos y su estructura molecular está formada principalmente por nitrógeno (Damodaran, 2000; Frioni, 2005; McKee y McKee, 2014). Los pastos tropicales contienen concentraciones bajas de nitrógeno, por lo que el contenido de proteína puede llegar a ser muy variable, desde un 3 % hasta un 10 % o incluso más alto, dependiendo de la fertilidad del suelo (Canudas *et al.*, 2008b; Dixon y Coates, 2010). Con el contenido de nitrógeno pasa lo mismo que con la digestibilidad, ya que la mayor parte de la proteína vegetal se encuentra

en las láminas de las hojas mejor iluminadas de la pastura, es decir en las estructuras jóvenes (Behling, 2006; Frioni, 2005). Cuando una pastura acumula biomasa comienza a envejecer y las láminas ubicadas en los estratos inferiores sombreados tienden a "desarmar" el aparato fotosintético y a redistribuir el nitrógeno que conforma las proteínas desde las hojas sombreadas hacia las que ocupan los estratos superiores (Agnusdei, 2007). Entre mayor sea el contenido de proteína en los forrajes, mayor será el rendimiento de materia seca y su calidad (Gierus *et al.*, 2012).

2.5.3 Minerales en la dieta

Los minerales son elementos inorgánicos que se encuentran en la mayoría de los alimentos, se clasifican en esenciales y no esenciales. Los minerales esenciales son aquellos que tienen funciones bioquímicas bien definidas y deben estar en la dieta de los vertebrados para mantener una salud, crecimiento y productividad óptimas (NRC, 2001). Los minerales requeridos en la dieta en cantidades de gramos se denominan macro minerales y este grupo incluye al calcio, fósforo, sodio, cloro, potasio, magnesio y azufre (Humphreys, 1991). El contenido mineral en los forrajes tropicales es relativamente bajo, lo que causa las deficiencias de los minerales en la dieta, que se reflejan en el crecimiento y la producción, porque la cantidad de minerales en los suelos tropicales suele ser baja, ya que el suelo se encuentra altamente lixiviado (Humphreys, 1991).

Los minerales más deficientes en los animales en pastoreo son Ca, P, Na, Co, Cu, I, Se y Zn. En algunas regiones, bajo condiciones específicas, Mg, K, Fe y Mn pueden ser deficientes y el exceso de F y MO puede ser extremadamente perjudicial. En la mayoría de los países del mundo, el principal medio por el cual los productores de ganado intentan cumplir con los requisitos minerales de sus rebaños de pastoreo es mediante la suplementación a libre acceso (McDowell, 1996).

2.6 Composición química de la dieta y nutrimentos en las excretas de los herbívoros.

A su paso por el tracto digestivo de los herbívoros, los alimentos son fermentados y digeridos por microorganismos para extraer la energía y los nutrientes que contienen, sin embargo, no todos los nutrientes son absorbidos, y estos, junto con las fracciones de fibra no digeribles, son expulsados del organismo en forma de excretas y orina (Betteridge *et al.*, 1986). De manera general del 5 al 30 % de los nutrientes conseguidos por los animales se incorporan en su cuerpo, utilizando una

parte para el desarrollo, crecimiento, producción o cualquier otra necesidad metabólica o fisiológica y otra parte (%) retornada como desecho (Van Horn *et al.*, 2003; Behling, 2006), sin embargo, la cantidad ingerida y absorbida de nutrientes va a depender de la demanda nutricional y del estado fisiológico de cada individuo en el momento de consumir las plantas. A su vez la calidad de estas en cuanto a su porcentaje de degradabilidad y contenidos de fibra y proteína van a determinar la cantidad y calidad de los nutrientes eliminados como desechos (Van Soest, 1994; Jalali *et al.*, 2015).

El estiércol del ganado en pastoreo está compuesto de agua dependiendo de las condiciones del pasto hasta un 88 % (Figueroa-Viramontes *et al.*, 2009), por fracciones de fibra no digeridas dentro del organismo del individuo, por fracciones inorgánicas, las más importantes son el nitrógeno, el fósforo y el potasio (Pinos-Rodríguez *et al.*, 2012). Estos nutrientes presentes en las heces de los bovinos pueden variar en función de los animales y de los días, pueden excretar entre 16 al 30 % del N, entre el 8 a 80 % de K y entre 50 a 80 % de fósforo (Harris *et al.*, 2003; Van Horn *et al.*, 2003; Behling, 2006).

2.7 Escarabajos coprófagos

Los escarabajos coprófagos también llamados “estercoleros”, son llamados así porque tanto los adultos como los individuos en desarrollo se alimentan y reproducen usando excremento de grandes herbívoros. Cuando las especies que tienen preferencia por zonas abiertas y por excretas de ganado, colonizan los pastizales, encuentran su alimento más fácilmente y los que colonizan los pastizales ganaderos encuentran su alimento más fácilmente y la mayoría de ellos ayudan a limpiar el suelo al remover y/o enterrar el estiércol y usarlo para alimentarse y reproducirse (Martínez *et al.*, 2011; Basto-Estrella *et al.*, 2012).

Los escarabajos coprófagos son insectos coleópteros de la familia Scarabaeidae la cual incluye tres subfamilias coprófagas: Scarabaeinae, Aphodiinae y Geotrupinae (Martínez *et al.*, 2011). Casi todas las especies de Scarabaeinae, que es la subfamilia más numerosa, se encuentran en regiones tropicales y subtropicales, mientras que la mayoría de las otras dos subfamilias habitan en regiones templadas y frías (Morón, 2004; Martínez *et al.*, 2011; Basto-Estrella *et al.*, 2012).

Los escarabajos al igual que todos los coleópteros, tienen un par de alas duras o élitros que forman un estuche protector para las alas membranosas y las partes blandas del dorso del abdomen. Su forma varía de acuerdo con su sexo y el grupo al cual pertenecen. Por ser insectos su cuerpo tiene tres regiones: la cabeza, el tórax o pronoto y el abdomen (Martínez *et al.*, 2011; Figura 1).

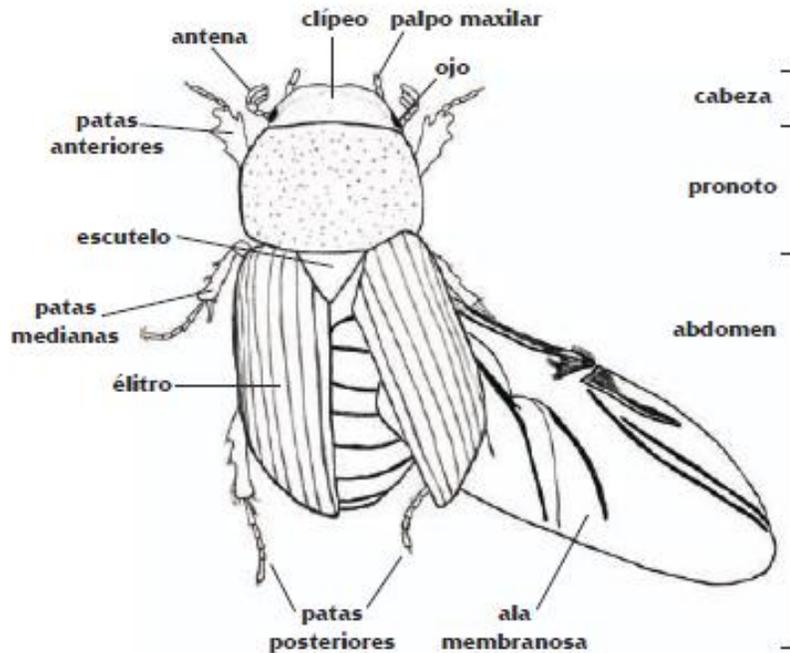


Figura 1. Esquema de las estructuras corporales externas del escarabajo morador, *Phlanolinellus vitattus* (tomado de Martínez *et al.*, 2011).

Los escarabajos coprófagos pueden tener diversos colores: negros, cafés, verdes con tonalidades metálicas e iridiscencias doradas o rojizas y con aspecto mate o brillante; miden desde poco más de 1 milímetro hasta 6 o 7 centímetros. Son de forma generalmente redondeada y cóncava, aunque también hay alargados y más o menos planos (Halfpter y Edmonds, 1982; Morón, 2003).

Los escarabajos coprófagos tienen diferentes estrategias de utilización de las excretas, pueden ser: a) Cavadores, que entierran pequeñas cantidades de estiércol en túneles que excavan debajo de las heces; b) Rodadores, que cortan pequeñas cantidades de estiércol, hacen pequeñas bolas, y las transportan a lugares cercanos, rodándolas y enterrándolas a poca profundidad; c) Moradores, que comen y viven dentro del estiércol (Halfpter y Matthews, 1966). El tipo de estrategia que realizan los escarabajos repercute de manera diferencial en sus funciones ecológicas, siendo las especies

cavadoras grandes, las más exitosas en muchas localidades conocidas (Shafiei *et al.*, 2001). Sin embargo, en algunas localidades secas, la alta abundancia de escarabajos rodadores los vuelve importantes en su aporte de excretas removidas y enterradas en el suelo.

Los escarabajos del estiércol son considerados como insectos ecológicos porque en el proceso de alimentarse y reproducirse rompen y airean las excretas, las remueven y las incorporan al suelo. Estas actividades provocan cambios en sus propiedades físicas y químicas que aceleran el metabolismo microbiano que las descompone (Nichols *et al.*, 2008; Louzada y Carvalho, 2009; Scholtz *et al.*, 2009). Los escarabajos modifican la estructura, humedad y aireación del suelo y evitan la pérdida de nutrientes porque se liberan más fácil y rápidamente y pasan a formar parte del ciclo de nutrientes del suelo como fósforo, potasio, amoníaco, nitrógeno y carbono. Estos elementos, además de enriquecer las propiedades del suelo, mantienen su composición y estructura, así como su capacidad de retención de aire y agua, lo que lo hace más fértil, además reducen las áreas de rechazo causadas por la acumulación de estiércol en zonas de descanso o rumia, ya que los animales no suelen pastorear alrededor del bolo fecal (Cruz *et al.*, 2012). También mediante la remoción de excretas, los escarabajos estercoleros ayudan a evitar problemas económicos y ecológicos controlando las poblaciones de organismos nocivos como las moscas del ganado, siendo dispersores secundarios de semillas y evitando la degradación y la compactación de los suelos (Martínez, 2011; Basto-Estrella *et al.*, 2012; Cruz *et al.*, 2012; Martínez *et al.*, 2015).

La acumulación de estiércol generado en los sistemas ganaderos puede provocar impactos ambientales negativos si no se tratan adecuadamente (Pinos-Rodríguez *et al.*, 2012). Una alternativa ecológica para evitar su acumulación y los problemas sanitarios asociados es el manejo biológico del suelo de los escarabajos estercoleros, ya que tienen la capacidad natural de incorporar las heces, fijar los nutrientes al suelo, y se encuentran de manera natural en los ambientes tropicales. Fomentar su presencia y actividad en los potreros no representa un gasto de producción (Behling, 2006).

2.7.1 Preferencias nutricionales de los escarabajos coprófagos

Los escarabajos del estiércol se alimentan de pequeñas partículas de la fracción líquida del estiércol, conocido también como detritus (Halffter y Edmonds 1982; Louzada y Carvalho, 2009; Scholtz, 2009), y pueden ser extremadamente selectivos con el tipo de estiércol que utilizan;

prefieren el estiércol fresco de herbívoros y seleccionan un tamaño de partícula que les haga posible su alimentación, además de elegir las excretas con mayor contenido de nitrógeno (Holter y Scholtz 2007). Por otro lado, Behling (2006), demostró que los escarabajos incorporan N y P al suelo, y que esta actividad aumenta cuando el estiércol se encuentra fresco, aunque algunas especies de escabajos (adultos) prefieren las excretas con 48 h de exposición. Además de que la cantidad incorporada depende del número de escarabajos. El contenido de nitrógeno se considera un indicador razonable de la “calidad” de estiércol herbívoro para los escarabajos y varía según la estación (Holter y Scholtz 2007; Scholtz *et al.*, 2009), siendo mayor en verano (época de lluvias) que en invierno (época seca).

Por otro lado, los escarabajos estercoleros al igual que otros insectos, experimentan una metamorfosis completa y para su nidificación construyen masas o bolas nido con el estiércol (Shafiei *et al.*, 2001; Martínez *et al.*, 2015), estas masas alimentan y albergan a sus crías durante el desarrollo (Halfiter y Edmonds, 1982; Arellano *et al.*, 2015; Arellano *et al.*, 2017). La calidad y cantidad de estas masas determina el tamaño del cuerpo adulto y el tamaño proporciona un indicador confiable de la calidad de la descendencia producida (Hunt y Simmons, 1998; Shafiei *et al.*, 2001; Arellano *et al.*, 2015).

3. HIPÓTESIS

Los ambientes de pastoreo con mayor diversidad de plantas ofrecen al ganado la oportunidad de seleccionar dietas más diversas incluyendo plantas de mayor calidad nutricional que se reflejará en características físico-químicas de las excretas que favorecen la actividad de remoción de los escarabajos coprófagos.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Establecer la relación existente entre la diversidad y calidad química de las plantas en la dieta de los bovinos con las características físico-químicas de las excretas y la actividad de remoción de los escarabajos coprófagos, en distintos ambientes de pastoreo.

4.2 Objetivos específicos

1. Realizar un estudio florístico de los ambientes seleccionados denominados ambientes de pastoreo, para diferenciarlos en base a su riqueza, diversidad y composición botánica.
2. Determinar la composición botánica y la composición química de las plantas más abundantes en la dieta del ganado bovino en cuatro ambientes de pastoreo (acahual, pastizal diverso, sistema silvopastoril y monocultivo de gramíneas), durante la época de lluvias.
3. Asociar las características químico-nutritivas de las plantas más abundantes en la dieta del ganado bovino, con las características físico-químicas de las excretas en los diferentes ambientes de pastoreo.
4. Asociar las características físico-químicas de las excretas que provienen de distintos ambientes de pastoreo con la dinámica de remoción de los escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae).

5. MATERIALES Y METODOS

5.1 Descripción del area de estudio

La investigación se llevó a cabo en el municipio de Paso de Ovejas, Veracruz (Figura 2), el cual fisiográficamente pertenece a la Llanura Costera del Golfo Sur, dentro de la región de montañas y sotavento, en el centro-sur de la entidad (Chiappy Jhones *et al.*, 2002; Ellis y Martínez, 2010). Su paisaje está formado geológicamente por campos de volcanes cuaternarios con lomeríos surgidos de procesos acumulativos endógenos, con erosión fluvial y un clima cálido húmedo. Los tipos de suelo presentes son en su mayoría son leptosoles y feozems (Chiappy Jhones *et al.*, 2002).

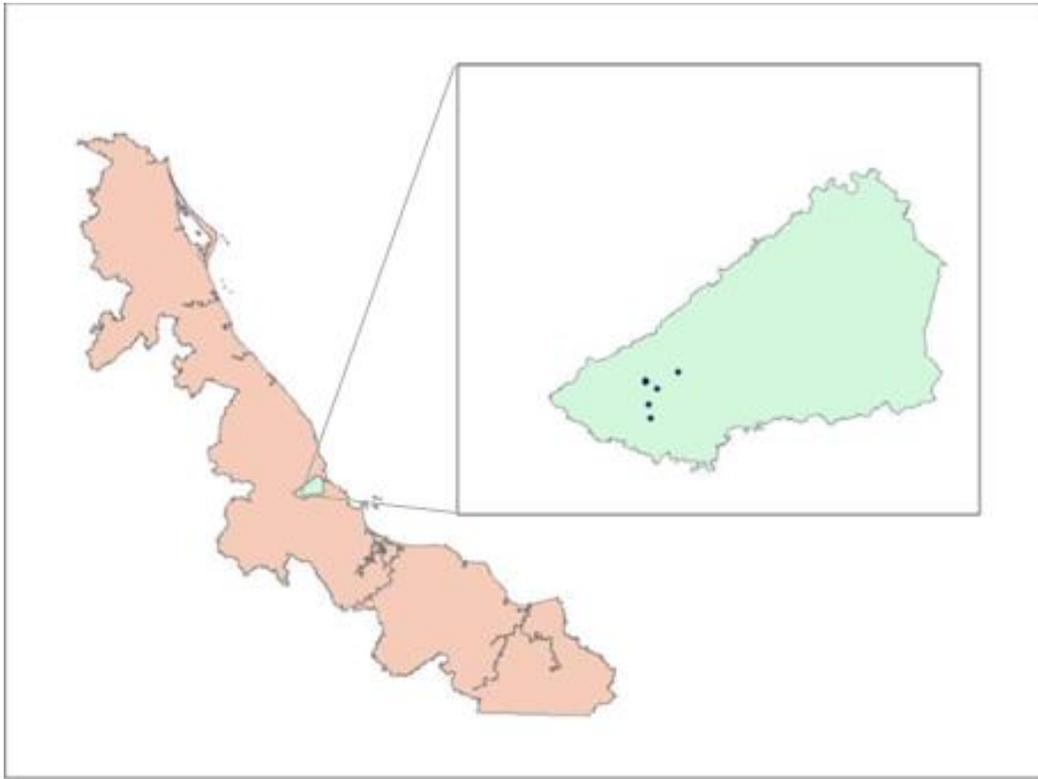


Figura 2. Ubicación del municipio Paso de Ovejas en el estado de Veracruz.

El clima predominante en estos ambientes es de tipo $Aw_0''(w)(i)'g$ (cálido-seco-regular) de acuerdo con la clasificación de Köppen adaptada por García (2004), que es el más seco de los cálidos subhúmedos, con una temperatura media anual de 25 °C, precipitación media anual menor a 1000 mm y lluvias abundantes en los meses de junio a septiembre; con periodos prolongados de secas (INAFED, 2010). La vegetación que dominaba en el paisaje estudiado era bosque tropical caducifolio (Gómez-Pompa, 1978). Actualmente un 20 % de su superficie incluye vegetación secundaria, mientras que el 40 % son paisajes transformados para uso agrícola como la siembra maíz, calabaza, sábila y pastizales ganaderos.

5.2 Descripción de los ambientes de estudio

Entre las coordenadas 19° 12' 30'' N, 96° 32' 30'' O y 19° 15' 0'' N y 96° 30' 0'' O, se seleccionaron ocho ambientes (potreros) dentro de ranchos independientes, que sostenían cuatro formas distintas de vegetación como base forrajera: monocultivos de gramíneas (M1 y M2), pastizales biodiversos (PB1 y PB2), sistemas silvopastoriles (SSP1 y SSP2) y acahuals maduros de bosque tropical

caducifolio (AM1 y AM2), todos los ambientes estaban en descanso, es decir, no habían sido pastoreados por al menos cuatro meses.

El ambiente de M1 se localiza sobre la carretera Paso de Ovejas–Acazónica, con una extensión aproximada de 1 ha, en donde predomina principalmente la gramínea *A. gayanus*; el M2 está ubicado en el camino hacia la comunidad de Patancán, cuenta con una extensión aproximada de 3 ha en el que predomina igualmente el pasto (Figura 3).



Figura 3. Vista de los ambientes de pastoreo denominados monocultivos 1 y 2 (M1 y M2).

Los ambientes PB1 y PB2 se localizan en el camino Angostillo – Xocotitla. El primero cuenta con una extensión aproximada de 4 ha, y el segundo de 18 ha, en estos sistemas predominan la asociación de distintas gramíneas, entre las que destacan *Hyparremia rufa* (jaragua) y *Megathyrsus maximus* (Privilegio), además de la presencia de árboles con distintos propósitos (forrajeros, madera, leña y sombra) asociados a distintas herbáceas (Figura 4).



Figura 4. Vista de los ambientes de pastoreo denominados Pastizal biodiverso 1 y 2 (PB1 y PB2).

El ambiente SSP1 está ubicado en la carretera Paso de Ovejas – Acazonica, tiene una extensión de 1.0 ha aproximadamente, en la cual se encuentran asociados dos tipos de árboles forrajeros (*G. ulmifolia*) y (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de With) con las gramíneas llanero (*A. gayanus*) y (*Brachiaria dictyoneura*) localmente conocido como pasto sabanero. El SSP2 está localizado en el camino hacia la comunidad de Patancán en el cual predomina la asociación de un tipo de árbol forrajero (*G. ulmifolia*) y una gramínea (*A. gayanus*) (Figura 5).



Figura 5. Vista de los ambientes de pastoreo denominados Sistemas silvopastoriles 1 y 2 (SSP1 y SSP2)

El ambiente de AM1 se encuentra ubicado en el camino a la comunidad de Xocotitla y tiene una extensión aproximada de 1 ha, en éste hay presencia de pasto (*Megathyrus maximus*), además de una diversidad de árboles, arbustos y hierbas. El ambiente AM2 se localiza en la carretera Paso de Ovejas – Acazonica con una extensión de 1.5 ha, la gramínea dominante era llanero (*Andropogon gayanus*), en ambos ambientes predomina la vegetación arbórea, seguida de arbustos y herbáceas (Figura 6).



Figura 6. Vista de los ambientes de pastoreo de acahuales maduros 1 y 2 (AM1 y AM2).

5.3 Composición florística de los ambientes

Se determinó la composición florística de cada ambiente durante la época de lluvias del año 2016. Se utilizó el método de cuadrantes (Mostacedo y Fredericksen, 2000). En cada ambiente se colocaron de siete a 10 cuadrantes de muestreo de 10 x 10 m, que se colocaron cada 25 m, dentro de cada marco se marcaron 3 cuadrantes anidados de 2 x 2 m (Figura 7). Dentro de los cuadrantes de 10 x 10 m se listaron los atributos generales del ambiente y de cada especie arbórea y arbustiva (Anexo 1) y dentro de los cuadrantes anidados se listaron todas las herbáceas y sus atributos (Anexo 2). La cantidad total de marcos de muestreo fue de 58 y el total de cada ambiente dependió del tamaño del mismo.

Durante el estudio se recolectaron ejemplares especie que no se pudieron identificar en campo, para identificarlos después en el herbario “Xal” del Instituto de Ecología A. C. La obtención de los ejemplares para la identificación de las especies se hizo siguiendo los métodos convencionales para la colecta y preparación de ejemplares de herbario como es descrito por la BCMF (1996) y Sánchez-González y González (2007) (Anexo 3).

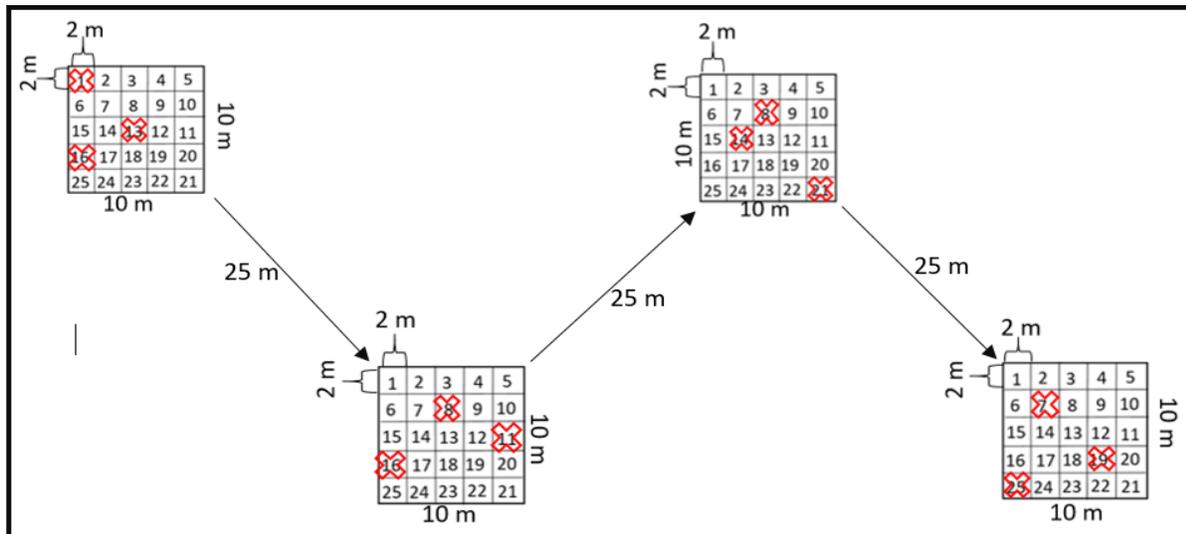


Figura 7. Ejemplo de la distribución de cuadrantes y cuadrantes anidados para realizar inventario florístico a lo largo de los ambientes.

5.4 Evaluación de la dieta del ganado

5.4.1 Composición de la dieta del ganado

Se evaluó la composición botánica de la dieta del ganado durante la época de lluvias, de julio a agosto de 2017. Esta evaluación implicó dos aspectos principales: la composición de especies de plantas de la dieta y el análisis de la calidad nutritiva de las plantas más abundantes en la dieta.

Para determinar la composición de la dieta se introdujeron de tres a cinco bovinos hembras adultas a pastorear en cada uno de los ambientes, por un periodo de cinco días consecutivos. Durante ese tiempo, en cada sitio se observaron entre tres y cinco vacas de 6:00 a 9:00 y de 16:00 a 19:00 h para evaluar la composición de la dieta con la técnica de conteo de bocados (Sanders *et al.*, 1980). Se observó a los animales de forma secuencial durante el pastoreo activo en lapsos de tres minutos, y se contó el número de bocados de cada especie de planta consumida y el total de especies consumidas por vaca (Anexo 4). Se registró como bocado la cantidad de alimento que era prensado

y cortado por el animal, sin importar que tan abundante era (Galli *et al.*, 1996). Los ejemplares usados para la elaboración de la colección del herbario se utilizaron como referencia para identificar las especies que las vacas consumieron, usando la técnica de conteo de bocados. Se calculó la diversidad de especies según Moreno (2001).

5.4.2 Muestreo y análisis químico de las plantas incluidas en la dieta

Durante la observación del ganado se tomaron muestras del follaje de las plantas que el ganado seleccionó. Estos muestreos se realizaron desde el primer día que el ganado inició el pastoreo (o pastoreo-ramoneo según el ambiente), y se eligieron las plantas más consumidas por las vacas en los lapsos que se les observaba. El criterio para tomar las muestras de forraje fue definido para cada planta el mismo día, por medio de la técnica de muestra simulada (Nuñez *et al.*, 2000), es decir, simulando los hábitos de pastoreo y de selección de los animales. Así, si las vacas incluían solo hojas de algunas plantas, las muestras incluían solo hojas, si las vacas incluían hojas y tallos tiernos, las muestras incluían esas mismas partes de la planta, y así sucesivamente. Las partes colectadas se cortaron a la misma altura que cortan los animales (altura simulada). Las muestras se colocaron en bolsas de papel y se introdujeron a bolsas de Nylon para ponerlas en refrigeración. Al finalizar los cinco días de pastoreo, se transportaron al laboratorio y se secaron en una estufa de aire forzado a 60 °C por 48 horas, y se molieron en un molino Wiley con criba de 1 mm, se etiquetaron y guardaron en bolsas Ziploc[®].

Se determinó la proteína cruda mediante el método de macro – Kjeldahl (AOAC 1980, 4.2.11). Para determinar el contenido de fibra cruda, se aplicó el método de la bolsa de filtro ANKOM con el equipo ANKOM (ANKOM Technology 2016) (Anexo 3) y finalmente se midió la digestibilidad *in situ* o de bolsa de nylon (Ørskov y McDonal, 1979), utilizando dos vacas con una fistula ruminal, a las que se alimentó con un alimento concentrado con 24 % de proteína durante 5 días previos a la prueba para homogenizar el ambiente ruminal (Anexo 5).

5.4.3 Elaboración del índice de calidad de la dieta

Se elaboró un índice de calidad de la dieta del ganado con la finalidad de dar un valor a la dieta de cada ambiente. En primer lugar, se listaron las especies muestreadas y sus contenidos de digestibilidad (DISMS), proteína cruda (PC) y fibra cruda (FC). Se asignó un peso para cada variable entre 0 y 1 (DISMS = 1 a 0.6, FC = 0.0-0.1, PC = 0.1-0.3) (Cuadro 1). Los valores se otorgaron con base en lo que la literatura reporta como principales indicadores de calidad en los forrajes del ganado bovino, cuyo indicador de calidad más común es la digestibilidad, seguido de la proteína y de la fibra cruda (Damodaran, 2000; Agnuscéi, 2007; Giraldo *et al.*, 2007; Hackman *et al.*, 2010) y se procedió a dar los valores a cada una de las especies.

Cuadro 1. Valores asignados a cada variable de composición química de las plantas presentes en la dieta del ganado en distintos ambientes de pastoreo, para formar el índice de calidad de dieta.

| Digestibilidad (%) | Valor | Proteína Cruda (%) | Valor | Fibra Cruda (%) | Valor |
|--------------------|-------|--------------------|-------|-----------------|-------|
| < 40 | 0.1 | < 8 | 0.10 | 10 – 20 | 0.10 |
| 41 – 50 | 0.2 | 9-17 | 0.20 | 21 – 30 | 0.06 |
| 51 – 60 | 0.3 | 18-25 | 0.30 | 31 – 40 | 0.03 |
| 61 – 70 | 0.4 | | | > 40 | 0.00 |
| 71 – 80 | 0.5 | | | | |
| 81 – 90 | 0.6 | | | | |

Se elaboraron rangos de contenido por variable (DISMS: seis rangos entre 40-90 %, FC: cuatro rangos entre 10-40 % y PC: tres rangos entre 8-25 %) y se calcularon los valores de calidad para cada rango de todas las variables, según el número de especies más abundantes en la dieta (Cuadro 2), el número máximo de especies en la dieta fue cinco. Cada valor se obtuvo dividiendo el valor otorgado a una especie entre el número de especies presentes en la dieta, por ejemplo, una vaca con dos especies más abundantes en la dieta, con una especie que tiene 50 % de digestibilidad y otra con 60 %, suma un valor de calidad de 0.25 por digestibilidad, si contiene 35 y 42 % de FC suman un valor de 0.015 %, con 10 y 15 % de PC suman un valor de 0.2, la suma de todos los valores (0.55) es el índice de calidad de dieta asignado a esa vaca.

Cuadro 2. Valores asignados a cada variable de calidad en la dieta del ganado en distintos ambientes de pastoreo.

| N° de Especies | Rangos para las variables | | | | | |
|----------------|---|---------|---------|---------|---------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| |Valores de calidad por digestibilidad..... | | | | | |
| | < 40 | 41 - 50 | 51 - 60 | 61 - 70 | 71 - 80 | 81 -90 |
| 1 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 |
| 2 | 0.05 | 0.1 | 0.15 | 0.2 | 0.25 | 0.3 |
| 3 | 0.033 | 0.07 | 0.10 | 0.13 | 0.17 | 0.20 |
| 4 | 0.025 | 0.05 | 0.075 | 0.1 | 0.125 | 0.15 |
| 5 | 0.02 | 0.04 | 0.06 | 0.08 | 0.1 | 0.12 |
| |Valores de calidad por fibra cruda..... | | | | | |
| | 10 - 20 | 21 - 30 | 31 - 40 | > 40 | | |
| 1 | 0.10 | 0.06 | 0.03 | 0 | | |
| 2 | 0.05 | 0.03 | 0.015 | 0 | | |
| 3 | 0.033 | 0.020 | 0.010 | 0 | | |
| 4 | 0.025 | 0.015 | 0.0075 | 0 | | |
| 5 | 0.02 | 0.012 | 0.006 | 0 | | |
| |Valores de calidad por proteína cruda..... | | | | | |
| | < 8 | 9-17 | 18-25 | | | |
| 1 | 0.10 | 0.20 | 0.30 | | | |
| 2 | 0.05 | 0.1 | 0.15 | | | |
| 3 | 0.033 | 0.067 | 0.100 | | | |
| 4 | 0.025 | 0.05 | 0.075 | | | |
| 5 | 0.02 | 0.04 | 0.06 | | | |

5.5 Composición físico-química de las heces del ganado

Para determinar la composición físico-química de las heces del ganado se tomaron muestras de las excretas de cada individuo, del tercero al quinto día de pastoreo en cada uno de los ambientes. Las muestras se tomaron inmediatamente después de la evacuación y se recolectó únicamente la parte de la muestra que no había tenido contacto con el suelo. Todas las muestras se mantuvieron en refrigeración, y al final de los cinco días, todas las muestras de cada individuo se mezclaron homogéneamente para obtener una muestra compuesta de 100 g de cada individuo, que se guardó en bolsas de nylon. Estas muestras se secaron en una estufa de aire forzado a 60 °C por 72 horas, pasado ese tiempo se tomaba el peso final, con el fin de obtener el contenido de materia seca (MS). Una vez deshidratadas, las muestras se molieron en un molino Wiley con criba de 1 mm y se conservaron en bolsas Ziploc® etiquetadas debidamente para su traslado al laboratorio de forrajes del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) de La

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), donde se estimó N por medio de la técnica de macro-Kjeldahl (AOAC 1980, 4.2.11).

Se analizó el contenido de fósforo y potasio en el laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Plantas del Instituto de Ecología A.C. El contenido de potasio se obtuvo mediante espectrometría con el Fotoflamómetro 410 (Corning ®, EE. UU). La cuantificación del fósforo se hizo con el método molibdovanadato amarillo a 470 en un Espectrofotómetro visible 21D Spectronic. (Artisan Technology Group ®, EE. UU).

5.6 Remoción de heces por escarabajos

Se evaluó la remoción de heces por los escarabajos del estiércol (Coleoptera: Scarabaeinae) durante el periodo de 11 de julio al 28 de agosto de 2017. Se obtuvieron muestras de heces de todos los ambientes. En cada ambiente se recolectaron muestras de cada vaca durante los últimos 3 días del periodo de cinco días en que los animales permanecieron en cada ambiente, con el fin de obtener excretas provenientes de la dieta del lugar y no de lo que hubieran comido antes.

Las muestras de estiércol de cada día y de cada vaca se marcaron y guardaron en refrigeración, el día cinco del periodo se mezclaron las muestras de los tres días de cada individuo y se obtuvo una muestra compuesta por individuo por ambiente. Al siguiente día de terminar la recolección de heces (sexto día del periodo) se sacaron de refrigeración y se dejaron reposar a temperatura ambiente una hora antes de colocar las trampas con la finalidad de que al momento de colocarlas en los ambientes fueran atractivas para los escarabajos.

Las trampas se prepararon utilizando la técnica descrita por Arellano (2016). Se simuló el suelo que los escarabajos usan como sustrato de nidificación colocando macetas con tierra. En cada parcela se distribuyeron entre seis y diez macetas (dos macetas por vaca) separadas a una distancia de 50 metros. Cada maceta midió 19 cm de altura por 32 cm de diámetro con un corte longitudinal que permitió separarlas en dos partes. Las macetas se rellenaron con nueve kilogramos de tierra y se enterraron a ras de suelo. Encima de estas se colocó una rejilla de plástico con una luz de 2.7 x 2.4 centímetros (Figura 3). La rejilla sostuvo, entre 1.50 y 1.86 kg de estiércol. A todas las macetas se les colocaron techos de fibra de vidrio inclinados para evitar la saturación de la tierra con agua

de lluvia. Los experimentos (macetas y boñigas) duraron 72 horas, después de las cuales se extrajo la maceta, se pesó la boñiga y se buscaron los ejemplares contenidos en la misma. Después se abrió por la mitad de forma longitudinal y se midió la profundidad de las galerías.

Para buscar a los escarabajos coprófagos y el estiércol enterrado en las galerías, la tierra se removió con una espátula (Figura 8). Los escarabajos encontrados se extrajeron de las macetas, se identificaron en campo e inmediatamente se liberaron. En los casos en que había duda sobre la especie, los individuos se llevaron al laboratorio para separarlos e identificarlos. El estiércol enterrado se colocó en bolsitas de plástico y se pesó, anotando a qué especie de escarabajo pertenecía y la profundidad a la que se encontró.

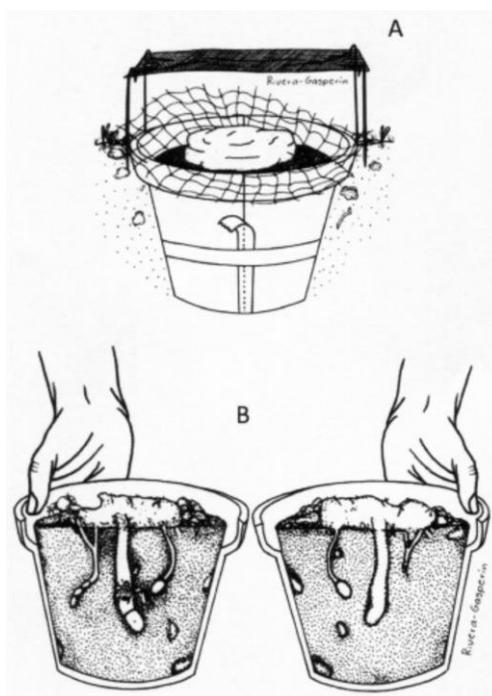


Figura 8. Esquema del método para cuantificar la remoción de estiércol por escarabajos coprófagos: Diseño de la maceta experimental (A) y maceta en corte longitudinal que muestran las galerías, los escarabajos y el estiércol removido (B), tomado de Arellano 2016.

5.7 Análisis estadísticos

Se calculó la riqueza de especies de plantas (R) y la diversidad florística de los ambientes de pastoreo utilizando el índice de Shannon (H'), en el programa estadístico R Studio versión 3.4.3 (The “R” Foundation for Statistical Computing Platform, 2014). Para calcular la similitud de

especies entre los sitios, se utilizó el índice de Sorensen (IS). Después se elaboró una matriz de datos binarios (presencia-ausencia de especies entre sitios) con la que se realizó una clasificación jerárquica y se obtuvo un dendograma de similitud. Se intentaba analizar qué tan similares eran los pares de ambientes de pastoreo elegidos: los dos ambientes de acahual, los ambientes de pastizal biodiverso, y así sucesivamente.

La riqueza de especies y la diversidad florística de la dieta se calculó de la misma manera que para los ambientes de pastoreo. Se hizo una matriz con los datos de la frecuencia de bocados para cada especie de planta en la dieta, y se normalizaron. Con los datos obtenidos de riqueza y diversidad de especies (índice de Shannon) se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) totalmente al azar para determinar si las dietas de vacas en cada par de ambientes eran similares o no, con el programa Statistical Analysis System (SAS 9.4, 2010, SAS Incorporation Institute, Cary, N. J., USA) utilizando el procedimiento PROC GLM. Se realizó una clasificación jerárquica y se obtuvo un dendograma de similitud, utilizando el programa estadístico R Studio versión 3.4.3. 3 (The “R” Foundation for Statistical Computing Platform, 2014). Se llevó a cabo un Análisis Canónico de Correspondencias (ACC), para relacionar la abundancia de especies en los sitios con la abundancia de especies en la dieta y el índice de calidad de la dieta, para esto se utilizó el software estadístico para Excel XLSTAT versión 2018.7 (XLSTAT, 2018).

Las variables de calidad de las excretas se sometieron a pruebas de normalidad y se les realizó un análisis de varianza totalmente al azar (ANDEVA), con el programa Statistical Analysis System (SAS 9.4, 2010, SAS Incorporation Institute, Cary, N. J., USA) utilizando el procedimiento PROC GLM. Posteriormente se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) para analizar las correlaciones entre las variables medidas en las excretas y la calidad de la dieta en los ambientes de pastoreo.

Se compararon los datos de composición química (N, P y K) de las excretas entre ambientes con un análisis de varianza para un diseño completamente al azar, utilizando el procedimiento GLM, y se analizaron las correlaciones entre calidad de dieta, excretas removidas y los nutrientes en las excretas con el procedimiento CORR (Statistical Analysis System (SAS 9.4, 2010, SAS Incorporation Institute, Cary, N. J., USA).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Riqueza y diversidad florística de los ambientes de pastoreo

A través de todos los ambientes de pastoreo estudiados se identificaron un total de 303 especies de plantas, pertenecientes a 55 familias (Anexo 5). La riqueza de especies osciló entre 43 y 125 y la diversidad de especies estimadas fue la más alta tanto para los ambientes de acahual maduro como para el pastizal biodiverso 1. Los sistemas silvopastoriles tuvieron una diversidad media y el pastizal biodiverso 2, así como los monocultivos tuvieron una diversidad baja (Cuadro 3), siguiendo la clasificación de Aguirre (2013).

Cuadro 3. Riqueza y diversidad de especies (H') en los ambientes de pastoreo evaluados en agosto del 2016

| Ambiente de Pastoreo | Riqueza (número de especies) | Diversidad (Shannon H') |
|-----------------------|------------------------------|----------------------------|
| Acahual maduro2 | 125 | 3.9 |
| Acahual maduro1 | 106 | 3.7 |
| Pastizal biodiverso 1 | 106 | 3.5 |
| Silvopastoril 2 | 90 | 3.4 |
| Silvopastoril 1 | 78 | 3.4 |
| Pastizal biodiverso 2 | 77 | 2.8 |
| Monocultivo 1 | 67 | 1.6 |
| Monocultivo 2 | 43 | 1.7 |

Por la naturaleza de esta investigación se eligieron dos sitios que representaran a cada uno de los ambientes de pastoreo estudiados (acahuales, sistemas silvopastoriles, pastizales biodiversos y monocultivos), buscando que hubiera la mayor similitud dentro de cada par, sin embargo, la similitud entre pares, no fue alta, o sea mayor a 80 % (Cuadro 4). Se observó que los dos sitios de acahual y los dos de sistemas silvopastoriles fueron medianamente similares ($IS= 0.54$ y 0.57 , respectivamente) compartiendo alrededor del 50 % de las especies, mientras que, los sitios de pastizal biodiverso ($IS = 0.48$) y los de monocultivos ($IS = 0.41$) fueron menos similares entre sí, siendo los monocultivos los que menos especies compartieron (23). La similitud entre sitios no pares en general fue menor, que entre sitios pertenecientes al mismo ambiente de pastoreo.

Cuadro 4. Similitud en la composición florística (índice de Sorensen) entre ambientes de pastoreo y entre pares dentro de cada ambiente (numerales 1 y 2)

| Sorensen | AM2 | PB1 | SSP1 | PB2 | SSP2 | M1 | M2 |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| AM1 | 0.54 (62) | 0.39 (41) | 0.35 (32) | 0.39 (35) | 0.29 (28) | 0.23 (20) | 0.22 (16) |
| AM2 | | 0.32 (37) | 0.23 (23) | 0.29 (29) | 0.18 (19) | 0.17 (16) | 0.21 (18) |
| PB1 | | | 0.54 (50) | 0.48 (44) | 0.41 (40) | 0.31 (27) | 0.31 (23) |
| SSP1 | | | | 0.47 (36) | 0.57 (48) | 0.44 (32) | 0.35 (21) |
| PB2 | | | | | 0.38 (32) | 0.33 (24) | 0.22 (13) |
| SSP2 | | | | | | 0.43 (34) | 0.41 (27) |
| M1 | | | | | | | 0.42 (23) |

Los valores entre paréntesis representan el número de especies compartidas entre ambientes. Los ambientes evaluados fueron monocultivos de gramíneas (M1 y M2), sistemas silvopastoriles (SSP1 y SSP2), pastizales biodiversos (PB1 y PB2) y acahuals (AM1 y AM2).

Los ambientes se agruparon jerárquicamente con base a la presencia o ausencia de especies en cada uno de ellos. De manera general se diferenciaron tres grupos, el primero lo formaron los acahuals, el segundo se integró por los pastizales biodiversos (1 y 2) y el sistema silvopastoril 1, finalmente el tercer grupo se formó por los monocultivos (1 y 2) y el sistema silvopastoril 2 (Figura 9).

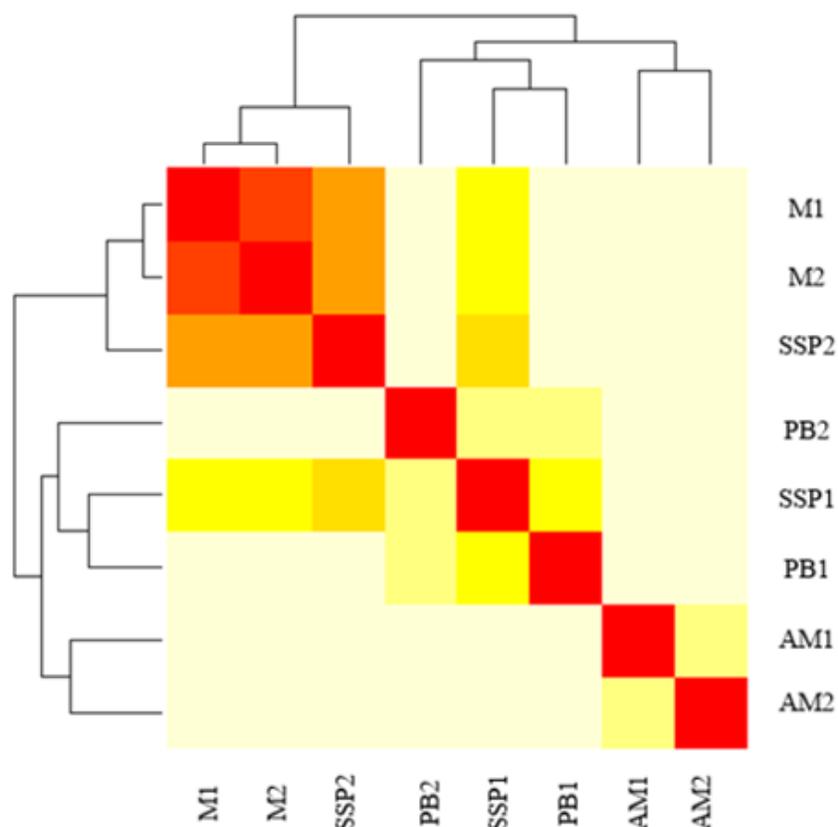


Figura 9. Clasificación jerárquica de ambientes de pastoreo (basada en la riqueza de especies). Los ambientes evaluados fueron monocultivos de gramíneas (M1 y M2), sistemas silvopastoriles (SSP1 y SSP2), pastizales biodiversos (PB1 y PB2) y acahuals (AM1 y AM2).

Los ambientes de acahual maduro incluyeron un mayor número de familias taxonómicas (37 a 42), en cambio, en los monocultivos se registraron menos familias (17 a 18; Cuadro 5). Los sistemas silvopastoriles y los ambientes biodiversos tuvieron un número de familias intermedio y la variación entre ellos fue mínima. Los contrastes más evidentes en la estructura de la vegetación se observaron entre los acahuals y el resto de los ambientes (Cuadro 5), particularmente debido a la presencia de árboles y las lianas. Otro contraste se observó en el monocultivo 1 donde hubo mayor presencia de herbáceas de hoja ancha y bejucos.

Cuadro 5. Frecuencia de familias y formas de vida (%) con base a presencia y ausencia de las especies en cada ambiente de pastoreo.

| Ambiente | Familias | Árboles (%) | Arbustos (%) | Herbáceas | | Lianas (%) |
|----------|----------|-------------|--------------|---------------|--------------------------|------------|
| | | | | Gramíneas (%) | Hoja ancha y bejucos (%) | |
| M1 | | | | | | |
| M2 | | | | | | |
| SSP2 | | | | | | |
| PB2 | | | | | | |
| SSP1 | | | | | | |
| PB1 | | | | | | |
| AM1 | | | | | | |
| AM2 | | | | | | |

| | | | | | | |
|-----------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| Acahual m. 1 | 37 | 34.91 | 26.42 | 4.72 | 28.3 | 5.66 |
| Acahual m. 2 | 42 | 35.25 | 28.69 | 1.64 | 27.68 | 10.66 |
| P. biodiverso 1 | 28 | 10.38 | 20.75 | 10.38 | 27.35 | 0.94 |
| Silvopastoril 1 | 21 | 12.82 | 19.23 | 7.69 | 26.14 | 0 |
| P. biodiverso 2 | 25 | 12.99 | 25.97 | 7.79 | 32.67 | 2.6 |
| Silvopastoril 2 | 23 | 15.56 | 8.89 | 8.89 | 30.25 | 0 |
| Monocultivo 1 | 18 | 16.42 | 14.93 | 4.48 | 35.52 | 0 |
| Monocultivo 2 | 17 | 18.6 | 20.93 | 6.98 | 25.91 | 0 |

En general, la riqueza y la diversidad de especies en los sitios presentaron la tendencia que se esperaba, disminuyendo desde los sitios más biodiversos hasta los menos biodiversos, aunque los sistemas silvopastoriles y los pastizales biodiversos tendieron a entremezclarse y no diferenciarse entre sí; mientras que los monocultivos mantuvieron un nivel de biodiversidad, aun cuando su propósito es sostener una sola especie forrajera. La riqueza y especies asociadas en estos ambientes de pastoreo puede obedecer al proceso de sucesión, pero también al manejo, que es más intenso en los monocultivos para mantener una sola especie. En este estudio, se encontró que aun los sistemas silvopastoriles que son asociaciones de dos a tres especies de plantas mantenían mayor diversidad, debido al poco manejo de la vegetación asociada. El manejo de los pastizales biodiversos es menos intenso en cuanto al control de la vegetación y en los acahuales, el manejo se limita solo al pastoreo estacional. Las diferencias entre los pares de sitios del mismo ambiente obedecen a diferencias en el manejo que cada propietario hace (frecuencia e intensidad de pastoreo, control de la vegetación, quemas, fertilización ocasional, resiembra de gramíneas, entre otras) en el caso de todos los ambientes y también del tiempo de abandono en el caso de los acahuales.

En general la composición del estrato herbáceo de la vegetación fue similar en los ambientes de pastoreo y parecido a lo reportado por otros autores (Hickman *et al.*, 2004; Velazquez-Martinez *et al.*, 2011). Una respuesta a lo encontrado puede ser que cerca de 50 % de las especies en los pastizales tropicales de Veracruz pertenecen al estrato herbáceo, debido probablemente a la gran perturbación (De la Cruz *et al.*, 2017). Estos resultados indican que el ganado dispone de una diversidad media a alta en el estrato herbáceo de la que puede elegir su dieta, incluso en los ambientes con baja diversidad existen variedad de especies de las que pueden elegir, y dar lugar a una buena interacción entre planta- herbívoro, ya que según Serrano *et al.* (2014), entre más oferta forrajera hay en los potreros más se beneficia el ganado y esto se refleja en una dieta diversa y de

buena calidad (Hickman *et al.*, 2004), especialmente en la época seca, que aunque en este trabajo no fue evaluada, es sabido que en esta zona el ganado sufre escasez de forraje y los ambientes con mas biodiversidad pueden ofrecer especies forrajeras leñosas productoras de frutos que tambien son comestibles para el ganado en esa época (Bautista-Tolentino *et al.*, 2011; Gomez-Fuentes *et al.*, 2016).

En este estudio se incluyeron pares de ambientes de pastoreo buscando similitud en su riqueza y diversidad de especies, que permitieran posteriormente identificar una asociación con la composición de la dieta y de las heces del ganado, los resultados por un lado indican que la similitud dentro de cada par no es tan alta, pero si se consiguió un gradiente de riqueza y diversidad desde alta en los ambientes de vegetación secundaria a baja en los monocultivos. Esto da la pauta para relacionar posibles diferencias en la composición de las dietas con la composición de los ambientes de pastoreo.

6.2 Riqueza y diversidad florística de la dieta

Se identificaron un total de 84 especies de plantas en la dieta de las vacas, a través de todos los ambientes estudiados. Estas especies pertenecen a 21 familias, y el mayor número de especies en la dieta pertenecían a las familias Fabaceae (23 especies), Asteraceae (11 especies) y Poaceae (10 especies), que sumadas representaron el 52 % del total de las especies en la dieta del ganado; y en general, en la dieta predominaron las gramíneas y las herbáceas de hoja ancha, incluyendo bejucos (Anexo 4).

Cuadro 6. Frecuencia de familias y riqueza total de especies en la dieta de las vacas de diferentes ambientes de pastoreo.

| Ambientes de pastoreo | Familias (frecuencia) | Riqueza de especies |
|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| Acahual maduro 1 | 13 | 30 |
| Acahual maduro 2 | 13 | 27 |
| Pastizal biodiverso 2 | 14 | 26 |
| Silvopastoril 2 | 8 | 20 |
| Silvopastoril 1 | 6 | 19 |
| Pastizal biodiverso 1 | 3 | 11 |
| Monocultivo 1 | 7 | 17 |
| Monocultivo 2 | 6 | 14 |

Las vacas mantuvieron mayor riqueza específica de especies en su dieta en los ambientes de acahual ($P < 0.0001$) y en el sistema silvopastoril 1 ($p < 0.0007$), en contraste con las dietas que se registraron en otros ambientes de pastoreo como en el monocultivo 2 y en el pastizal biodiverso 1 que tuvieron menor riqueza específica. La diversidad de la dieta fue similar entre ambos ambientes de monocultivo y en el pastizal biodiverso 1 ($P < 0.0001$; Cuadro 7).

Cuadro 7. Riqueza y diversidad promedio de especies (Media \pm EE) en la dieta de bovinos pastoreando en distintos ambientes, durante la época de lluvias del 2017

| Ambiente de pastoreo | Riqueza (número de especies) | Diversidad de especies (Shannon H') |
|-----------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| Acahual maduro 1 | 17.2 \pm 2.14 a | 2.1 \pm 0.06 a |
| Acahual maduro 2 | 15.25 \pm 1.88 a | 2.2 \pm 0.11 a |
| Pastizal biodiverso 1 | 6.2 \pm 0.58 c | 0.9 \pm 0.03 c |
| Silvopastoril 2 | 10.5 \pm 1.18 b | 1.0 \pm 0.07 bc |
| Silvopastoril 1 | 13 \pm 1.34 a | 1.5 \pm 0.03 b |
| Pastizal biodiverso 2 | 11.4 \pm 1.47 ab | 1.3 \pm 0.15 b |
| Monocultivo 1 | 9.2 \pm 2.6 b | 0.6 \pm 0.21 c |
| Monocultivo 2 | 6.4 \pm 0.51 c | 0.8 \pm 0.08 c |

Las dietas de las vacas pastando en los distintos sitios se diferenciaron en dos grupos relacionados con el ambiente de pastoreo y el número de especies que consumen (Figura 5). El primer grupo integró a las vacas de los acahuales y de los pastizales biodiversos que incluyeron en su dieta un mayor número de especies, mientras que el segundo grupo integró a las vacas de los sistemas silvopastoriles y monocultivos, que incluyeron en su dieta un menor número de especies. En el primer grupo las dietas más similares entre sí, fueron las de los pastizales biodiversos, en el segundo grupo fueron las dietas en los monocultivos.

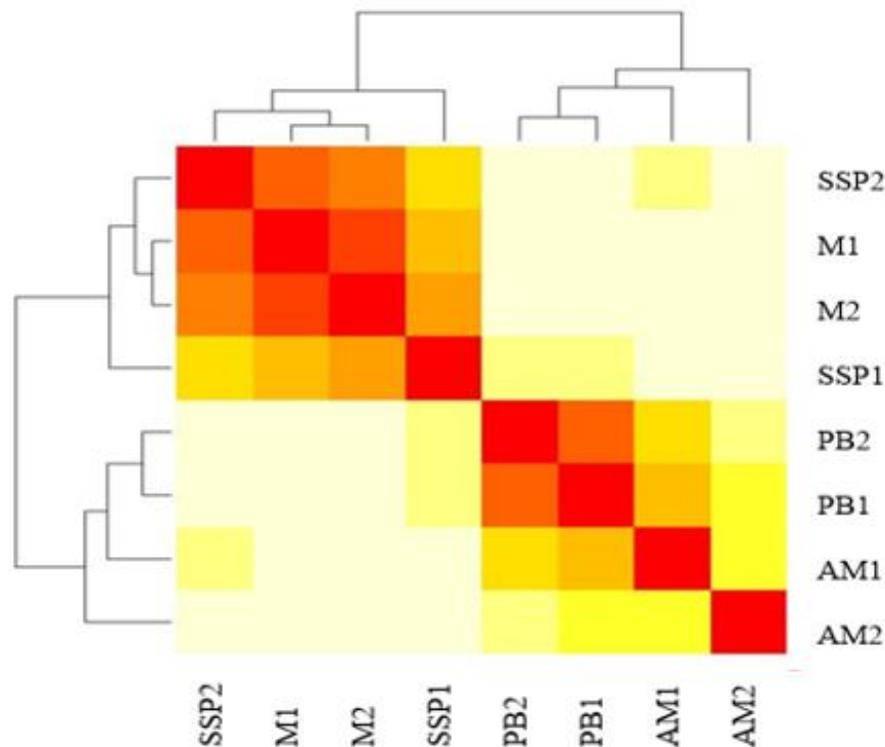


Figura 10. Clasificación jerárquica de las dietas de vacas en distintos ambientes de pastoreo basada en la riqueza de especies en la dieta. Las dietas se evaluaron en monocultivos de gramíneas (M1 y M2), sistemas silvopastoriles (SSP1 y SSP2), pastizales biodiversos (PB1 y PB2) y acahuales (AM1 y AM2).

En la mayoría de los ambientes de pastoreo, las vacas incluyeron en su dieta plantas de todos los estratos (Cuadro 8), sin embargo, las dietas se conformaron en su mayoría por plantas herbáceas; aunque las vacas incluyeron de todos los estratos a su alcance, las gramíneas fueron las más representativas en la dieta en casi todos los ambientes (hasta en un 89.9 %), a excepción de la dieta en los acahuales, en donde las vacas incluyeron de una manera más equilibrada plantas de todos los estratos, e incluyeron entre 31.4 y 54 % de herbáceas en la dieta.

Cuadro 8. Composición botánica (%) de la dieta de bovinos en pastoreo y porcentaje de inclusión de las especies de plantas en la dieta por estratos de vegetación.

| Ambiente | Herbáceas | | | |
|-----------------------|---------------|--------------------------|---------------|-------------|
| | Gramíneas (%) | Hoja ancha y bejucos (%) | Arbustivo (%) | Arbóreo (%) |
| Acahual Maduro 1 | 26.8 | 27.2 | 3.8 | 30.5 |
| Acahual maduro 2 | 15 | 16.4 | 13.5 | 11 |
| Pastizal biodiverso 1 | 98 | 3.5 | 0 | 0 |
| Silvopastoril 2 | 66 | 3.6 | 3 | 29 |
| Silvopastoril 1 | 74.7 | 3.7 | 1.3 | 12.5 |
| Pastizal biodiverso 2 | 83 | 5.8 | 2 | 9.7 |
| Monocultivo 1 | 89.9 | 5.5 | 4 | 0.3 |

| | | | | |
|---------------|----|-----|-----|-----|
| Monocultivo 2 | 97 | 3.6 | 0.7 | 1.4 |
|---------------|----|-----|-----|-----|

A pesar de toda la diversidad de especies y de estratos incluidos en la dieta de los bovinos, hubo especies dominantes en la dieta tanto en los pastizales biodiversos, como en los monocultivos y en el sistema silvopastoril 2. La dieta estuvo formada de manera general por una o dos especies de plantas que representaron del 80 al 91 % de la dieta, y únicamente en los acahuales y el sistema silvopastoril 1 los bovinos incluyeron de cuatro a cinco especies que representaban del 56 al 83 % del total de las especies en su dieta (Cuadro 9).

Cuadro 9. Especies de mayor consumo (%) en la dieta de bovinos en distintos ambientes de pastoreo.

| Ambiente | Número de especies | Inclusión en la dieta (%) |
|-----------------------|--------------------|---------------------------|
| Acahual maduro 1 | 5 | 56 |
| Acahual maduro 2 | 4 | 61 |
| Pastizal biodiverso 1 | 2 | 91 |
| Silvopastoril 2 | 2 | 91 |
| Silvopastoril 1 | 4 | 83 |
| Pastizal biodiverso 2 | 2 | 82 |
| Monocultivo 1 | 1 | 80 |
| Monocultivo 2 | 2 | 91 |

Las plantas más consumidas en todos los sitios fueron gramíneas de distintas especies, debido a que casi en todos los sitios (excepto en los acahuales) era el estrato más abundante, pero además es el tipo de vegetación al que están más acostumbrados los bovinos en pastoreo. En los sistemas silvopastoriles, los árboles desempeñaron una función importante en la dieta, pero no fueron consumidos más que las gramíneas. En los acahuales las vacas consumieron especies de todos los estratos incluyendo bejucos y otro tipo de herbáceas y arbustos (Cuadro 10).

Cuadro 10. Especies más abundantes en la dieta de bovinos en los distintos ambientes de pastoreo

| Ambiente | Especie | Abundancia en la dieta (%) |
|------------------|----------------------------|----------------------------|
| Acahual Maduro 1 | <i>Serjania racemosa</i> | 8 |
| | <i>Leucaena lanceolata</i> | 7 |
| | <i>Megathyrsus maximus</i> | 25 |
| | <i>Diphysa minutifolia</i> | 6 |
| | <i>Guazuma ulmifolia</i> | 11 |
| Acahual Maduro 2 | <i>Megathyrsus maximus</i> | 15 |

| | | |
|-----------------------|-------------------------------|----|
| | <i>Lasciasis rugelii</i> | 32 |
| | <i>Ipomea</i> sp. | 7 |
| | <i>Randia punctata</i> | 6 |
| Pastizal biodiverso 1 | <i>Megathyrsus maximus</i> | 64 |
| | <i>Hyparrhenia rufa</i> | 28 |
| Silvopastoril 2 | <i>Guazuma ulmifolia</i> | 28 |
| | <i>Andropogon gayanus</i> | 63 |
| | <i>Andropogon gayanus</i> | 28 |
| Silvopastoril 1 | <i>Leucaena leucocephala</i> | 11 |
| | <i>Brachiaria dictyoneura</i> | 28 |
| | <i>Hyparrhenia rufa</i> | 16 |
| Pastizal biodiverso 2 | <i>Megathyrsus maximus</i> | 39 |
| | <i>Hyparrhenia rufa</i> | 43 |
| Monocultivo 1 | <i>Andropogon gayanus</i> | 80 |
| | <i>Andropogon gayanus</i> | 67 |
| Monocultivo 2 | <i>Brachiaria dictyoneura</i> | 24 |

La riqueza y la diversidad de especies en la dieta de los bovinos fue en el mismo gradiente que la diversidad que ofrecía cada ambiente, sin embargo, si hubo diferencias en las dietas en los ambientes con mas riqueza y diversidad. En la mayoría de las dietas fueron una o dos las especies más consumidas, a excepción de los acahuales y un sistema silvopastoril. Esta elección de la dieta por parte de los bovinos puede deberse a sus aprendizajes previos de alimentación, selección e ingesta (Provenza, 1995; Johnson, 2011), que se reflejan en la exploración y consumo de las especies más apetecibles y que más volumen le dan a la dieta y de las cuales saben que obtendrán ciertos beneficios (Ochoa *et al.*, 2017). No obstante, debe tomarse en cuenta que estas especies no representan el total del consumo de los animales, sino solo lo que consumían con mayor frecuencia en las horas de pastoreo activo y que los listados de especies con menor frecuencia de consumo son más largos

Los resultados de diversidad en la dieta son similares a lo reportado por Velazquez-Martinez *et al.* (2011) que en ambientes de selva secundaria identificaron a las especies de la familia Fabaceae como unas de las mas abundantes y las consideraron como una fuente de forraje importante para la producción animal. Por otro los porcentajes de inclusión encontrados en este trabajo coinciden con reportes que indican que, en ambientes de pastizal natural, áreas boscosas y selva secundaria tropical, el ganado incluye en su dieta distintas especies con diferente frecuencia y que los estratos

más consumidos son las herbáceas de hoja ancha y las gramíneas (Velazquez-Martinez *et al.* 2011; Fernández *et al.* 2014).

6.3 Calidad de la dieta en los distintos ambientes de pastoreo

El contenido nutritivo de las plantas en la dieta de las vacas fue variable; la digestibilidad de la materia seca de la mayoría de las especies superó el 60 % considerado bueno (Giraldo *et al.*, 2007; Alatorre-Hernández *et al.*, 2018). Las especies con mayor digestibilidad fueron: *Randia punctata*, *Megathyrsus maximus* y *Andropogon gayanus*, muestreados en el acahual 1, acahual 2 y en el sistema silvopastoril 2, respectivamente. El contenido de proteína cruda osciló de 5.3 a 22.9 %, los mayores porcentajes fueron de especies arbóreas pertenecientes al acahual 1 y el sistema silvopastoril. El porcentaje de fibra cruda llegó a ser hasta del 40.7 %, los valores más bajos de fibra se encontraron en especies del acahual 1 y el sistema silvopastoril 1.

Cuadro 11. Características químicas de las especies más abundantes en la dieta del ganado en distintos ambientes de pastoreo

| Ambiente | Especie | DISMS* (%) | Proteína Cruda (%) | Fibra Cruda (%) |
|-----------------------|------------------------|------------|--------------------|-----------------|
| Acahual maduro 1 | <i>G. ulmifolia</i> | 73.5 | 11.7 | 28 |
| | <i>D. minutifolia</i> | 72.1 | 10.9 | 22.4 |
| | <i>L. lanceolata</i> | 66.8 | 15.7 | 33.1 |
| | <i>M. maximus</i> | 58.6 | 10 | 40.7 |
| | <i>S. racemosa</i> | 44.9 | 9 | 30 |
| Acahual maduro 2 | <i>R. punctata</i> | 87.6 | 13.1 | 11.7 |
| | <i>C. rufipes</i> | 65.2 | 15.2 | 26.8 |
| | <i>Ipomea</i> sp. | 60.8 | 18.6 | 36.7 |
| | <i>M. maximus</i> | 57.7 | 6.9 | 34.3 |
| | <i>G. rugeli</i> | 56.8 | 10.5 | 34.4 |
| Pastizal biodiverso 1 | <i>M. maximus</i> | 80.1 | 13.6 | 30.7 |
| | <i>H. rufa</i> | 74.6 | 9.3 | 32.8 |
| Silvopastoril 2 | <i>A. gayanus</i> | 77.4 | 9.2 | 30.8 |
| | <i>G. ulmifolia</i> | 75.9 | 9.4 | 26.9 |
| Silvopastoril 1 | <i>A. gayanus</i> | 78.9 | 10.6 | 36.4 |
| | <i>L. leucocephala</i> | 65.5 | 22.9 | 17.2 |
| | <i>B. dictyoneura</i> | 55.3 | 8 | 31.2 |
| Pastizal biodiverso 2 | <i>H. rufa</i> | 71.8 | 6.8 | 27.9 |
| | <i>M. maximus</i> | 62.4 | 9.1 | 29.4 |
| Monocultivo 1 | <i>A. gayanus</i> | 76.6 | 8.2 | 32.1 |
| Monocultivo 2 | <i>A. gayanus</i> | 80.8 | 7.4 | 27.6 |
| | <i>B. dictyoneura</i> | 56.2 | 5.3 | 29 |

* DISMS = Digestibilidad *in situ* de la Materia Seca

Las vacas que se encontraban en el pastizal biodiverso 1 y en el sistema silvopastoril 2 tuvieron los índices de calidad de dieta más altos y las vacas que pastorearon los ambientes de monocultivo obtuvieron el menor índice de calidad de todos los sistemas. Éstas diferencias pueden ocurrir porque los bovinos al incluir especies distintas con diferentes características químico-nutricionales favorecen la calidad de la dieta (Sosa *et al.*, 2004), en comparación con dietas de baja diversidad que sacian al animal pero que no dan oportunidad de obtener mas nutrientes del medio en el que se alimentan (Cuadro 12).

Cuadro 12. Variables evaluadas para la construcción del índice de calidad de la dieta de bovinos en distintos ambientes de pastoreo.

| Especie | Valores individuales | | | | | | índice de calidad |
|-------------------------------|-----------------------------------|---------|----------------|---------|-------------|----------|-------------------|
| | DISMS* | | Proteína cruda | | Fibra cruda | | |
| | Acahual maduro 1 | | | | | | |
| <i>Guazuma ulmifolia</i> | 0.14 | (0.015) | 0.06 | (0.006) | 0.017 | (0.002) | |
| <i>Diphysa minutifolia</i> | 0.1 | (0) | 0.04 | (0) | 0.012 | (0) | |
| <i>Leucaena lanceolata</i> | 0.11 | (0.024) | 0.06 | (0.012) | 0.008 | (0.002) | 0.86 |
| <i>Megathyrus maximus</i> | 0.08 | (0.007) | 0.06 | (0.008) | 0 | (0.002) | |
| <i>Serjania racemosa</i> | 0.05 | (0.003) | 0.13 | (0.047) | 0.014 | (0.0009) | |
| | Acahual maduro 2 | | | | | | |
| <i>Randia punctata</i> | 0.14 | (0.029) | 0.05 | (0.01) | 0.024 | (0.005) | |
| <i>Commelina rufipes</i> | 0.08 | (0) | 0.04 | (0) | 0.012 | (0) | |
| <i>Ipomea sp</i> | 0.1 | (0.004) | 0.07 | (0.003) | 0.007 | (0.0003) | 0.75 |
| <i>Megathyrus maximus</i> | 0.07 | (0.003) | 0.02 | (0.001) | 0.007 | (0.0003) | |
| <i>Laciasis rugelii</i> | 0.07 | (0.003) | 0.05 | (0.002) | 0.007 | (0.0003) | |
| | Pastizal biodiverso 1 | | | | | | |
| <i>Megathyrus maximus</i> | 0.3 | (0) | 0.1 | (0) | 0.03 | (0) | 0.8 |
| <i>Hyparrhenia rufa</i> | 0.25 | (0) | 0.1 | (0) | 0.015 | (0) | |
| | Silvopastoril 2..... | | | | | | |
| <i>Andropogon gayanus</i> | 0.25 | (0) | 0.1 | (0) | 0.015 | (0) | |
| <i>Guazuma ulmifolia</i> | 0.33 | (0) | 0.1 | (0) | 0.03 | (0) | 0.82 |
| | Silvopastoril 1 | | | | | | |
| <i>Andropogon gayanus</i> | 0.17 | (0) | 0.07 | (0) | 0.01 | (0) | |
| <i>Leucaena leucocephala</i> | 0.13 | (0) | 0.1 | (0) | 0.033 | (0) | 0.65 |
| <i>Brachiaria dictyoneura</i> | 0.1 | (0) | 0.03 | (0) | 0.01 | (0) | |
| | Pastizal biodiverso 2 | | | | | | |
| <i>Hyparrhenia rufa</i> | 0.25 | (0) | 0.05 | (0) | 0.03 | (0) | 0.66 |

| | | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------------|-----|------|-----|------|-----|------|
| <i>Megathyrsus maximus</i> | 0.2 | (0) | 0.1 | (0) | 0.03 | (0) | |
| | Monocultivo 1..... | | | | | | |
| <i>Andropogon gayanus</i> | 0.5 | (0) | 0.1 | (0) | 0.03 | (0) | 0.63 |
| | Monocultivo 2..... | | | | | | |
| <i>Andropogon gayanus</i> | 0.3 | (0) | 0.05 | (0) | 0.03 | (0) | |
| <i>Brachiaria dictyoneura</i> | 0.15 | (0) | 0.05 | (0) | 0.03 | (0) | 0.61 |

Los valores entre paréntesis representan el error estándar

* DISMS = digestibilidad *in situ* de la materia seca.

El mayor consumo de especies por el ganado estuvo asociado a los sitios en donde se encontraban pastoreando, y el consumo de pocas especies se asoció a la calidad de la dieta (Figura 11), relacionándose directamente con las vacas que pastorearon en el sistema silvopastoril 2 (SSP2) y en el pastizal biodiverso 1 (PB1); es decir, entre mayor era la asociación de las vacas con el consumo de especies, menor su relación con la calidad de la dieta; los ambientes que más se encontraron bajo esta condición fueron los acahuales 1 y 2, el pastizal biodiverso 2 y el sistema silvopastoril 1. Los monocultivos, no parecen tener una relación directa con el alto consumo de especies ni con la calidad de la dieta.

En general las dietas de mayor calidad se presentaron en los sitios más diversos, y aunque la mayor disponibilidad de un alimento sea un factor importante para la selección y consumo de la dieta de los bovinos, existen especies que en menor volumen y disponibilidad ayudan a maximizar la calidad de la dieta (Reyes *et al.*, 2015); es decir, a pesar de que las gramíneas representaron la mayor parte de la dieta en los diversos ambientes, la existencia de distintas especies incluidas se reflejó en la calidad de la misma. Al respecto se sabe que las gramíneas de esta zona son generalmente pobres en nutrientes (Bautista-Tolentino *et al.*, 2011), pero el muestreo se simuló como un despunte, tomando la parte más tierna de los pastos, al igual que lo hace el ganado en condiciones de pastoreo extensivo, obteniendo con esto la parte de la planta con mayor calidad nutritiva, ya que la mayor digestibilidad de las plantas se puede deber al corte o consumo a una edad temprana de la planta (Alatorre-Hernández *et al.*, 2018). Estas técnicas de recolección del forraje las aprende el ganado desde temprana edad y a lo largo de su vida, y adquieren así preferencias por determinados alimentos que den volumen a su dieta (Giraldo *et al.*, 2007), como en el caso de las gramíneas, que son las especies más abundantes en la mayoría de los ambientes de pastoreo de esta zona y a las que el ganado está acostumbrado. Sin embargo, Velasquez-

Martinez *et al.* (2011) mencionan que herbáceas, semileñosas y leñosas en el trópico veracruzano, tienen alto potencial nutricional para el ganado, ya que igualan o superan en calidad nutricional a los pastos convencionales utilizados en la ganadería de las regiones tropicales, por lo que se debe considerar el manejo adecuado a los ambientes mas biodiversos para que estos puedan ofrecer más diversidad, volumen y calidad a la dieta.

Encontramos que los animales varían su dieta, de acuerdo al ambiente en que se encuentren, sin embargo, se marcó una clara tendencia por el consumo de herbáceas de las cuales las gramíneas fueron las más consumidas, debido tal vez a que existe mayor abundancia de estas en casi todos los ambientes de pastoreo. Los árboles también fueron un estrato incluido en la dieta, pero su utilización no fue tan alta, probablemente porque el acceso a este es más limitado en algunos ambientes, principalmente en los ambientes de vegetación secundaria y en los monocultivos.

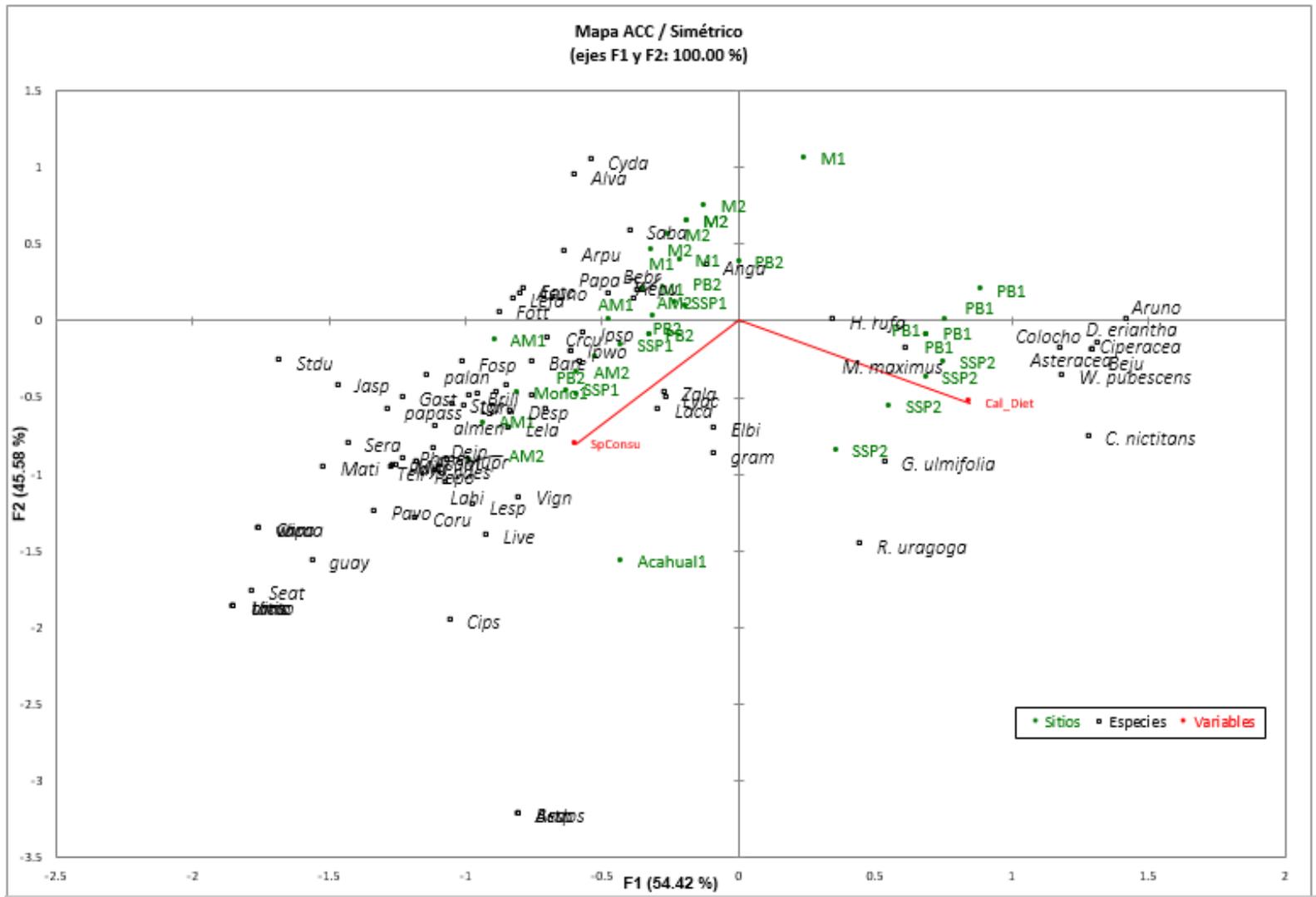


Figura 11. Distribución de los datos de especies, calidad de la dieta y especies consumidas en los distintos ambientes de pastoreo

6.4 Relación de la calidad de la dieta con los nutrimentos en las excretas

La composición química de las heces varió entre ambientes (Cuadro 13). El contenido de materia seca fue mayor ($p < 0.0001$) en el pastizal biodiverso 1 (22.46 ± 0.94) y el monocultivo 1 (24.78 ± 0.71). El mayor contenido de fibra cruda fue igual para los acahuals, los sistemas silvopastoriles y el pastizal biodiverso 2 ($p < 0.0001$). El contenido de nitrógeno fue mayor en las excretas del sistema silvopastoril 1 (5.52 ± 0.18) y del acahual 1 (5.5 ± 0.3) y se diferenciaron de los demás sitios ($p < 0.0001$), probablemente debido a la presencia de especies leguminosas que aportan altas cantidades de proteína a la dieta. Las excretas que más se diferenciaron ($p > 0.0201$) en cuanto al contenido de fósforo fueron las del acahual maduro cuyo contenido era menor que en los demás ambientes. El contenido de potasio en las excretas de todos los ambientes fue igual ($p > 0.1329$) a excepción del acahual maduro 1

Cuadro 13. Contenido de nutrientes (%) en excretas de bovinos en distintos ambientes de pastoreo.

| Ambiente | Materia Seca | Fibra Cruda | Nitrógeno | Fósforo | Potasio |
|-----------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Acahual maduro 1 | 18.6 ± 0.6 b | 31.7 ± 0.8 a | 5.5 ± 0.3 a | 0.2 ± 0.03 c | 0.3 ± 0.09 b |
| Acahual maduro 2 | 14.5 ± 1.3 c | 32.4 ± 0.3 a | 4.7 ± 0.03 b | 0.3 ± 0.03 b | 0.7 ± 0.03 a |
| Pastizal biodiverso 1 | 22.5 ± 0.9 a | 21.9 ± 1.2 c | 5.0 ± 0.2 ab | 0.3 ± 0.01 ac | 0.6 ± 0.10 a |
| Silvopastoril 2 | 15.5 ± 1.2 c | 30.8 ± 0.4 a | 4.7 ± 0.2 b | 0.3 ± 0.02 ab | 0.6 ± 0.06 a |
| Silvopastoril 1 | 15.0 ± 1.0 c | 31.1 ± 0.4 a | 5.5 ± 0.2 a | 0.3 ± 0.01 ac | 0.7 ± 0.10 a |
| Pastizal biodiverso 2 | 15.3 ± 0.6 c | 30.9 ± 0.8 a | 3.9 ± 0.1 cd | 0.3 ± 0.02 bc | 0.7 ± 0.06 a |
| Monocultivo 1 | 24.8 ± 0.7 a | 26.2 ± 0.3 b | 4.8 ± 0.1 b | 0.4 ± 0.01 a | 0.6 ± 0.04 a |
| Monocultivo 2 | 15.6 ± 0.6 c | 27.5 ± 0.9 b | 4.1 ± 0.1 c | 0.4 ± 0.02 a | 0.6 ± 0.10 a |

No se encontraron correlaciones entre la composición química de las heces y la calidad de la dieta. Las asociaciones entre el contenido de nutrimentos en las excretas (N, P y K) con la calidad de la dieta (Figura 12) se explican con la distribución de los datos en un plano bidimensional, en el primer eje no se observan asociaciones positivas entre el contenido de N, P, K con la calidad de la dieta, pero el contenido N se asoció mayormente al ambiente de vegetación secundaria 1 y al sistema silvopastoril 1; por otro lado, se apreció una asociación del contenido de P a las excretas de los monocultivos y negativa con el contenido de N. Las excretas del sitio con mayor asociación al contenido de K son las del pastizal biodiverso 2, y tampoco estuvieron asociadas al contenido de nitrógeno o fósforo. En el segundo eje, las excretas de los sitios que más se relacionan a la calidad de la dieta son del sistema silvopastoril 2 y del pastizal biodiverso 1.

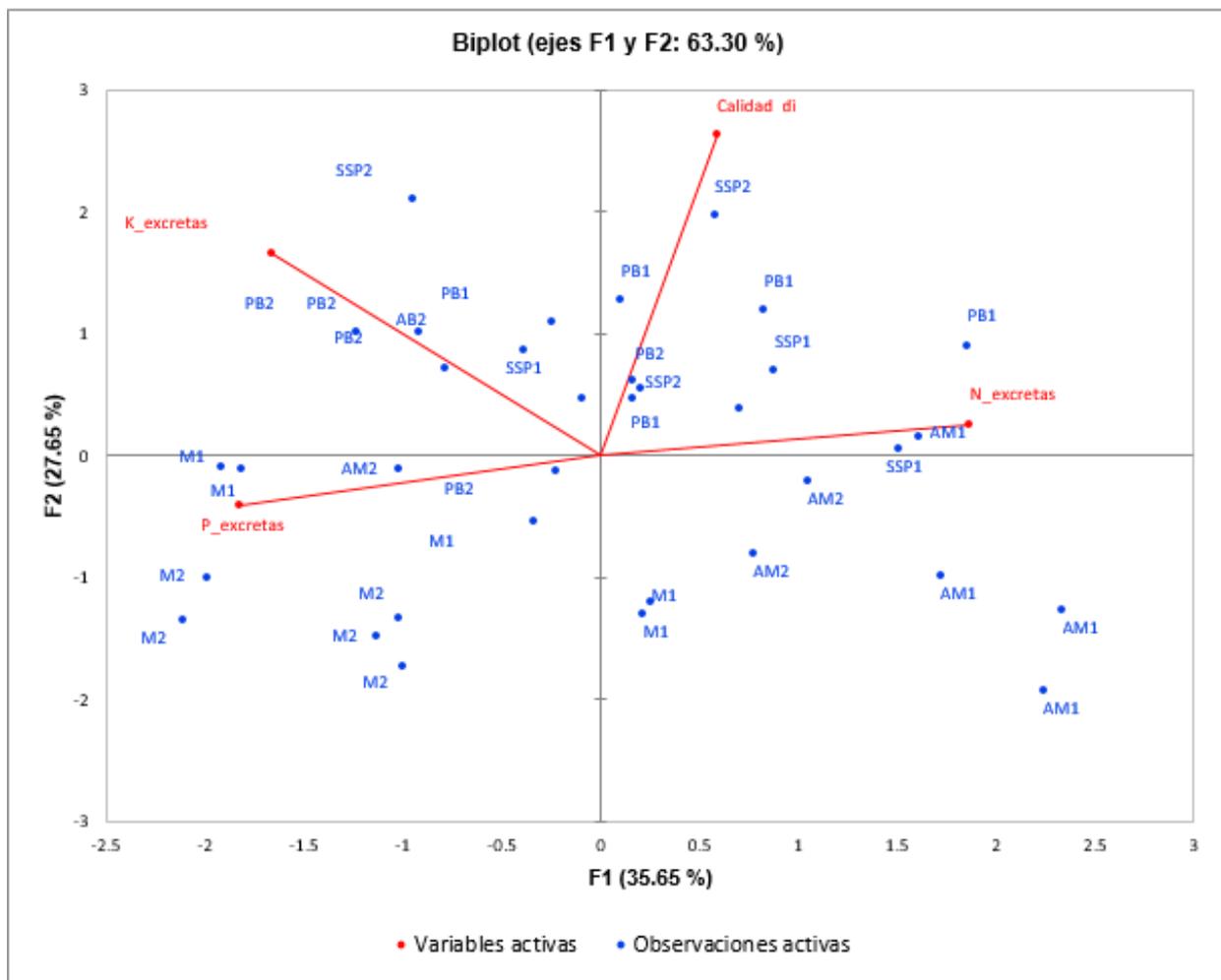


Figura 12. Distribución de los datos del índice de calidad de la dieta y la composición química de las excretas en distintos ambientes de pastoreo. La composición química incluyó: nitrógeno, fósforo y potasio. Las observaciones activas corresponden a los ambientes de monocultivos de gramíneas (M1 y M2), sistemas silvopastoriles (SSP1 y SSP2), pastizales biodiversos (PB1 y PB2) y achahuales (AC1 y AC2).

Para relacionar la calidad de la dieta con la composición química de las excretas es necesario recordar que el indicador de calidad fue mejor para los sistemas de vegetación secundaria 1 y silvopastoril 2, y en el CCA las mayores asociaciones a calidad fueron del sistema silvopastoril 2 y el pastizal biodiverso 1. Al comparar esto con los resultados obtenidos en las excretas, es posible deducir que a pesar de que el PCA no mostró asociaciones muy marcadas entre la composición de las excretas y la calidad de la dieta, los ambientes con más diversidad, son los que tuvieron valores más altos de calidad de dieta y los que ofrecen mayores ventajas para los escarabajos, como son el mayor contenido de nitrógeno, humedad y bajo contenido de fibra, ya que es sabido que la calidad

del estiércol generalmente está asociada al contenido de nitrógeno, y se ve influida por la ingesta de alimentos de un animal (Scholtz *et al.*, 2009).

6.5 Remoción de excretas por escarabajos coprófagos en relación a la composición nutritiva de las excretas

La remoción de estiércol por los escarabajos fue muy variable, sin embargo, en los ambientes de acahual maduro (50.7 ± 8.5 g) y pastizales biodiversos (50.7 ± 8.5 g) fue más alta que en otros ambientes y similares entre sí ($P = 0.99$). en los sistemas silvopastoriles, los escarabajos removieron menos estiércol (19.4 ± 8.5 g; $P = 0.05$) y en los monocultivos removieron únicamente 13.9 ± 8.5 g ($P = 0.74$). Sin embargo, no hubo una asociación clara entre la composición química de las heces y la remoción, ya que todos los coeficientes de correlación entre la remoción y N, P y K fueron iguales a 0 ($r = -0.18$ a -0.28 ; $P > 0.05$).

La riqueza de especies de escarabajos coprófagos encontrados en los ambientes de pastoreo fue 13 (Cuadro 15), las especies más abundantes fueron *Digitonthophagus gazella* y *Eouniticellus intermedius* en todos los sitios, ambas especies introducida de origen indo-africano; en el pastizal biodiverso 2 se registraron mayor número de individuos de *D. gazella* (448), seguido del sistema silvopastoril 2 donde se registraron 166 individuos; el pastizal biodiverso 2 tuvo el mayor registro de individuos de *E. intermedius* (147). Los sitios que tuvieron más especies fueron el pastizal biodiverso 2 y el acahual 2 con 10 especies cada uno, los monocultivos 1 y 2 contaron únicamente con cuatro especies, al igual que el pastizal biodiverso 1 (Cuadro 15).

Cuadro 15. Especies y frecuencia de escarabajos coprófagos encontrados en cada ambiente de pastoreo. Las especies de escarabajos coprófagos fueron capturados en monocultivos de gramíneas (M1 y M2), sistemas silvopastoriles (SSP1 y SSP2), pastizales biodiversos (PB1 y PB2) y acahuales maduros (AM1 y AM2).

| Especie | AM 1 | AM 2 | PB1 | SSP2 | SSP1 | PB2 | M2 | M1 |
|--------------------------------|------|------|-----|------|------|-----|----|----|
| <i>Ataenius sculptor</i> | 0 | 1 | 0 | 17 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| <i>Ataenius sp</i> | 0 | 10 | 0 | 1 | 0 | 4 | 0 | 1 |
| <i>Canthon cyanellus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Canthon indigaceus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| <i>Copris lugubris</i> | 7 | 3 | 0 | 0 | 1 | 18 | 0 | 0 |
| <i>Dichotomius amplicollis</i> | 6 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | | | | | | | | |
|----------------------------------|----|----|----|-----|-----|-----|----|----|
| <i>Dichotomius colonicus</i> | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| <i>Digitonthophagus gazella</i> | 55 | 9 | 28 | 166 | 86 | 448 | 58 | 52 |
| <i>Euoniticellus intermedius</i> | 1 | 6 | 36 | 26 | 33 | 147 | 3 | 23 |
| <i>Onthophagus hoepfneri</i> | 0 | 15 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| <i>Onthophagus landolti</i> | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| <i>Phanaeus scutifer</i> | 1 | 6 | 4 | 6 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Phanaeus tridens</i> | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 5 | 1 |
| Total | 76 | 59 | 69 | 216 | 125 | 630 | 67 | 77 |

No se encontró una asociación directa entre el contenido de nutrientes en el estiércol de un ambiente en específico con la remoción, pero donde hubo más degradación, fue en los sitios que tuvieron mayor índice de calidad en la dieta, y es sabido que la calidad del estiércol generalmente está asociada al contenido de nitrógeno, y se ve influida por la ingesta de alimentos de un animal (Scholtz et al., 2009).

Los ambientes con mayor diversidad florística permitieron dietas con mayor diversidad botánica, en este estudio la vegetación secundaria fue la vegetación con mayor riqueza y diversidad, mientras que los pastizales biodiversos y los sistemas silvopastoriles tuvieron una posición intermedia, siendo los monocultivos los menos biodiversos y aunque son cultivos de gramíneas, mantuvieron especies herbáceas asociadas. Las dietas de las vacas en términos generales siguieron la misma tendencia, mayor riqueza y diversidad en la vegetación secundaria, intermedia en los pastizales biodiversos y sistemas silvopastoriles y baja en los monocultivos. Mientras que en la vegetación secundaria el ganado utiliza plantas de todos los grupos biológicos (distribuida en varios estratos verticales); en los otros ambientes el estrato más utilizado es el herbáceo con gramíneas.

En general la calidad químico-nutritiva individual de las plantas más consumidas en la dieta tendió a ser mejor en las del primer ambiente de vegetación secundaria, aunque la calidad en todos los demás ambientes se puede considerar buena, porque, aunque no todas las especies tuvieron al menos 10% de PC, que cubre el mínimo requerido por los rumiantes (NRC, 2001) al mezclar la dieta se cumple con las necesidades, también los valores de DISMS obtenidos en este trabajo, coincide con lo reportado para herbáceas en el trópico (Velazquez-Martinez et al., 2011), esto puede atribuirse a que el follaje se muestreo simulando el pastoreo en potreros que habían estado en descanso y el ganado tenía la oportunidad de seleccionar. Sin embargo, los índices de calidad de los ambientes más biodiversos y con dietas más diversas no siguen una tendencia definida

porque se intercalan entre ambientes, pero si es claro que los índices de calidad más bajos están asociados a los monocultivos. En las condiciones de este estudio la magnitud del índice de calidad dependió de las especies más abundantes en la dieta, puede decirse que independiente de la diversidad de la dieta; sin embargo, en condiciones normales de manejo, la calidad de las herbáceas disminuiría a través del tiempo (en términos de días) cambiando rápidamente su composición química, y por tanto su índice de calidad, a diferencia de las plantas de otros estratos con otra forma de vida y en los de crecimiento anual que mantienen su composición química por más tiempo.

Las características físico-químicas de las heces no tuvieron relación a la calidad de las dietas, sin embargo, las heces con mayor contenido de nitrógeno y potasio si se asocian a los ambientes más diversos, ya que está comprobado que la cantidad de macro elementos presentes en las heces de los herbívoros se encuentra directamente relacionada con la composición de su dieta y la parte no asimilable de los alimentos ingeridos que posteriormente son excretados. (Halfiter y Halfiter 2009), esta asociación se puede deber a que quizá existan más interacciones biológicas que favorecen la absorción de nutrientes, Gálvez (2003) menciona que en condiciones más naturales la diversidad de plantas puede dar origen a la diversidad de hongos en el suelo y así formar micorrizas, y que las plantas pueden absorber más nitrógeno y potasio que en los ambientes donde no hay esas interacciones y se sabe que la aparición o presencia de micorrizas, especialmente en los trópicos, obedece a los ambientes con diferentes grupos vegetales principalmente con desarrollo aéreo que tienen elevados requerimientos nutricionales (Honrubia, 2009). Por otro lado, las heces con mayor contenido de fósforo se asociaron a los ambientes menos diversos, esto se puede explicar en primer lugar porque son los ambientes que más manejo tienen como la fumigación y la fertilización, y estas actividades reducen la cantidad de interacciones entre las plantas y el suelo (Faggioli et al., 2005; Aparicio et al., 2005), además al fertilizar, la disponibilidad del fósforo en el suelo es alta y entonces las plantas jóvenes lo absorben con rapidez. (Gálvez, 2003).

La remoción del estiércol fue mayor en ambientes más diversos que ofrecieron mayores concentraciones de N y K a las excretas, en estos ambientes también se encontraron más individuos y especies, sin embargo en todos los ambientes hubo actividad de remoción de los escarabajos, esto se puede deber a que los escarabajos son atraídos por distintos tipos de excretas provenientes de distintas dietas de mamíferos carnívoros, omnívoros y herbívoros (AlHouty y AlMusalam 1997). La elección dependerá de su fisiología, que les permite tolerar una amplia gama de condiciones

físico-químicas determinantes para cubrir sus necesidades de recursos específicos (Begon y cols. 2006). La capacidad de los escarabajos coprófagos para elegir el tipo de excretas que consumirán está relacionada también con su disponibilidad y el tipo de hábitat donde satisfacen sus necesidades particulares de microclima (Barbero 1999). En América del Norte los escarabajos coprófagos son atraídos por el estiércol de todo tipo de carnívoros, herbívoros y omnívoros. Mientras que en Sudamérica en las selvas tropicales los Scarabaeinae se alimentan de frutos u hojas en fermentación, cadáveres, (Halffter y Matthews 1999), detritus, hongos, y por supuesto de una gran variedad de excretas de animales silvestres

Respecto a la calidad junto con el tipo de excreta, se sabe que estos son factores primordiales que afectan la supervivencia de las larvas en escarabajos coprófagos (Owen y cols. 2006), pues una dieta de alta calidad permite además que los adultos puedan ser capaces de almacenar compuestos importantes para su metabolismo y desarrollo (Van der Horst y Ryan 2005) tales como lípidos, carbohidratos o proteínas.

7. CONCLUSIONES

Se estableció que la riqueza y diversidad de los ambientes de pastoreo disminuye gradualmente, desde los sitios más biodiversos y con menos manejo como los acahuales maduros hasta los menos biodiversos como los monocultivos y que existe una relación entre la riqueza y diversidad de plantas que ofrecen los ambientes de pastoreo con la composición botánica de la dieta que elige el ganado. En todos los ambientes hay una gran variedad de plantas con potencial forrajero que aún no son manejadas para que el ganado las incluya con mayor abundancia en su dieta.

La calidad de la dieta tiene relación con los ambientes en que pastorea el ganado, siendo más alta la calidad en los ambientes con mayor biodiversidad. No se logró relacionar las características químicas de las heces con la calidad de la dieta, pero si se demostró que el contenido de nutrientes tiene una relación con el sitio de donde provienen las heces, es decir, el contenido de N y K en las heces tuvo una relación con los sitios más biodiversos y las heces con mayor contenido de P estuvieron asociadas a los monocultivos.

Bajo las condiciones de este estudio no se encontraron evidencias de que exista asociación entre los parámetros de calidad del estiércol y la degradación del mismo, sin embargo, si hubo asociación entre la riqueza y el número de individuos de escarabajos a la diversidad florística de los sitios, registrándose más especies y número de escarabajos en los ambientes con mayor biodiversidad.

Realizar más estudios repetidos a través del tiempo podría ampliar la información obtenida en este estudio acerca de los hábitos de los escarabajos coprófagos, ya que se sabe que son muy estacionales y sensibles a los cambios en su ambiente.

Este trabajo amplía la información sobre la dieta y la utilización de los recursos por parte del ganado y aporta información de especies que consume el ganado y no se toman en cuenta como forrajeras y esto puede ayudar a mejorar el manejo de los recursos y de los ambientes de pastoreo. Conocer mejor las especies que el ganado incluye en su dieta nos ayudaría a dar un mejor manejo en los potreros para fomentar la biodiversidad, pero con potencial forrajero.

8. LITERATURA CITADA

- Agnusdei G., M. 2007. Calidad nutritiva del forraje. Agromercado Temático, Bs. As., Grupo Producción y Utilización de Pasturas, INTA E.E.A. Balcarce 136:11-17.
- Aguirre M, Z. 2013. Guía de métodos para medir la biodiversidad. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador. 38 p.
- Alatorre-Hernandez A., J. D. Guerrero-Rodríguez., J. I. Olvera-Hernández., E. Aceves-Ruíz., H. Vaquera-Huerta., S. Vargas-López. 2018. Productividad, características fisicoquímicas y digestibilidad *in vitro* de leguminosas forrajeras en trópico seco de México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 9 (2): 296-315.
- AOAC Association of Official Analytical Chemists. 1980. Official method 4.2.11 protein (crude) in animal feeds, forage (plant tissue), grain, and oilseeds. *In*: C Vanderzant and DF Splittstoesser (eds) Official methods of analysis of AOAC international, 13th edn. Washington DC, AOAC International <http://www.eoma.aoac.org> [consultado marzo 2018].
- Aparicio V., E. De Gerónimo, K. Hernández G., D. Pérez, R. Portocarrero, C. Vidal. 2015. Los plaguicidas agregados al suelo y su destino en el ambiente. INTA. Buenos Aires. 74p.
- Arellano L. 2016. A Novel Method for Measuring Dung Removal by Tunneler Dung Beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) in Pastures. The Coleopterists Bulletin. 70: 185-188.
- Arellano L., C. Castillo G., C. Huerta A., G. García and C. Lara. 2015. Effect of using different types of animal dung for feeding and nesting by the dung beetle *Onthophagus lecontei* (Coleoptera: Scarabaeinae). Canadian Journal of Zoology 93: 337–343.
- Arellano L., C. Castillo-Guevara, C. Huerta, A. Germán-García and C. Lara. 2017. Nesting biology and life history of the dung beetle *Onthophagus lecontei* (Coleoptera: Scarabaeinae). Animal Biology 67: 41–52.
- Arnold M., y F. Osorio. Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas. 1998. Cinta de Moebio. Facultad de Ciencias Sociales. Universidad de Chile. 3: 2-12.
- Banner R. E., J. Rogosic, E. A. Burritt, F. D. Provenza. 2000. Supplemental barley and activated charcoal increase intake of sagebrush by lambs. J. Range Manage 53: 415–420.

- Basto-Estrella G., R. I. Rodríguez-Vivas, H. Delfín-González y E. Reyes-Novel. 2012. Escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de ranchos ganaderos de Yucatán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 380-386.
- Bautista-Tolentino M., S. López O., H. Pérez, M. Vargas M., L. Gallardo y M. Gómez. 2011. Sistemas agro y silvopastoriles en la comunidad El Limón, municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14: 63-76.
- BCMF (British Columbia Ministry of Forests). 1996. Techniques and procedures for collecting, preserving, processing, and storing botanical specimens. Working Paper 18. Research Branch, British Columbia Ministry of Forests, Victoria. Disponible en: <http://www.sas.org/E-Bulletin/2002-02-22/Wp18.pdf>.
- Begon M., L. Harper J., R. Townsend C. 2006. *Fundamentos em Ecologia*. 2a ed. Porto Alegre: Artmed. 592 p.
- Behling M., C. H. 2006. Contribución del escarabajo estercolero africano en la mejoría de la fertilidad del suelo. Embrapa: seminario de pastos y forrajes. Brasil. pp: 13.
- Betteridge W. G. K., and Andrewes J. R. 1986. Sedcole Intake and excretion of nitrogen, potassium and phosphorus by grazing steers. *The Journal of Agricultural Science* 106: 393-404.
- Briske D. D., 2007. *Forage Ecology. Plant interactions*. Texas A&M University. pp: 105- 122.
- Canadel G. J., and M. Raupach R. 2008. Managing Forests for Climate Change Mitigation. *Science* 320:1456-1457.
- Canudas L. E. G., I. F. Juárez L., F. Montiel P., y J. Reyes G. 2008. Diagnóstico en la producción y valor nutritivo del pasto para consumo de bovinos a través del año en la GGAVATT. Medellín, 1ª. ed. INIFAP. Veracruz. 427 p.
- Carpino S., G. Licitra and P.J. Van Soest. 2003. Selection of forage species by dairy cattle on complex Sicilian pasture. *Animal Feed Science and Technology* 105: 205-214.
- Chiappy- Jhones C., J. Chávez, M. Soto-Esparza G., y L. Geissert D. 2002. Regionalización paisajística del estado de Veracruz, México. *Universidad y Ciencia* 36: 87-113.
- Conway R. G. 1987. The Properties of Agroecosystems. *Agricultural Systems* 24: 95-117.
- Cruz R.M., I. Martínez M., J. López C., M. Vargas M., H. González H., y D.E. Platas R. 2012. Degradación del estiércol vacuno por escarabajos estercoleros en un pastizal tropical de Veracruz, México. *Revista Colombiana de Entomología* 38: 148-155

- Damodaran S. 2000. Aminoácidos, péptidos y proteínas. In: FENNEMA, O.R. Química de los alimentos. 2a. ed. Zaragoza, Acribia. pp: 502-503.
- De la Cruz F. A., J. A. Villarreal-Quintanilla, A. E. Estrada-Castillón y D. Jasso-Cantú. 2017. Flora and vegetation of the municipality of Álamo Temapache, Veracruz, Mexico. *Acta Botanica Mexicana* 121: 83-124.
- Distel R.A., J. J. Villalba, H. E. Laborde. 1994. Effects of early experience on voluntary intake of low-quality roughage by sheep. *Journal of Animal Science* 72: 1191- 1195.
- Dixon R. M., and D. B. Coates. 2010. Diet quality estimated with faecal near infrared reflectance spectroscopy and responses to N supplementation by cattle grazing buffel grass pastures. *Animal Feed Science and Technology* 158: 115-125.
- Ellis E. A., y M. Martínez B. 2010. Vegetación y Uso de Suelo de Veracruz. *In Atlas del Patrimonio Natural, Histórico y Cultural del Estado de Veracruz (Tomo 1, Patrimonio Natural)*. Comisión para la Conmemoración del Bicentenario de la Independencia Nacional y del Centenario de la Revolución Mexicana. Gobierno del Estado de Veracruz. Xalapa, Veracruz. 203-226 pp.
- Enríquez J. y M. Peralta. 1988. Establacimientoy producción de gramíneas forrajeras tropicales en la región de Papaloapan. *In: Ruilova, H. M., A. Martinez y A. Zaldivar. (Eds.). Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA). 11ª., abril 18 a 25 de 1988. Resúmenes. La Habana, Cuba. 73 pp.*
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 1999. Sistemas silvopastoriles *In: Texto del Alumno Octavo de Primaria Trópico de Cochabamba Bolivia. 1ª ed. Cochabamba, Bolivia. <http://www.fao.org/docrep/009/ah648s/AH648S00.htm> [consultado en mayo de 2018].*
- Fernández P.M.G., M. Arriaga O., C. Alvarenga1 C., L. Stampacchio M., S. Moretto A., y M. Escobar J. 2014. Comparison of the diet of guanacos and cattle as resources in the Tierra del Fuego ecotone. *Revista Argentina de Producción Animal* 34 (1): 1-7.
- Figueroa-Viramontes U., G. Núñez-Hernández, J. A. Delgado, J. A. Cueto-Wong y J. P. Flores-Margez. 2009. Estimación de la producción de estiércol y de la excreción de nitrógeno, fósforo y potasio por bovino lechero en la Comarca Lagunera. *In: I. Orona C., E. Salazar S., M. Fortis H. (eds.). Agricultura orgánica. 2ª ed. FAZUJED. SMCS. Gómez Palacio, Dgo. 128-151 pp.*
- Frioni L. 2005. Microbiología Básica, Ambiental y Agrícola. Facultad de Agronomía. Universidad de la República, Uruguay. 466 p.

- Galli J.R., A. Cangiano, C., y H. Fernández, H. 1996. Comportamiento ingestivo y consumo de bovinos en pastoreo. *Revista Argentina de Producción Animal* 16(2):119-42.
- García E. 2004. Modificaciones a la clasificación climática de Köppen. 5a. ed. Instituto de Geografía UNAM. 98 p.
- Gierus M., J. Kleen, R. Loges, F. Taube. 2012. Forage legume species determine the nutritional quality of binary mixtures with perennial ryegrass in the first production year. *Animal Feed Science and Technology* 172:150-161.
- Giraldo A. L., Zoot M. S., L. A. Gutiérrez, C. Rúa B. 2007. Comparison between *in vitro* and *in situ* protocols for estimating true digestibility of several tropical forages. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 20:269-279.
- Gómez-Fuentes T., C. González-Rebeles., S. López-Ortiz., J. C. Ku-Vera, C. Albor-Pinto., J. Sangines-García. 2016. Dominance, chemical-nutritional composition, and potential phytomass of fodder species in a secondary rainforest. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 4(14): 617 – 634.
- Gómez-Pompa A. 1978. *Ecología de la vegetación del estado de Veracruz*. Editorial Continental. México, D.F., México. 91p.
- Gómez-Pompa A. 1981. *Flora de Veracruz*. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. 120 p.
- Gutiérrez O., Delgado D., Oramas A., y Cairo J. 2005. Consumo y digestibilidad de materia seca y nitrógeno total en vacas en pastoreo durante la época de lluvias con bancos de proteína y sin ellos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 39: 593-598.
- Hackmann J. T., J. D. Sampson, and J. N. Spain. 2010. Variability in situ ruminal degradation parameters causes imprecision in estimated ruminal digestibility. *Journal of Dairy Science* 93:1074-1085.
- Halffter G., and V. Halffter. 2009. Why and where coprophagous beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) eat seeds, fruits or vegetable detritus. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa* 45:1-22.
- Halffter G. and E. G. Matthews. 1966. Natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera: scarabaeinae). *Folia Entomológica Mexicana*. 12: 14 – 132.
- Halffter G. and G. Matthews E. 1999. *The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae)*. Medical Books, Palermo, Italy. 313 pp.
- Halffter G. and W. D. Edmonds. 1982. *The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae). An Ecological and Evolutive Approach*. Instituto de Ecología, A.C., México. 176 p.

- Halfpeter G., M. Favila and V. Halfpeter. 1992. A comparative study of the structure of the scarab guild in Mexican tropical rain forests and derived ecosystems. *Folia Entomológica Mexicana* 84: 131-156.
- Harris B. Jr., D. Morse., H. Head H. and H.H. Van Horn. 2003. Phosphorus nutrition and excretion by dairy animals. <http://edis.ifas.ufl.edu/ds165>. Consultado en mayo de 2018.
- Hernandez T., B. Valles. y E. Castillo. 1990. Evaluacion de gramíneas y leguminosas forrajeras en Veracruz, Mexico. *Pasturas Tropicales* 12(3): 20-33.
- Hickman R. K., Hartnett C. D., Cochran C. R., and Owensby E. C. 2004. Grazing management effects on plant species diversity in tallgrass prairie. *Journal of Range Management* 57:58-65.
- Holter P. and C. Scholtz. 2007. What do dung beetles eat?. *Ecological Entomology* 32(6): 690 – 697.
- Humphreys L. R. 1991. Tropical pasture utilisation. Chapter 3. Grazing and the environment for pasture growth. Cambridge University. 2006 p.
- Hunt J., and L.W. Simmons. 1998. Patterns of parental provisioning covary with male morphology in a horned beetle (*Onthophagus taurus*) (Coleoptera: Scarabaeidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 42: 447–451.
- INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). 2010. <http://inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM30veracruz/index.html> [Consultado 06/03/2018].
- INEGI (Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática). Censo Agropecuario 2007. www.inegi.gob.mx. [Consultado mayo de 2017].
- Johnson J.T.M. 2011. Evolutionary ecology of plant defences against herbivores. *Functional Ecology* 25: 305-311.
- Kyriazakis I. and J. Oldham D., 1993. Diet selection in sheep: the ability of growing lambs to select a diet that meets their crude protein (nitrogen \times 6.25) requirements. *British Journal of Nutrition* 69: 617–629.
- Licitra G., S. Carpino, I. Schadt, M. Avondo, and S. Barresi. 1997. Forage quality of native pastures in a Mediterranean area. *Animal Feed Science Technology* 3: 15-328.
- Llenderal T. O. 2014. Sistemas silvopastoriles. In: Capítulo 12: Sistemas de agronegocios de traspatio familiar. Colegio de Postgraduados. SAGARPA. 9 pp.
- Louzada J. N. y P. Carvalho S. 2009. Utilisation of introduced Brazilian pastures ecosystems by native dung beetles: diversity patterns and resource use. *Insect Conservation and Diversity* 2: 45–52

- Maass J. M. y A. Martínez-Yrizar. 1990. Los ecosistemas, definición, origen e importancia del concepto. *Ciencias UNAM*. 4: 10-20.
- Marinidou E., y G. Jiménez F. 2010. Uso de árboles en potreros de Chiapas. CONAFOR. pp: 16 -30.
- Martínez I., M. M., Cruz R. E. Montes de Oca T., T. Suárez L. 2011. La función de los escarabajos del estiércol en los pastizales ganaderos. Primera edición: 2011 Serie: Para la docencia Secretaría de Educación de Veracruz pp 13 -32
- Martínez J., C. Landeros S., A. Pérez V. 2004. El concepto de agroecosistemas: Un enfoque de Cadenas Producción-Consumo. 1er. Coloquio sobre Agroecosistemas y Sustentabilidad. Colegio de Postgraduados.
- Martínez M. I., M. Cruz R., C. Huerta C., y E. Montes de Oca T. 2015. La cría de escarabajos estercoleros. Secretaría de Educación de Veracruz. pp: 12-16.
- McDowell L. R. 1996. Feeding minerals to cattle on pasture. *Animal Feed Science and Technology* 60(3) 247-271.
- Mckee y Mckee. 2014. *Bioquímica, las bases moleculares de la vida*. 4a. Ed. Mg Graw Hill, pp: 124- 126.
- Meisser M., Deléglise C., Freléchoux F., Chassot A., Jeangros B., Mosimann E. 2014. Foraging behaviour and occupation pattern of beef cows on a heterogeneous pasture in the Swiss Alps. *Journal Animal Science* 59: 84-95.
- Moreno C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. *Manuales y Tesis SEA*, vol. 1. Zaragoza. 88 p.
- Morón M. A. 2003. Atlas de los escarabajos de México. Coleoptera: lamellicornia Vol. II. Argania ed. Barcelona, España. 224 p.
- Morón M. A. 2004. Escarabajos 200 millones de años de evolución. Instituto de Ecología A.C., Xalapa. Zaragoza. 204 p.
- Mostacedo B. B., y T. Fredericksen S. 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz, Bolivia. Impreso en Editora El País. Capitulo Tipos de m Muestreo de Vegetación. pp: 10 -11.
- Nichols E., S. Spector, J. Louzada b, T. Larsenc, S. Amezquidad, and M.E. Favilad. 2008. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation* 141: 1461-1474.
- Nichols E., T. Larsen, S. Spector, Davis, A.L., Escobar, F., M. Favilad and K. Vulinec. 2007. Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: A quantitative literature review and meta-analysis. *Biological Conservation* 137:1-19.

- NRC (National Research Council). 2001. In: Nutrient Requirements of Dairy Cattle. National Academy. Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition. 7th rev. Ed. Washington, D.C. 401 p.
- Núñez A. M., F. W., Weibezahn. and W. B., Brayán. 2000. Método de muestreo y valor nutritivo de las pasturas. *Pasturas Tropicales* 22: 35 – 37.
- Ocampo L. T. 2014. Sistemas silvopastoriles. SAGARPA. Sistema de Agronegocios de Traspasío Familiar. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Mexico. 1-8 pp.
- Ochoa E. J., C. Cantú A., E. Estrada C., F. González S., J. Uvalle S., E. Jurado., L. ChapaVargas., E. Meléndez J, and E. Ortiz H. 2017. Livestock effect on floristic composition and vegetation structure of two desert scrublands in northwest Coahuila, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 62(2):138–145.
- Orskov E. R. and I. McDonal. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The Journal of Agricultural Science* 92: 499-503
- Owen W K, E. Lloyd J., E. Legg D. and R. Kumar. 2006. Endocoprid activity of *Aphodius fossor* (Coleoptera: Scarabaeidae) related to bovine dung decomposition in a mixed grass prairie. *Journal of Economic Entomology* 99: 2210–2215.
- Palma G. J. M. 2018. Recursos arbóreos y arbustivos tropicales para una ganadería bovina sustentable. Árboles y arbustos tropicales con fines ganaderos. Universidad de Colima, Mexico. 134 pp.
- Pérez E., B. Richers, F. DeClerck, F. Casanoves, J. Gobbi, T. Benjamin. 2011. Uso y manejo de la cobertura arbórea en sistemas silvopastoriles en la subcuenca del río Copán, Honduras. *Agroforestería en las Américas* 48: 26-35.
- Piera M. F. and J. Lobo M. 1993. New data and observations on kleptoparasitic behaviour dung beetles from temperate regions (Col., Scarabaeoidea). *Acta Zoologica Mexicana* 17: 15-18
- Pinos-Rodríguez J. M., J. C. García-López, L. Y. Peña-Avelino, J. A. Rendón-Huerta, C. González-González, F. Tristán-Patiño. 2012. Environmental regulations and impact of manure generated by livestock operations in some american countries. *Agrociencia* 46: 359-370.
- Ponce H. R. 1981 Potencial de producción de los bovinos en el trópico de México. *Ciencia Veterinaria* 3: 394-431.

- Provenza F. D. and J. Villalba J. 2010. The role of natural plant products in modulating the immune system: An adaptable approach for combating disease in grazing animals. *Small Ruminant Research* 89:131-139.
- Provenza F. D., J. J. Villalba, L. E. Dziba, S. B. Atwood, R.E. Banner. 2003. Linking herbivore experience, varied diets, and plant biochemical diversity. *Small Ruminant Research* 49: 257–274
- Provenza F. D., M. Meuret B., P. Gregorini C. 2015. Our landscapes, our livestock, ourselves: Restoring broken linkages among plants, herbivores, and humans with diets that nourish and satiate. *Appetite* 95: 500-519.
- Provenza F.D.1995. Postingestive feedback as an elementary determinant of food preference and intake in ruminants. *Journal of Range Management* 48: 2–17.
- Reyes J.J., C Padilla, M. Gálvez, S. Rey, A. Noda, y C. Redilla. 2015. Intake of tropical forages by crossbred Siboney dairy cows, managed under confinement conditions. *Avances en Investigación Agropecuaria* 19(1): 31-40.
- RStudio. 2014. The “R” Foundation for Statistical Computing Platform. Versión 3.4.3. UNIX
- Rubio M. S. L., D. Braña V., R. D. Méndez M., E. Delgado S. 2013. Sistemas de producción de carne bovina. SAGARPA. Folleto Técnico N° 28.
- Ruiz R. O. 2005. Agroecología: una disciplina que tiende a la transdisciplina. *Interciencia* 31 (2): 140-145.
- Sánchez-González A., y M. González L. 2007. Técnicas de recolecta de plantas y herborización. Manual de herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Consejo Nacional de la Flora de México, A. C. México. pp: 123- 133.
- Sanders K. D., B. Dahl E., and G. Scott. 1980. Bite-count vs Fecal Analysis for Range Animal Diets. *Journal of Range Management* 33: 146-149.
- SAS (Statistical Analysis System). 2010. SAS/STAT, User’s guide Version 4.3.0. SAS Institute
- Scholtz C. H., L. Adrian V. and D. Ute K. 2009. Evolutionary biology and conservation of dung beetles. PENSOFTE Publishers. Bulgaria. 569 p.
- Serrano J.R., H.J. Andrade C., Jairo Mora-Delgado. 2014. Caracterización de la cobertura arbórea en una pastura del trópico seco en Tolima, Colombia. *Agronomía Mesoamericana* 25(1): 99-110.
- Serrao E. S. y M. Días F. 1988. Establecimiento y recuperación de pasturas entre los productores del trópico brasileño. In: Establecimiento y renovación de pasturas. VI Reunión del comité asesor de la RIEPT. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Veracruz. Mexico. pp: 347-383

- Shafiei M., A. Moczek P., and H. Nijhout F. 2001. Food availability controls the onset of metamorphosis in the dung beetle *Onthophagus taurus* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Physiol. Entomol.* 26: 173–180.
- Singh P., and D.S. Upadhyaya. 2001. Biological interaction in tropical grassland ecosystems. In: Shiyomi M., and Koizumi H. (Eds.). *Structure and function in agroecosystem design and management*. CRC Press. FL, USA. pp: 113-143.
- Sosa R.E.E., D. Pérez R., L. Ortega R., G. Zapata B. 2004. Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para alimentación de ovinos. *Técnica Pecuaria México.* 42(2): 129-144.
- Barbero E., Palestini C. y Rolando A. 1999. Dung beetle conservation: effects of habitat and resource selection (Coleoptera: Scarabaeoidea). *Tropical Zoology* 3: 75-84.
- Soto-Pino L., M. Anzuetto M. y S. Quechulpa. 2011. El acahual mejorado, un prototipo agroforestal. Colegio de la Frontera Sur. Chiapas, Mexico. 29 p.
- Tschakert P., O. T. Coomes, and C. Potvin. 2007. Indigenous livelihoods, slash-and-burn agriculture, and carbon stocks in Eastern Panama. *Ecological Economics* 60: 807- 820.
- Van der Horst D.J. y O. Ryan R. 2005. in *Comprehensive Molecular Insect Science*, eds Gilbert L, Latrou IK, Gill SS Vol. 4, Elsevier, Amsterdam. 225–246 pp.
- Van Horn H.H., G. Newton L., R. Nordstedt A., E. French C., G. Kidder., D. Graetz A., and C. Chombliss F. 2003. Dairy manure management: Strategies for recycling nutrients to recover fertilizer value and avoid environment pollution. <http://edu.ifas.ufl.edu/DS096>. Consultado en mayo de 2018.
- Van Soest P.J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2a. ed. Cornell University Press, Ithaca, NY, USA. 476 p.
- Velásquez V. R., and Mora D. J. 2008. Tree and herbaceous cover in naturalized pastures of cattle farms of the dry tropic in Nicaragua. *Revista Colombiana de Ciencia Animal* 21:571-581.
- Villa-Herrera A., M. A. Nava-Tablada., S. López O., S. Vargas-López., E. Ortega-Jimenez., y F. Gallardo-López. 2009. Utilización del guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) como fuente de forraje en la ganadería bovina extensiva del trópico mexicano. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10: 253-261.
- Villalba J. J., F. D., Provenza, and R. E., Banner. 2002. Influence of macronutrient and polyethylene glycol on intake of a quebracho tannin diet by sheep and goats. *Journal of Animal Science* 80:3154-3164.
- XL-STAT. 2018. Complementos estadísticos de Microsoft Excel. Versión 208.5. Addinsoft.

- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca). 2016. Producción Ganadera. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria> [Consultado en marzo 2017].
- Jalali A. R., M. Weisbjerg R., E. Nadeau., T. Randby A., O. Rustase B, M. Eknaesd, and P. Nørgaard. 2015. Effects of forage type, animal characteristics and feed intake on faecal particle size in goat, sheep, llama and cattle. *Animal Feed Science and Technology* 208: 53-65.
- AlHouty W y AlMusalam F. 1997. Dung preference of the dung beetle *Scarabaeus cristatus* Fab (Coleoptera-Scarabaeidae) from Kuwait. *Journal of Arid Environments* 35: 511–516.
- Martínez I. M., M. Cruz R., E. Montes de Oca T. y T. Suárez L. 2011. La función de los Escarabajos del estiércol en los pastizales ganaderos. Secretaría de Educación de Veracruz, Xalapa, Veracruz, México. 73 p.
- Pérez C. A., J. Rojas S., D. Montes V. 2011. Mycorrhizal arbuscular fungi: a biological alternative for sustainable of grasslands agroecosystems in the Colombian Caribbean. *Revista Colombiana de ciencia Animal* 3(2): 366-385.
- Velázquez-Martínez M., S. López-Ortiz., O. Hernández-Mendo., J. Gallegos S. 2011. Chemical and nutritional characterization of different species native to a site grazed by calves in north Veracruz. *Abanico Veterinario* 1(1): 24-29.
- Ley general de desarrollo forestal sustentable. 2018. Cámara de diputados del Honorable Congreso de la Unión. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGDFS_050618.pdf [Consultado en diciembre de 2018].

9. ANEXOS

Anexo 1. Atributos generales de los ambientes y la vegetación. (Falta)

Localidad _____

Fecha _____

Tipo de Vegetación _____

| | | | | | | | | | |
|----|----------------------------|------------|-----------|----------|------------|--|--|--|--|
| | Cuadro | | | | | | | | |
| | Pendiente | | | | | | | | |
| | Orientación | | | | | | | | |
| | Cobertura de leñosas | | | | | | | | |
| | Cobertura de herbáceas | | | | | | | | |
| | Suelo desnudo | | | | | | | | |
| | Presencia de tocones | | | | | | | | |
| | Porcentaje de pedregosidad | | | | | | | | |
| | Factor de perturbación | | | | | | | | |
| | Cobertura interna | | | | | | | | |
| | Cobertura externa | | | | | | | | |
| | Especies | No. | FB | T | DAP | | | | |
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | |

Anexo 2. Listado de especies vegetales inventariadas en los distintos ambientes de pastoreo de bovinos en Paso de Ovejas, Veracruz.

| Familia | Genero | Especie | Estrato |
|----------------|---------------------|----------------------|-----------|
| Malvaceae | <i>Abutilon</i> | <i>trisulcatum</i> | Herbáceo |
| Euphorbiaceae | <i>Acalypha</i> | <i>arvensis</i> | Herbáceo |
| Euphorbiaceae | <i>Acalypha</i> | sp. 1 | Arbóreo |
| Euphorbiaceae | <i>Acalypha</i> | sp. 2 | Herbáceo |
| Fabaceae | <i>Aeschynomene</i> | <i>americana</i> | Herbáceo |
| Fabaceae | <i>Aeschynomene</i> | <i>fascicularis</i> | Herbáceo |
| Fabaceae | <i>Aeschynomene</i> | <i>purpusii</i> | Herbáceo |
| Asparagaceae | <i>Agave</i> | <i>angustifolia</i> | Herbáceo |
| Asteraceae | <i>Aldama</i> | <i>cf. dentata</i> | Herbáceo |
| Fabaceae | <i>Alysicarpus</i> | <i>vaginalis</i> | Herbáceo |
| Rutaceae | <i>Amyris</i> | <i>purpusii</i> | Arbustivo |
| Poaceae | <i>Andropogon</i> | <i>gayanus</i> | Herbáceo |
| Poaceae | <i>Anthephora</i> | <i>hermaphrodita</i> | Herbáceo |
| Polygonaceae | <i>Antigonon</i> | sp. | Bejuco |
| Poaceae | <i>Aristida</i> | <i>ternipes</i> | Herbáceo |
| Bignoniaceae | <i>Arrabidaea</i> | <i>pubescens</i> | Liana |
| Apocynaceae | <i>Asclepias</i> | <i>oenotheroides</i> | Herbáceo |
| Malvaceae | <i>Ayenia</i> | <i>micrantha</i> | Herbáceo |
| Malvaceae | <i>Ayenia</i> | <i>standleyi</i> | Herbáceo |
| Plantaginaceae | <i>Bacopa</i> | <i>braunii</i> | Herbáceo |
| Plantaginaceae | <i>Bacopa</i> | <i>procumbens</i> | Herbáceo |
| Asteraceae | <i>Baltimora</i> | <i>recta</i> | Herbáceo |
| Euphorbiaceae | <i>Bernardia</i> | <i>interrupta</i> | Arbóreo |
| Asteraceae | <i>Bidens</i> | <i>pilosa</i> | Herbáceo |
| Poaceae | <i>Bouteloua</i> | <i>repens</i> | Herbáceo |
| Bromeliaceae | <i>Bromelia</i> | <i>pinguin</i> | Herbáceo |
| Sapotaceae | <i>Bumelia</i> | <i>persimilis</i> | Arbóreo |
| Malpighiaceae | <i>Bunchosia</i> | <i>biocellata</i> | Arbóreo |
| Burseraceae | <i>Bursera</i> | <i>fagaroides</i> | Arbóreo |
| Burseraceae | <i>Bursera</i> | <i>graveolens</i> | Arbóreo |
| Burseraceae | <i>Bursera</i> | <i>simaruba</i> | Arbóreo |
| Malvaceae | <i>Byttneria</i> | <i>aculeata</i> | Bejuco |
| Asteraceae | <i>Calea</i> | <i>urticifolia</i> | Arbustivo |
| Asteraceae | <i>Calea</i> | <i>zacatechichi</i> | Arbustivo |
| Fabaceae | <i>Calliandra</i> | <i>houstoniana</i> | Arbustivo |
| Fabaceae | <i>Calliandra</i> | <i>rubescens</i> | Arbóreo |
| Fabaceae | <i>Calliandra</i> | sp. | Arbóreo |
| Fabaceae | <i>Calopogonium</i> | sp. | Herbáceo |

| | | | |
|---------------|----------------------|--|-----------|
| Malvaceae | <i>Ceiba</i> | <i>aesculifolia</i> | Arbóreo |
| Cannabaceae | <i>Celtis</i> | <i>caudata</i> | Arbóreo |
| Poaceae | <i>Cenchrus</i> | <i>brownii</i> | Herbáceo |
| Cactaceae | <i>Cephalocereus</i> | <i>palmeri</i> var. <i>sartorianus</i> | Arbustivo |
| Solanaceae | <i>Cestrum</i> | <i>dumetorum</i> | Arbustivo |
| Fabaceae | <i>Chamaecrista</i> | <i>nictitans</i> | Herbáceo |
| Fabaceae | <i>Chamaecrista</i> | sp. | Herbáceo |
| Rubiaceae | <i>Chiococca</i> | <i>alba</i> | Arbustivo |
| Poaceae | <i>Chloris</i> | <i>virgata</i> | Herbáceo |
| Fabaceae | <i>Chloroleucon</i> | <i>magense</i> | Arbóreo |
| Verbenaceae | <i>Citharexylum</i> | <i>berlandieri</i> | Arbustivo |
| Cleomaceae | <i>Cleome</i> | <i>guianensis</i> | Herbáceo |
| Cleomaceae | <i>Cleome</i> | <i>viscosa</i> | Herbáceo |
| Cleomaceae | <i>Cleome</i> | sp. | Herbáceo |
| Euphorbiaceae | <i>Cnidioscolus</i> | <i>aconitifolius</i> | Arbustivo |
| Polygonaceae | <i>Coccoloba</i> | <i>liebmannii</i> | Arbóreo |
| Bixaceae | <i>Cochlospermum</i> | <i>vitifolium</i> | Arbóreo |
| Rhamnaceae | <i>Colubrina</i> | <i>heteroneura</i> | Arbustivo |
| Combretaceae | <i>Combretum</i> | <i>fruticosum</i> | Liana |
| Commelinaceae | <i>Commelina</i> | <i>rufipes</i> | Herbáceo |
| Anacardiaceae | <i>Comocladia</i> | <i>engleriana</i> | Arbóreo |
| Malvaceae | <i>Corchorus</i> | <i>aestuans</i> | Arbustivo |
| Malvaceae | <i>Corchorus</i> | <i>orinocensis</i> | Herbáceo |
| Malvaceae | <i>Corchorus</i> | <i>siliquosus</i> | Herbáceo |
| Boraginaceae | <i>Cordia</i> | <i>alliodora</i> | Arbóreo |
| Boraginaceae | <i>Cordia</i> | <i>foliosa</i> | Arbustivo |
| Boraginaceae | <i>Cordia</i> | <i>podocephala</i> | Arbustivo |
| Boraginaceae | <i>Cordia</i> | <i>pringlei</i> | Arbustivo |
| Fabaceae | <i>Coursetia</i> | <i>caribaea</i> | Arbustivo |
| Bignoniaceae | <i>Crescentia</i> | <i>alata</i> | Arbóreo |
| Euphorbiaceae | <i>Croton</i> | <i>glabellus</i> | Arbustivo |
| Euphorbiaceae | <i>Croton</i> | <i>miradorensis</i> | Arbustivo |
| Euphorbiaceae | <i>Croton</i> | <i>repens</i> | Herbáceo |
| Euphorbiaceae | <i>Croton</i> | sp. 1 | Herbáceo |
| Euphorbiaceae | <i>Croton</i> | sp. 2 | Arbóreo |
| Lythraceae | <i>Cuphea</i> | <i>carthagenensis</i> | Herbáceo |
| Lythraceae | <i>Cuphea</i> | <i>decandra</i> | Arbustivo |
| Poaceae | <i>Cynodon</i> | <i>plectostachyus</i> | Herbáceo |
| Cyperaceae | <i>Cyperus</i> | <i>hermaphroditus</i> | Herbáceo |
| Cyperaceae | <i>Cyperus</i> | <i>ligularis</i> | Herbáceo |
| Cyperaceae | <i>Cyperus</i> | <i>panamensis</i> | Herbáceo |
| Cyperaceae | <i>Cyperus</i> | <i>surinamensis</i> | Herbáceo |
| Fabaceae | <i>Dalea</i> | <i>cliffortiana</i> | Herbáceo |

| | | | |
|-----------------|----------------------|---------------------------------|-----------|
| Fabaceae | <i>Desmodium</i> | <i>incanum</i> | Herbáceo |
| Fabaceae | <i>Desmodium</i> | <i>infractum</i> | Herbáceo |
| Fabaceae | <i>Desmodium</i> | sp. 1 | Herbáceo |
| Fabaceae | <i>Desmodium</i> | sp. 2 | Herbáceo |
| Fabaceae | <i>Desmodium</i> | sp. 3 | Herbáceo |
| Fabaceae | <i>Desmodium</i> | sp. 4 | Bejuco |
| Annonaceae | <i>Desmopsis</i> | <i>galeottiana</i> | Arbustivo |
| Poaceae | <i>Dichanthelium</i> | <i>sphaerocarpon</i> | Herbáceo |
| Poaceae | <i>Digitaria</i> | <i>ciliaris</i> | Herbáceo |
| Poaceae | <i>Dinebra</i> | <i>panicea subsp. brachiata</i> | Herbáceo |
| Rubiaceae | <i>Diodia</i> | <i>brasiliensis</i> | Herbáceo |
| Rubiaceae | <i>Diodia</i> | <i>teres</i> | Herbáceo |
| Dioscoreaceae | <i>Dioscorea</i> | <i>floribunda</i> | Bejuco |
| Dioscoreaceae | <i>Dioscorea</i> | sp. | Bejuco |
| Ebenaceae | <i>Diospyros</i> | <i>verae-crucis</i> | Arbustivo |
| Fabaceae | <i>Diphysa</i> | <i>carthagenensis</i> | Arbustivo |
| Moraceae | <i>Dorstenia</i> | <i>contrajerva</i> | Herbáceo |
| Verbenaceae | <i>Duranta</i> | <i>repens</i> | Herbáceo |
| Asparagaceae | <i>Echeandia</i> | <i>parviflora</i> | Herbáceo |
| Poaceae | <i>Echinochloa</i> | <i>colona</i> | Herbáceo |
| Cyperaceae | <i>Eleocharis</i> | <i>geniculata</i> | Herbáceo |
| Asteraceae | <i>Elvira</i> | <i>biflora</i> | Herbáceo |
| Acanthaceae | <i>Elytraria</i> | <i>imbricata</i> | Herbáceo |
| Fabaceae | <i>Enterolobium</i> | <i>cyclocarpum</i> | Arbóreo |
| Fabaceae | <i>Erythrostemon</i> | <i>mexicanus</i> | Arbóreo |
| Erythroxylaceae | <i>Erythroxylum</i> | <i>areolatum</i> | Arbóreo |
| Erythroxylaceae | <i>Erythroxylum</i> | <i>havanense</i> | Arbóreo |
| Rutaceae | <i>Esenbeckia</i> | <i>berlandieri</i> | Arbóreo |
| Myrtaceae | <i>Eugenia</i> | <i>hypargyrea</i> | Arbustivo |
| Myrtaceae | <i>Eugenia</i> | sp. | Arbustivo |
| Euphorbiaceae | <i>Euphorbia</i> | <i>hirta</i> | Herbáceo |
| Euphorbiaceae | <i>Euphorbia</i> | <i>hyssopifolia</i> | Herbáceo |
| Euphorbiaceae | <i>Euphorbia</i> | <i>schlechtendalii</i> | Arbóreo |
| Convolvulaceae | <i>Evolvulus</i> | <i>alsinoides</i> | Herbáceo |
| Cyperaceae | <i>Fimbristylis</i> | <i>dichotoma</i> | Herbáceo |
| Apocynaceae | <i>Forsteronia</i> | <i>spicata</i> | Liana |
| Cyperaceae | <i>Fuirena</i> | <i>simplex</i> | Herbáceo |
| Apocynaceae | <i>Funastrum</i> | <i>bilobum</i> | Herbáceo |
| Fabaceae | <i>Galactia</i> | <i>striata</i> | Herbáceo |
| Asteraceae | <i>Galeana</i> | <i>pratensis</i> | Herbáceo |
| Apocynaceae | <i>Gonolobus</i> | sp. | Bejuco |
| Loasaceae | <i>Gronovia</i> | <i>scandens</i> | Herbáceo |
| Malvaceae | <i>Guazuma</i> | <i>ulmifolia</i> | Arbóreo |

| | | | |
|----------------|---------------------|----------------------|-----------|
| Rubiaceae | <i>Guettarda</i> | <i>elliptica</i> | Arbóreo |
| Malvaceae | <i>Heliocarpus</i> | <i>pallidus</i> | Arbóreo |
| Boraginaceae | <i>Heliotropium</i> | <i>fruticosum</i> | Herbáceo |
| Malpighiaceae | <i>Heteropterys</i> | <i>brachiata</i> | Liana |
| Rubiaceae | <i>Hintonia</i> | <i>latiflora</i> | Arbóreo |
| Celastraceae | <i>Hippocratea</i> | <i>celastroides</i> | Liana |
| Violaceae | <i>Hybanthus</i> | <i>attenuatus</i> | Herbáceo |
| Poaceae | <i>Hyparrhenia</i> | <i>rufa</i> | Herbáceo |
| Lamiaceae | <i>Hyptis</i> | <i>suaveolens</i> | Herbáceo |
| Fabaceae | <i>Indigofera</i> | <i>miniata</i> | Herbáceo |
| Fabaceae | <i>Indigofera</i> | sp. | Arbóreo |
| Convolvulaceae | <i>Ipomoea</i> | <i>hederifolia</i> | Bejuco |
| Convolvulaceae | <i>Ipomoea</i> | <i>jalapa</i> | Bejuco |
| Convolvulaceae | <i>Ipomoea</i> | <i>wolcottiana</i> | Arbóreo |
| Convolvulaceae | <i>Ipomoea</i> | sp. 1 | Bejuco |
| Amaranthaceae | <i>Iresine</i> | <i>nigra</i> | Arbóreo |
| Asteraceae | <i>Isocarpha</i> | <i>oppositifolia</i> | Herbáceo |
| Convolvulaceae | <i>Jacquemontia</i> | <i>sphaerostigma</i> | Herbáceo |
| Convolvulaceae | <i>Jacquemontia</i> | sp. | Bejuco |
| Asteraceae | <i>Lagascea</i> | <i>mollis</i> | Herbáceo |
| Poaceae | <i>Lasiacis</i> | <i>rugelli</i> | Herbáceo |
| Verbenaceae | <i>Lantana</i> | <i>camara</i> | Arbustivo |
| Verbenaceae | <i>Lantana</i> | <i>hirta</i> | Arbustivo |
| Fabaceae | <i>Leucaena</i> | <i>leucocephala</i> | Arbóreo |
| Fabaceae | <i>Leucaena</i> | <i>lanceolata</i> | Arbóreo |
| Fabaceae | <i>Leucaena</i> | sp. | Arbóreo |
| Fabaceae | <i>Lonchocarpus</i> | sp. | Arbóreo |
| Malvaceae | <i>Luehea</i> | <i>candida</i> | Arbóreo |
| Lygodiaceae | <i>Lygodium</i> | <i>venustum</i> | Bejuco |
| Fabaceae | <i>Lysiloma</i> | <i>auritum</i> | Arbóreo |
| Moraceae | <i>Maclura</i> | <i>tinctoria</i> | Arbóreo |
| Malvaceae | <i>Malachra</i> | <i>fasciata</i> | Herbáceo |
| Malpighiaceae | <i>Malpighia</i> | <i>emarginata</i> | Arbóreo |
| Malpighiaceae | <i>Malpighia</i> | <i>glabra</i> | Arbóreo |
| Malvaceae | <i>Malvaviscus</i> | <i>arboreus</i> | Arbustivo |
| Apocynaceae | <i>Mandevilla</i> | <i>acutiloba</i> | Bejuco |
| Marantaceae | <i>Maranta</i> | <i>arundinacea</i> | Herbáceo |
| Phyllanthaceae | <i>Margaritaria</i> | <i>nobilis</i> | Arbóreo |
| Martyniaceae | <i>Martynia</i> | <i>annua</i> | Herbáceo |
| Plantaginaceae | <i>Mecardonia</i> | <i>procumbens</i> | Herbáceo |
| Asteraceae | <i>Melampodium</i> | <i>divaricatum</i> | Herbáceo |
| Poaceae | <i>Melinis</i> | <i>repens</i> | Herbáceo |
| Malvaceae | <i>Melochia</i> | <i>pyramidata</i> | Herbáceo |

| | | | |
|----------------|-----------------------|----------------------|-----------|
| Malvaceae | <i>Melochia</i> | <i>tomentosa</i> | Arbustivo |
| Fabaceae | <i>Mimosa</i> | <i>albida</i> | Arbustivo |
| Fabaceae | <i>Mimosa</i> | <i>pigra</i> | Arbustivo |
| Fabaceae | <i>Mimosa</i> | <i>tricephala</i> | Arbóreo |
| Fabaceae | <i>Mimosa</i> | sp. | Arbustivo |
| Poaceae | <i>Mnesithea</i> | <i>granularis</i> | Herbáceo |
| Fabaceae | <i>Mucuna</i> | <i>pruriens</i> | Herbáceo |
| Cactaceae | <i>Neobuxbaumia</i> | sp. | Arbóreo |
| Orchidaceae | <i>Oeceoclades</i> | <i>maculata</i> | Herbáceo |
| Convolvulaceae | <i>Operculina</i> | <i>pinnatifida</i> | Herbáceo |
| Cactaceae | <i>Opuntia</i> | <i>dejecta</i> | Herbáceo |
| Lamiaceae | <i>Ocimum</i> | <i>micranthum</i> | Herbáceo |
| Fabaceae | <i>Pachyrhizus</i> | <i>erosus</i> | Bejuco |
| Poaceae | <i>Panicum</i> | <i>maximum</i> | Herbáceo |
| Poaceae | <i>Panicum</i> | <i>trichoides</i> | Herbáceo |
| Poaceae | <i>Panicum</i> | Sp. | Herbáceo |
| Poaceae | <i>Panicum</i> | <i>hirticaule</i> | Herbáceo |
| Asteraceae | <i>Parthenium</i> | <i>fruticosum</i> | Arbustivo |
| Poaceae | <i>Paspalum</i> | <i>langei</i> | Herbáceo |
| Passifloraceae | <i>Passiflora</i> | <i>biflora</i> | Bejuco |
| Passifloraceae | <i>Passiflora</i> | <i>pallida</i> | Bejuco |
| Passifloraceae | <i>Passiflora</i> | <i>yucatanensis</i> | Liana |
| Asteraceae | <i>Pectis</i> | <i>prostrata</i> | Herbáceo |
| Verbenaceae | <i>Petrea</i> | <i>volubilis</i> | Liana |
| Phyllanthaceae | <i>Phyllanthus</i> | <i>caroliniensis</i> | Arbustivo |
| Solanaceae | <i>Physalis</i> | <i>cinerascens</i> | Herbáceo |
| Solanaceae | <i>Physalis</i> | <i>gracilis</i> | Herbáceo |
| Solanaceae | <i>Physalis</i> | <i>lagascae</i> | Herbáceo |
| Solanaceae | <i>Physalis</i> | <i>melanocystis</i> | Arbustivo |
| Solanaceae | <i>Physalis</i> | <i>solanacea</i> | Herbáceo |
| Fabaceae | <i>Piscidia</i> | <i>piscipula</i> | Arbóreo |
| Nyctaginaceae | <i>Pisonia</i> | <i>aculeata</i> | Arbustivo |
| Fabaceae | <i>Pithecellobium</i> | sp. | Arbustivo |
| Polygalaceae | <i>Polygala</i> | <i>rivinifolia</i> | Herbáceo |
| Polygalaceae | <i>Polygala</i> | sp. | Arbustivo |
| Portulacaceae | <i>Portulaca</i> | <i>oleracea</i> | Herbáceo |
| Portulacaceae | <i>Portulaca</i> | <i>pilosa</i> | Herbáceo |
| Verbenaceae | <i>Priva</i> | <i>lappulacea</i> | Herbáceo |
| Myrtaceae | <i>Psidium</i> | <i>sartorianum</i> | Arbóreo |
| Rubiaceae | <i>Psychotria</i> | <i>erythrocarpa</i> | Arbustivo |
| Rubiaceae | <i>Randia</i> | <i>albonervia</i> | Arbustivo |
| Rubiaceae | <i>Randia</i> | <i>laetevirens</i> | Arbustivo |
| Rubiaceae | <i>Randia</i> | <i>punctata</i> | Arbustivo |

| | | | |
|---------------|---------------------|---|-----------|
| Apocynaceae | <i>Rauvolfia</i> | <i>tetraphylla</i> | Arbóreo |
| Celastraceae | <i>Rhacoma</i> | <i>uragoga</i> | Arbustivo |
| Fabaceae | <i>Rhynchosia</i> | <i>caribaea</i> | Bejuco |
| Fabaceae | <i>Rhynchosia</i> | <i>minima</i> | Herbáceo |
| Cyperaceae | <i>Rhynchospora</i> | <i>contracta</i> | Herbáceo |
| Rubiaceae | <i>Richardia</i> | <i>scabra</i> | Herbáceo |
| Petiveriaceae | <i>Rivina</i> | <i>humilis</i> | Herbáceo |
| Acanthaceae | <i>Ruellia</i> | <i>inundata</i> | Herbáceo |
| Acanthaceae | <i>Ruellia</i> | <i>nudiflora</i> | Herbáceo |
| Acanthaceae | <i>Ruellia</i> | <i>tweedii</i> | Herbáceo |
| Sapindaceae | <i>Sapindus</i> | <i>saponaria</i> | Arbóreo |
| Celastraceae | <i>Schaefferia</i> | <i>frutescens</i> | Arbustivo |
| Cactaceae | <i>Selenicereus</i> | sp. | Arbustivo |
| Fabaceae | <i>Senna</i> | <i>atomaria</i> | Arbóreo |
| Fabaceae | <i>Senna</i> | <i>pallida</i> | Arbustivo |
| Sapindaceae | <i>Serjania</i> | <i>racemosa</i> | Liana |
| Poaceae | <i>Setaria</i> | <i>parviflora</i> | Herbáceo |
| Poaceae | <i>Setaria</i> | <i>sulcata</i> | Herbáceo |
| Malvaceae | <i>Sida</i> | <i>acuta</i> | Herbáceo |
| Malvaceae | <i>Sida</i> | <i>rhombofolia</i> | Herbáceo |
| Malvaceae | <i>Sida</i> | <i>spinosa</i> | Herbáceo |
| Smilacaceae | <i>Smilax</i> | sp. | Bejuco |
| Solanaceae | <i>Solanum</i> | <i>adscendens</i> | Herbáceo |
| Solanaceae | <i>Solanum</i> | <i>tridynamum</i> | Arbustivo |
| Rubiaceae | <i>Spermacoce</i> | <i>laevis</i> | Herbáceo |
| Rubiaceae | <i>Spermacoce</i> | <i>tetraquetra</i> | Herbáceo |
| Loganiaceae | <i>Spigelia</i> | <i>anthelmia</i> | Herbáceo |
| Anacardiaceae | <i>Spondias</i> | <i>purpurea</i> | Arbóreo |
| | <i>Sporophyllum</i> | <i>punctatum</i> | Herbáceo |
| Poaceae | <i>Sporobolus</i> | <i>indicus</i> | Herbáceo |
| Apocynaceae | <i>Stemmadenia</i> | <i>obovata</i> | Arbustivo |
| Acanthaceae | <i>Stenandrium</i> | <i>dulce</i> | Herbáceo |
| Fabaceae | <i>Stylosanthes</i> | <i>calcicola</i> | Herbáceo |
| Bignoniaceae | <i>Tabebuia</i> | <i>ochracea</i> var. <i>neochrysantha</i> | Arbóreo |
| Verbenaceae | <i>Tamonea</i> | <i>curassavica</i> | Arbustivo |
| Fabaceae | <i>Tara</i> | <i>cacalaco</i> | Arbóreo |
| Malpighiaceae | <i>Tetrapteryx</i> | <i>schiedeana</i> | Liana |
| Apocynaceae | <i>Thevetia</i> | <i>peruviana</i> | Arbustivo |
| Sapindaceae | <i>Thouinidium</i> | <i>decandrum</i> | Arbóreo |
| Euphorbiaceae | <i>Tragia</i> | <i>nepetifolia</i> | Bejuco |
| Meliaceae | <i>Trichilia</i> | <i>hirta</i> | Arbóreo |
| Meliaceae | <i>Trichilia</i> | <i>trifolia</i> | Arbóreo |
| Asteraceae | <i>Tridax</i> | <i>procumbens</i> | Herbáceo |

| | | | |
|------------------|--------------------|-----------------------|-----------|
| Fabaceae | <i>Vachellia</i> | <i>campechiana</i> | Arbóreo |
| Fabaceae | <i>Vachellia</i> | <i>cornigera</i> | Arbóreo |
| Fabaceae | <i>Vachellia</i> | <i>farnesiana</i> | Arbóreo |
| Fabaceae | <i>Vachellia</i> | <i>macracantha</i> | Arbóreo |
| Fabaceae | <i>Vachellia</i> | <i>pennatula</i> | Arbóreo |
| Asteraceae | <i>Verbesina</i> | sp. | Arbustivo |
| Vitaceae | <i>Vitis</i> | <i>bourgaeana</i> | Liana |
| Malvaceae | <i>Waltheria</i> | <i>indica</i> | Herbáceo |
| Celastraceae | <i>Wimmeria</i> | <i>concolor</i> | Arbóreo |
| Celastraceae | <i>Wimmeria</i> | <i>pubescens</i> | Arbóreo |
| Malvaceae | <i>Wissadula</i> | <i>periplocifolia</i> | Arbustivo |
| Salicaceae | <i>Xylosma</i> | <i>velutina</i> | Arbustivo |
| Rutaceae | <i>Zanthoxylum</i> | <i>fagara</i> | Arbustivo |
| Fabaceae | <i>Zapoteca</i> | <i>lambertiana</i> | Arbustivo |
| Fabaceae | <i>Zornia</i> | <i>diphylla</i> | Herbáceo |
| Morfo 1 | | | Arbustivo |
| Morfo 2 | | | Arbóreo |
| Apocynaceae | | | Liana |
| Asteraceae 1 | | | Arbustivo |
| Asteraceae 2 | | | Liana |
| Asteraceae 3 | | | Arbustivo |
| Asteraceae 4 | | | Herbáceo |
| Asteraceae 5 | | | Herbáceo |
| Asteraceae 6 | | | Herbáceo |
| Asteraceae 7 | campechana | | Herbáceo |
| Bignoniaceae 1 | | | Liana |
| Bignoniaceae 2 | | | Liana |
| Boraginaceae 1 | | | Liana |
| Convolvulaceae | | | Bejuco |
| Convolvulaceae 1 | 5 lóbulos | | Bejuco |
| Convolvulaceae 2 | | | Bejuco |
| Cucurbitaceae | | | Bejuco |
| Desconocida 3 | | | Bejuco |
| Desconocida 4 | | | Herbáceo |
| Fabaceae 1 | | | Herbáceo |
| Poaceae 1 | | | Herbáceo |
| Poaceae 2 | | | Herbáceo |
| Poaceae 3 | | | Herbáceo |
| Poaceae 1? | | | Herbáceo |
| Poaceae 2? | | | Herbáceo |
| Poaceae | Desconocida | | Herbáceo |
| Poaceae | Espiga pareada | | Herbáceo |
| Poaceae | Espiga simple | | Herbáceo |

| | | |
|----------------------|-----------|-----------|
| Sapindaceae | | Herbáceo |
| Semileñosa 1 | | Arbustivo |
| Semileñosa 2 | | Arbustivo |
| Semileñosa 3 | | Bejuco |
| Trifoliada zarcillos | | |
| | Escobilla | Herbáceo |

Anexo 3. Técnica de recolecta de plantas y herborización (BCMF, 1996).

- Seleccionar ejemplares en buenas condiciones, libres de daño por insectos, de hongos o de enfermedades.
- Seleccionar plantas con partes maduras (hojas, tallos, raíces, flores, frutos u otras estructuras reproductivas) bien desarrolladas.
- Seleccionar ejemplares que representen el intervalo de variación de la población, no ejemplares atípicos.
- Recolectar plantas completas cuando sea posible, aún si estas son grandes (la planta puede dividirse al momento del prensado).
- Recolectar suficiente material representativo de cada especie como para llenar tres hojas estándar de herbario (30 x 42 cm).
- En herbáceas, recolectar al menos tallos, hojas, flores o frutos; en árboles y arbustos, ramas con hojas y flores.
- Recolectar flores y frutos extra, para su posterior disección.
- Retener tanto del sistema radicular como sea posible. Remover el exceso de suelo, pues este puede causar malformaciones y deterioro en algunas plantas.
- Poner todos los ejemplares de la misma especie, de una misma localidad, dentro de una bolsa o carpeta de colección.
- Conforme se colectaron los ejemplares se asignó un número de recolecta.

Se colocaron las plantas en una prensa y se secaron tan rápido como fue posible, con el fin de prevenir infecciones por hongos.

Anexo 4. Formato para el registro de bocados de las especies de plantas consumidas por vaca y listado del total de especies registradas en las dietas de los ocho ambientes de pastoreo.

Formato para el registro de bocados de las especies de plantas consumidas por vaca

| Sitio | vaca | Sp 1 | bocados | Sp 2 | bocados | Sp 3 | bocados | Sp 5 | bocados | Diversidad |
|-------|------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------------|
| | | | | | | | | | | |
| | 1 | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | | |
| | 5 | | | | | | | | | |

Listado de especies vegetales encontradas en la dieta de bovinos en distintos tipos de sistemas de pastoreo en Paso de Ovejas, Veracruz.

| Familia | Genero | Especie | Estrato vegetativo |
|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Acanthaceae | <i>Stenandrium</i> | <i>dulce</i> | Arbóreo |
| Amaranthaceae | | Sp. | Herbáceo |
| Apocynaceae | <i>Forsteronia</i> | <i>spicata</i> | Bejuco |
| | <i>Stemmadenia</i> | <i>grandiflora</i> | Arbóreo |
| Asteraceae | <i>Asteracea</i> | Sp. | Herbáceo |
| | <i>Baltimora</i> | <i>recta</i> | Herbáceo |
| | <i>Blechum</i> | <i>brownei</i> | Herbáceo |
| | <i>Galinsoga</i> | <i>palviflora</i> | Herbáceo |
| | <i>Asteracea</i> | Sp. | Herbáceo |
| | <i>Elvira</i> | <i>biflora</i> | Herbáceo |
| | <i>Asteracea</i> | Sp. | Herbáceo |
| | <i>Lagacea</i> | <i>mollis</i> | Herbáceo |
| | <i>Pectis</i> | <i>Postrata</i> | Herbáceo |
| | <i>Asteracea</i> | Sp. | Herbáceo |
| | <i>Arrabidaea</i> | <i>pubecens</i> | Bejuco |
| | | | Herbáceo |
| Bignoniaceae | <i>Crecentia</i> | <i>cujete</i> | Arbóreo |
| Celastraceae | <i>Rhacoma</i> | <i>uragoga</i> | Arbusto |
| | <i>Wilmeria</i> | <i>pubecens</i> | Arbusto |
| Commelinaceae | <i>Commelina</i> | <i>rufipes</i> | Herbáceo |
| Convolvulaceae | <i>jaquemontia</i> | Sp. | Bejuco |
| | <i>Ipomea</i> | Sp | Bejuco |
| | <i>Ipomoea</i> | <i>wolcottiana</i> | Arbóreo |
| Cyperaceae | <i>Cyperus</i> | Sp. | Gramínea |
| Euphorbiaceae | <i>Croton</i> | Sp. | Arbusto |

| | | | |
|----------------|---------------------|---------------------|----------|
| Fabaceae | <i>Aeschynomene</i> | <i>purpusii</i> | Herbáceo |
| | <i>Alysicarpus</i> | <i>vaginalis</i> | Herbáceo |
| | <i>Chamaecrista</i> | <i>nictitans</i> | Herbáceo |
| | <i>Chloroleucon</i> | <i>mangense</i> | Arbóreo |
| | <i>Desmodium</i> | Sp. | Bejuco |
| | <i>Desmodium</i> | Sp. | Bejuco |
| | <i>Desmodium</i> | Sp. | Bejuco |
| | <i>Desmodium</i> | <i>infractum</i> | Bejuco |
| | <i>Desmodium</i> | Sp. | Bejuco |
| | <i>Desmodium</i> | Sp. | Bejuco |
| | <i>Diphysa</i> | <i>minutifolia</i> | Arbóreo |
| | <i>Galactia</i> | <i>striata</i> | Bejuco |
| | <i>Leucaena</i> | <i>lanceolata</i> | Arbóreo |
| | <i>Leucaena</i> | <i>leucocephala</i> | Arbóreo |
| | <i>Leucaena</i> | Sp. | Arbóreo |
| | <i>Lysiloma</i> | <i>acapulsensis</i> | Arbóreo |
| | <i>Mimosa</i> | Sp. | Herbáceo |
| | <i>Mimosa</i> | <i>tricephala</i> | Arbusto |
| | <i>Mucuna</i> | <i>Pruriens</i> | Bejuco |
| | <i>Senna</i> | <i>atomaria</i> | Arbóreo |
| | <i>Senna</i> | <i>pallida</i> | Arbusto |
| | <i>Zapoteca</i> | <i>lambertiana</i> | Arbusto |
| | <i>Centrosema</i> | <i>pubescens</i> | Bejuco |
| Loganiaceae | <i>Spigelia</i> | <i>anthelmia</i> | Herbáceo |
| Moracea | <i>Maclura</i> | <i>tinctotia</i> | Arbóreo |
| Malvaceae | | | Herbáceo |
| Passifloraceae | <i>Pasiflora</i> | Sp. | Bejuco |
| | <i>Pasiflora</i> | <i>pallida</i> | Bejuco |
| | <i>Passiflora</i> | <i>yucatanensis</i> | Bejuco |
| Poaceae | <i>Andropogon</i> | <i>gayanus</i> | Gramínea |
| | <i>Brachiaria</i> | <i>dictyoneura</i> | Gramínea |
| | <i>Digitaria</i> | <i>Ciliaris</i> | Gramínea |
| | <i>Cynodon</i> | <i>dactylon</i> | Gramínea |
| | <i>Digitaria</i> | <i>eriantha</i> | Gramínea |
| | <i>Hyparrhemia</i> | <i>rufa</i> | Gramínea |
| | <i>Lasciasis</i> | <i>rugelii</i> | Herbáceo |
| | <i>Megathyrsus</i> | <i>maximus</i> | Gramínea |
| | <i>Setaria</i> | Sp. | Gramínea |
| | <i>Setaria</i> | <i>sulcata</i> | Gramínea |
| Rubiaceae | <i>Randia</i> | <i>punctata</i> | Arbóreo |
| | <i>Randia</i> | Sp. | Arbóreo |
| Sapindaceae | <i>Serjania</i> | <i>rasemosa</i> | Bejuco |
| | <i>Physallis</i> | <i>melanocystis</i> | Herbáceo |

| | | | |
|---------------|----------------|------------------|----------|
| Sterculiaceae | <i>Guazuma</i> | <i>ulmifolia</i> | Arbóreo |
| Verbenaceae | <i>Lantana</i> | <i>hirta</i> | Herbáceo |
| | <i>Lantana</i> | <i>camara</i> | Herbáceo |
| Vitaceae | <i>Vitis</i> | Sp. | Bejuco |
| Otras | | | Herbáceo |
| * | | | Herbáceo |
| * | | | Herbáceo |
| * | | | Bejuco |
| * | | | Arbusto |
| * | | | Arbusto |
| * | | | Arbusto |

Anexo 5. Descripción de la técnica de Digestibilidad *in situ* (Ørskov y McDonal, 1979).

Antes del ensayo de digestibilidad *in situ* de la materia seca los tres bovinos con fistula ruminal fueron alimentados con un concentrado con 24 % de proteína durante cinco días previos a la prueba para homogenizar el ambiente del rumen.



Figura 13. Vaca con fistula ruminal (A), vacas fistuladas alimentándose de concentrado con 24 % de proteína (B).

Para llevar a cabo la incubación ruminal se utilizaron bolsas de nylon de 5 x 10 cm y malla de 53 μm . En cada bolsa se pesaron 5g de la muestra del forraje y se pesaron las muestras por duplicado. Las bolsas con las muestras se metieron a una malla de cuerda de nylon para garantizar que las muestras estuvieran inmersas en el saco ventral del rumen. Las bolsas fueron incubadas en el rumen durante 48 h. Después de la incubación las bolsas fueron retiradas del rumen, se lavaron con agua a baja presión hasta que salió agua clara de la bolsa y luego se secaron en un horno de aire forzado a 60 °C durante 48 h a un peso constante. La pérdida de MS se estimó por el cambio en peso de la muestra en la bolsa antes y después de la incubación ruminal, de acuerdo con la metodología de Ørskov y McDonald (1979), de la siguiente forma:

$$\text{MS desaparecida (\%)} = [(\text{MS inicial} - \text{MS final}) / \text{MS inicial}] \times 100.$$