



COLEGIO DE POSTGRUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS VERACRUZ

POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES

**DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y CAPACIDAD DE CARGA EN
SITIOS CON VEGETACIÓN SECUNDARIA DE SELVA BAJA
SUJETOS A PASTOREO**

OSMAR ESPINOSA PALOMEQUE

TESIS

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

MAESTRO EN CIENCIAS

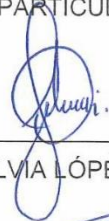
TEPETATES, MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ

2019

La presente tesis, titulada: **Diversidad florística y capacidad de carga en sitios con vegetación secundaria de selva baja sujetos a pastoreo** realizada por el alumno: **Osmar Espinosa Palomeque**, bajo la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS
AGROECOSISTEMAS TROPICALES
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJO:



DRA. SILVIA LÓPEZ ORTIZ

ASESOR:



DR. GONZALO CASTILLO CAMPOS

ASESOR:



DR. PONCIANO PÉREZ HERNANDEZ

ASESOR:



DRA. LUCRECIA ARELLANO GÁMEZ

Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México, 31 de mayo de 2019.

DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y CAPACIDAD DE CARGA EN SITIOS CON VEGETACIÓN SECUNDARIA DE SELVA BAJA SUJETOS A PASTOREO

Osmar Espinosa Palomeque, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2019

Se determinó la diversidad florística, la cantidad y composición botánica de la biomasa forrajera y capacidad de carga en sitios con vegetación secundaria de selva baja, sujetos a pastoreo. Se estudiaron seis sitios sujetos a pastoreo extensivo y en uno se evaluó la respuesta de la vegetación al pastoreo racional Voisin (PRV). Se listaron 191 especies (todos los sitios) incluyendo 51 especies potencialmente forrajeras. Con la presencia/ausencia de especies se formó un grupo de vegetación más conservada dominado por leñosas y otro menos conservado donde herbáceas y arbustos fueron más abundantes. La biomasa disponible de 1000 a 1200 kg MS ha⁻¹ (30-70 % de biomasa de leñosas), soporta baja capacidad de carga (0.2-0.3 UGM ha⁻¹). En el sitio con PRV, la mayoría de las especies identificadas fueron forrajeras (58 especies), excepto dos. Los potreros más productivos (2500-3800 kg Ms ha⁻¹) abundaron las gramíneas y los menos productivos (800 y 2000 kg MS ha⁻¹) dominaron las leñosas. El forraje disponible puede sostener 1.2 UGM ha⁻¹; con base en la composición botánica forrajera se formaron tres grupos de potreros: 1) dominados por gramíneas, 2) diversidad forrajera heterogénea, y 3) dominado por herbáceas y leñosas. Los potreros se recuperaron en 47-89 d en lluvias 2017, 50-123 d en transición y 210-290 d en lluvias 2018. La vegetación secundaria sostiene alta diversidad florística y plantas forrajeras, con baja capacidad de carga, esta se puede incrementar con PRV.

Palabras clave: pastoreo racional Voisin, diversidad florística, plantas forrajeras, ramoneo

FLORISTIC DIVERSITY AND CARRYING CAPACITY IN DRY FOREST SECONDARY VEGETATION USED FOR GRAZING

Osmar Espinosa Palomeque
Colegio de Postgraduados, 2019

The floristic diversity, the quantity and botanical composition of the forage biomass and carrying capacity was assessed in sites having dry forest secondary vegetation undergoing grazing. Six sites undergoing extensive seasonal grazing were studied and the response of vegetation to Voisin rational grazing (PRV) was evaluated in one of the six sites. One hundred and nine one species (from all sites) including 51 potentially forage species were listed. With species presence-absence sites were classified into two groups, one contained more preserved vegetation dominated by woody species and another less preserved group dominated by herbaceous and shrubs species. Available forage biomass ranked from 1000 to 1200 kg DM ha⁻¹ (30-70% woody biomass), having low carrying capacity (0.2-0.3 UGM ha⁻¹). In the site where PRV was implemented, most of the identified species were forage (58 species), except two. The most productive paddocks (2500-3800 kg DM ha⁻¹) were dominated by grasses and the less productive ones (800 and 2000 kg DM ha⁻¹) were dominated by woody species. Carrying capacity of this site (under PRV) is 1.2 UGM ha⁻¹; based on forage botanical composition, three groups of paddocks were built: 1) dominated by grasses, 2) heterogeneous forage diversity, and 3) dominated by herbaceous and shrubs. Pastures recovered in 47-89 d in rainy season 2017, 50-123 d in transition and 210-290 d in rainy season 2018. The secondary vegetation supports high floristic diversity and forage plants, with a low carrying capacity that can be increased with PRV.

Keywords: rational grazing Voisin, floristic diversity, forage plants, browse

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a toda mi familia, quienes me han brindado su apoyo y consejos, y a cada una de las personas que me han ayudado a continuar en este camino de la vida.

A mis padres, Amador y Jesús, por inculcarme los valores necesarios para hacerme un hombre de bien, y gracias por cada sacrificio que han hecho por mí en cada etapa de mi vida.

A ustedes hermanos por su apoyo y confianza en esta finalización de este trabajo.

También, a ti Noemí Villanueva de la Cruz, por tu apoyo y tu tiempo en cada proceso de este trabajo, por tu paciencia y las experiencias que hemos compartido.

“Sé el cambio que querrías ver en el mundo”.

Mahatma Gandhi

AGRADECIMIENTOS

A mi **Consejo Particular**: a la Dra. Silvia López Ortiz, Dr. Gonzalo Castillo Campos, Dra. Lucrecia Arellano Gámez y Dr. Ponciano Hernández Pérez, por ser integrantes de este trabajo de investigación.

A la Dra. Silvia por brindarme su amistad, sus conocimientos durante mi estadía en el Colegio, de la que he aprendido mucho, gracias.

Al Dr. Gonzalo y a la Dra. Lucrecia por su amistad, apoyos y consejos. Agradezco por sus aportes de conocimiento y observaciones constructivos para terminar esta investigación. También por estar pendiente de mi persona en mi estadía en el INECOL A. C.

Al Dr. Ponciano por su apoyo, consejos y amistad en el proceso de la investigación.

Agradezco a las instituciones que aportaron en mi formación profesional. A los académicos, personal del Colegio de Postgraduados Campus Veracruz por brindarme sus conocimientos y apoyo en mi formación profesional.

A mis compañeros y amigos del Colegio de Postgraduados por su apoyo y momentos divertidos: Noemí, René, Miguel, José, Germán, Martín, Araceli, Scarlett, Emmanuel, Alejandra, Iván, Nancy, Ivette, Maricruz, Manuel, Giancarlo, Norma y José Luis.

A los productores de la comunidad El Limón; Don Tino Castro, Luis Velázquez, Lalo Castro y de la comunidad de Angostillo Don Antolín y el Negro por permitir realizar mi trabajo en sus sitios.

Al Consejo Nacional en Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico para realizar mis estudios de maestría.

CONTENIDO

Página

1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Teoría y enfoque de sistemas aplicada a los agroecosistemas	3
2.2. El enfoque de agroecosistemas para abordar la ganadería tropical	3
2.3. Importancia de la Teoría Ecológica en ambientes biodiversos para pastoreo.....	6
2.3.1. La selva baja caducifolia como fuente de forraje	8
2.3.2. La diversidad florística y su valor en la producción de forraje	11
2.4. Especies forrajeras en vegetación secundaria	12
2.5. Tipos de pastoreo en ambientes biodiversos.....	14
2.6. Efecto de la ganadería en la diversidad florística	17
2.7. Ganadería regenerativa	19
2.7.1. Pastoreo regenerativo como método de aprovechamiento más eficiente de la biodiversidad.....	21
3. HIPOTESIS	23
3.1. Hipótesis general	23
3.1.1. Hipótesis particulares.....	23
4. OBJETIVOS	24
4.1. Objetivo general.....	24
4.1.1. Objetivos particulares.....	24
5. MATERIALES Y MÉTODOS	25
5.1. Ubicación y descripción del área de estudio	25
5.2. Etapas del estudio	26
5.3. Etapa 1. Capacidad de carga animal y composición florística en sitios con vegetación secundaria	26
5.3.1. Descripción de los sitios.....	26
5.3.2. Caracterización florística de los sitios	27
5.3.3. Disponibilidad y composición botánica del forraje y carga animal.....	27
5.4. Etapa 2. Disponibilidad forrajera y carga animal en un sitio sujeto a pastoreo regenerativo	29
5.4.1. Descripción y manejo del sitio.....	29
5.4.2. Diseño del Pastoreo Racional Voisin	29
5.4.3. Caracterización florística de la vegetación	30
5.4.4. Disponibilidad de forraje y carga animal	30
5.4.5. Implementación de pastoreo regenerativo (Tiempos de ocupación y descanso de potreros)	31
5.5. Análisis estadísticos.....	32

5.5.1. Etapa 1.....	32
5.5.2. Etapa 2.....	33
6. RESULTADOS Y DISCUSION	34
6.1. Carga animal y biomasa disponible en sitios con vegetación secundaria.....	34
6.1.1. Características generales de los sitios.....	34
6.1.2. Riqueza y diversidad florística de los sitios.....	35
6.1.3. Biomasa disponible y carga animal.....	46
6.2. Riqueza y biomasa disponible en un sitio con vegetación secundaria sujeto a pastoreo racional	48
6.2.1. Diversidad florística del sitio antes de implementar el PRV	48
6.2.2. Biomasa disponible y carga animal.....	49
6.2.3. Composición botánica de la biomasa forrajera	52
6.2.4. Tiempo de recuperación en las diferentes épocas.....	56
7. CONCLUSIONES	58
8. LITERATURA CITADA.....	60

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Producción de forraje en distintos ambientes utilizados para el pastoreo.	13
Cuadro 2. Características generales de los sitios estudiados.....	34
Cuadro 3. Diversidad florística en sitios con vegetación secundaria de selva baja, sujetos a pastoreo estacional.	36
Cuadro 4. Riqueza de la diversidad florística en sitios con vegetación secundaria de selva baja, sujetos a pastoreo estacional.	37
Cuadro 5. Especies forrajeras más abundantes y disponibles localizadas en sitios con vegetación secundaria más conservada (G1) y menos conservada (G2) de selva baja sujetos a pastoreo estacional, evaluados durante la época de lluvias	43
Cuadro 6. Biomasa forrajera disponible por grupo biológico en potreros sujetos a Pastoreo Racional, evaluados en la época de lluvias 2017.	53
Cuadro 7. Biomasa forrajera disponible por grupo biológico, en potreros sujetos a pastoreo racional, evaluados en la época de lluvias 2018.	55

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Diseño de los potreros utilizados en el Pastoreo Racional Voisin	30
Figura 2. Curva de acumulación de especies en sitios con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sujetos a pastoreo estacional.	35
Figura 3. Riqueza florística en sitios con vegetación secundaria de selva baja caducifolia, sujetos a pastoreo estacional tomando en cuenta sus formas de vida.	38
Figura 4. Dendrograma de similitud (índice de similitud de Jaccard y con un coeficiente de correlación cofenética de 0.73) entre sitios con vegetación secundaria de selva baja basado en la presencia-ausencia de especies, evaluados en la época de lluvias de 2017 y 2018.	39
Figura 5. Gradiente de conservación de la vegetación de sitios con vegetación de selva baja, sujetos a pastoreo estacional.	41
Figura 6. Abundancia de especies potencialmente forrajeras, por forma de vida, en sitios con vegetación secundaria más (G1) y menos conservada (G2) sujetos a pastoreo estacional.	45
Figura 7. Biomasa disponible (kg MS ha ⁻¹) y carga animal instantánea (UGM ha ⁻¹) en sitios con vegetación secundaria (acahual de selva baja) sujeta a pastoreo estacional en épocas de lluvias.	47
Figura 8. Composición botánica (%) de la biomasa forrajera potencial de los sitios con vegetación secundaria, en época de lluvias.	48
Figura 9. Biomasa disponible de potreros con vegetación secundaria sujetos a Pastoreo Racional Voisin, en distintas épocas del año.	50
Figura 10. Carga animal instantánea en potreros con vegetación secundaria sujetos a Pastoreo Racional Voisin en tres épocas del año.	51
Figura 11. Dendrograma de similitud (índice de similitud de Bray-Curtis, Correlación cofenética = 0.79) entre los potreros basados en la composición de la biomasa de las especies forrajera, en la época de lluvias durante julio y agosto de 2017.	53

Figura 12. Dendrograma de similitud entre los potreros con base a la composición de especies forrajeras (índice de similitud de Bray-Curtis, Correlación cofenética = 0.88) entre los potreros basados en la composición de la biomasa de las especies forrajera, en la época de lluvias durante junio y julio de 2018.....	54
Figura 13. Tiempo de recuperación (días) de los potreros con vegetación secundaria sujetos a Pastoreo Racional Voisin.	57

LISTA DE ANEXOS

	Pagina
Anexo 1. Lista florística de sitios con vegetación secundaria (VS) y vegetación más conservada (VC) de selva baja caducifolia en sus formas de vida (A= Árboles, AR= Arbusto, L= Lianas, H= Herbáceas y B= Bejucos) en el municipio de Paso de Ovejas, Veracruz.....	73

1. INTRODUCCIÓN

Las áreas de bosques tropicales experimentan cambios y pérdidas en su cobertura de aproximadamente 15 millones de hectáreas anuales (OIMT, 2002). Estos cambios tienen impactos en la biodiversidad, y consecuencias negativas en las funciones ecológicas y los servicios ecosistémicos que proporcionan los bosques (Balvanera, 2012; Franklin Jr. y Pindyck, 2018; Roberts *et al.*, 2018). La disminución de las áreas de bosque se da por el establecimiento de áreas de cultivo y de pastoreo, a través del desmonte y quema, ocasionando el desplazamiento de la flora y fauna, y organismos del suelo (Lan *et al.*, 2018; Roberts *et al.*, 2018). La pérdida de la biodiversidad es el resultado de las malas prácticas de manejo durante un periodo de tiempo, dejando solamente el 40 % de áreas boscosas y la vegetación secundaria representa el 60 % (OIMT, 2002).

La selva baja caducifolia (SBC) en México se distribuye desde Sonora hasta Chiapas (Trejo, 1999). En ésta se pueden encontrar diferentes formas de vida, principalmente árboles y arbustos. La SBC ocupa entre el 11 y 17 % del territorio y la diversidad florística que aporta es aproximadamente de 6 000 especies (20 %) en comparación con la flora nacional (Villaseñor, 2016). A pesar de su importancia, actividades antropogénicas han llevado a la pérdida del 50 % del área original de esta selva. La ganadería extensiva se implementa en el 30 % de las selvas tropicales (FAO, 2008).

En sitios biodiversos, coexisten plantas de todo tipo de formas de vida: árboles, arbustos, lianas, herbáceas, bejucos, etc. (Castillo-Campos *et al.*, 2008), y en algunas regiones del país se utiliza la vegetación primaria o secundaria en la alimentación de los animales principalmente en la época seca, que es cuando la producción de los pastos disminuye.

El aprovechamiento de la biomasa de especies forrajeras es través del pastoreo-ramoneo (Gómez-Fuentes-Galindo *et al.*, 2017). Sin embargo, se debe tener un manejo adecuado de la diversidad florística para cambiar el paradigma de que las plantas que crecen libremente en los sitios de pastoreo son malezas o malas hierbas, y comenzar a mirarlas como especies forrajeras y nutracéuticas para el bienestar animal. Los sistemas ganaderos deben generar esquemas que usen de manera eficiente todos los recursos disponibles: bióticos, abióticos y humanos para lograr un equilibrio en un agroecosistema.

El Pastoreo Racional Voisin (PRV) es una herramienta que permite satisfacer las necesidades de forraje sin comprometer los recursos naturales, con beneficios al ambiente y en la economía del productor. Este manejo se ha implementado en Latinoamérica, en países como Cuba, Brasil, Colombia, Argentina, Uruguay y México, y en diferentes climas desde cálido seco hasta húmedos (Benítez *et al.*, 2007a; Nascimento *et al.*, 2007). En esos países se ha mejorado la rentabilidad de los sistemas de producción a través del incremento de la capacidad de carga (UGM*ha*año) (Bruch *et al.*, 2007), de la disminución de insumos y del mejoramiento de la calidad de suelo (Soldá *et al.*, 2014). Este manejo promueve servicios ecosistémicos como tasa alta de secuestro de carbono, mantenimiento de la diversidad biológica, aumento en la materia orgánica del suelo. El PRV puede implementarse en los sistemas ganaderos donde se dé prioridad al manejo de la vegetación nativa asociada con especies inducidas (gramíneas) y que se asocien naturalmente con todo tipo de vegetación, que es opuesto al manejo de praderas de monocultivos, por lo tanto, la vegetación de cualquier área sujeta al PRV se convierte en forraje.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Teoría y enfoque de sistemas aplicada a los agroecosistemas

Sistema es el conjunto de elementos que interactúan entre sí y que conforman una unidad que tiene un objetivo o meta. Von Bertalanffy (2006) fue uno de los primeros teóricos que definió e introdujo el enfoque de sistemas, y lo utilizó para entender diversos fenómenos, procesos de la naturaleza, el hombre y sus interacciones con su entorno. Las características más comunes que presentan los sistemas son: la auto organización, cambio constante, interconexión estrecha, retroalimentación y resistencia al cambio (García, 2011).

Con el enfoque de sistemas se puede estudiar, por ejemplo, el sistema agrícola conformado por el subconjunto de sistemas, en donde hay flujos de materiales y energía, en el cual, interactúan componentes y la salida de uno puede ser la entrada de otro (Hart, 1979). Los sistemas de producción agropecuaria pueden ser analizados bajo la teoría y el enfoque de sistemas, estudiando sus componentes y sus interacciones, entradas y salidas de energía. Estos sistemas están evolucionando continuamente y por lo mismo se da la necesidad de utilizar la teoría y enfoque de sistemas para entenderlos y hacer eficiente los recursos ambientales, económicos, tecnológicos y sociales de forma sustentable. El hombre con el fin de satisfacer sus necesidades manipula las funciones y procesos en el ecosistema y les da un valor económico y social

2.2. El enfoque de agroecosistemas para abordar la ganadería tropical

El concepto de agroecosistema (AES) ha evolucionado por las distintas corrientes filosóficas con respecto a sistemas de producción agropecuarios. En sus principios se

definió como la unidad de suelo agrícola, en el que hay procesos, interacciones, cadenas tróficas, ciclo de nutrientes, así como diferentes estructuras vegetales y animales (Trebuil, 1990). Posteriormente, el hombre acepta que es parte del fenómeno agrícola, y se definió el AES como la unidad de estudio de la agroecología que debe tener un enfoque agroecológico en su diseño y manejo, que conserve los recursos bióticos y abióticos, económicamente viables y socialmente justos a través del tiempo (Ruiz, 1995; Altieri, 1999). Esta definición integra principios agroecológicos aplicados en el sistema que permiten tener posibilidades de resiliencia como: el reciclaje de nutrientes, propiedades físico-químicas del suelo para el desarrollo de su diversidad biológica, eficiencia del flujo de energía (radiación solar, aire y agua), diversidad genética (planta, animal) en tiempo-espacio e incremento de las interacciones de los componentes de la biodiversidad que promueven procesos y servicios ecosistémicos (Reinjets *et al.*, 1992).

Posteriormente, Martínez-Dávila y Bustillo-García (2010), definen el AES como un modelo conceptual de un recorte de la realidad, definida por un sistema de conciencia (productor, familia, organización, etc.) (Casanova-Pérez *et al.*, 2015), conceptualizándolo como una totalidad organizada cuyos elementos no son separables, por lo tanto, no deben ser estudiados aisladamente, con el propósito de diagnosticar, diseñar, operar y evaluar el recorte de la realidad compleja y finalmente, generar conocimiento, alimentos, materias primas y beneficios ambientales que la población demanda.

El análisis e interpretación de las interacciones de los componentes de los agroecosistemas (productividad, estabilidad, equidad y autogestión) es esencial para cumplir los objetivos de sostenibilidad. El adecuado diseño,

establecimiento y manejo reducen los riesgos ante una perturbación (ambientales o antropogénicos) y potencializa la resiliencia del agroecosistema, manteniendo un nivel de producción adecuado. En lo general existe fuerte conexión entre la biodiversidad del sistema y la resiliencia del agroecosistema, ya que mientras más diversos (componentes) sea, estos tienden a ser más estable y con mayor capacidad de autorregulación (Nahed-Toral *et al.*, 2014).

El sistema de producción que predomina en la ganadería tropical es el extensivo con pastoreo continuo y monocultivo de gramíneas (Wright, 2005), el monocultivo de gramíneas es la siembra de una especie introducida con gran potencial forrajero (Ayala *et al.*, 2006), sin embargo, el establecimiento de la gramínea sacrifica la cubierta de vegetación primaria o secundaria que puede utilizarse como fuente de forraje (Salvador y Bautista, 2012) y la productividad de la pradera establecida es baja porque la producción de biomasa forrajera depende principalmente de la disponibilidad de humedad. Por lo tanto, en la época de estiaje, el tomador de decisiones utiliza sitios con vegetación biodiversa (comúnmente llamados acahuales) como fuente de alimento para sus animales.

Los acahuales están compuestos por toda aquella vegetación secundaria que surge de manera espontánea en selvas altas, medianas o bajas que han estado bajo uso agrícola o pecuario en zonas tropicales (DOF, 2018). Los acahuales tienen diferentes etapas de recuperación según la edad de abandono, desde las más recientes (un año), hasta etapas avanzadas de 15 años de abandono (Castillo-Campos *et al.*, 2008). Se usa frecuentemente la vegetación secundaria como alimento cuando hay poca disponibilidad

de pastos y de otros insumos (Feng *et al.*, 2016). El agroecosistemas con pastoreo extensivo debe basarse en el pastoreo-ramoneo y comprender la dinámica de la vegetación para el desarrollo de estrategias de aprovechamiento y conservación de los selvas (Wright, 2005), y así realizar una ganadería sostenible brindando productos de alta calidad e inocuos.

2.3. Importancia de la Teoría Ecológica en ambientes biodiversos para pastoreo

La teoría ecológica estudia las interacciones positivas y negativas entre las especies y de éstas con su ambiente abiótico. Las interacciones forman la estructura y organización de las comunidades en los ecosistemas (Bruno *et al.*, 2003). Las interacciones positivas (mutualismos) son encuentros entre organismos que benefician al menos a uno de los participantes y no causan daño a ninguno de ellos (Bertness y Callaway, 1994). El 90% de las especies de plantas leñosas dependen de la interacción mutualista con los animales para completar sus ciclos de vida (Jordano, 2000).

Entre las interacciones positivas se encuentran las denominadas facilitadoras que pueden ocurrir cuando un organismo hace que el entorno local sea favorable para otro (por ejemplo, a través del dosel se produce un microclima adecuado para el desarrollo de otras especies u confort del ganado) o indirectamente (por ejemplo, eliminando competidores o disuadiendo a los depredadores) (Bruno *et al.*, 2003; Begon *et al.*, 2006). El mutualismo se da entre el ganado y las plantas en ambientes biodiversos, con un pastoreo moderado los dos se benefician, el herbívoro obtiene alimento y las plantas rejuvenece a través de nuevos rebrotes, esto preserva las especies nativas y dominantes, así también, la estructura original de la vegetación (Oñatibia y Aguilar 2019;

Mikola *et al.*, 2009). Se ha comprobado que en ausencia del ramoneo algunas hierbas dominantes llegan a disminuir o hasta desaparecer (Granados-Sánchez *et al.*, 2008).

La competencia es un tipo de interacción negativa, cuando una fuerza primaria controla la composición de la comunidad, por ejemplo, una composición biodiversa puede disminuir el éxito de invasiones por especies exóticas (Begon *et al.*, 2006). Así también, interacciones como la herbivoría (planta-animal) pueden disminuir o aumentar los efectos de factores que definen el tamaño de los nichos. También, el ganado aumenta la distribución de especies de plantas con la dispersión de frutos y semillas, incrementando las posibilidades de que una especie pueda explotar en mayor proporción los recursos disponibles (espacio, luz, nutrientes, alimentos. etc.) (Bruno *et al.*, 2003).

La diversidad de plantas provee un ambiente heterogéneo de compuestos nutritivos y secundarios para el ganado (Provenza y Villalba, 2010; Wiedmeier *et al.*, 2012), principalmente valores altos en Fibra Detergente Neutra (FDN), Proteína Cruda (PC) y degradabilidad *in situ* de la materia seca (DISMS) y Taninos Condesados (TC). Sin embargo, los herbívoros enfrentan desafíos cuando se alimentan de esa diversidad de especies (herbáceas, arbustos y árboles), porque, alimentarse de una variedad con compuesto secundario en exceso pueden sufrir toxicidad, menor ingesta de alimentos entre otros problemas (Silanikove *et al.*, 2001), pero con una diversidad florística con diferentes compuestos secundarios en cantidades moderadas tiene múltiples beneficios. Esto se debe que las plantas en su historia evolutiva desarrollaron mecanismos morfológicos, fisiológicos y químicos (compuestos secundarios como los alcaloides, terpenos y polifenoles) para tolerar la herbivoría (Provenza *et al.*, 2015). Los herbívoros

han co-evolucionado con ellas, desarrollando mecanismos para tolerar los compuestos secundarios, y a la vez tener un beneficio. Cantidades moderadas de forrajes con estos compuestos pueden ser benéficas, los taninos por ejemplo alivian la inflamación y mejoran el aprovechamiento de las proteínas en el tracto gastrointestinal, también fortalecen el sistema inmunológico, controlan nematodos gastrointestinales y la eficiencia reproductiva (Provenza *et al.*, 2015). En los agroecosistemas las interacciones de las especies vegetales y animales rara vez se conocen (Bertness y Callaway, 1994), aun cuando se reconoce su importancia ecológica y económica.

2.3.1. La selva baja caducifolia como fuente de forraje

Por su estructura, las selvas se dividen en dos grupos: a) las selvas que tienen múltiples niveles de dosel, donde no existe el estrato herbáceo o es muy escaso y que se encuentran en los trópicos húmedos; b) formaciones mixtas de selva y pastizal que generalmente solo tienen un nivel del dosel de árboles y se desarrollan en regiones de estacionalidad, por ejemplo, el bosque tropical caducifolio (Gómez-Pompa *et al.*, 2010) o selvas bajas caducifolias.

La selva baja caducifolia (SBC) se desarrolla en regiones con una marcada estacionalidad climática, con poca precipitación y son utilizados para actividades productivas (Trejo, 1999). La precipitación influye en la fenología de las especies, ya que, en el periodo de lluvias las plantas mantienen follaje abundante, y en el estiaje las plantas anuales perecen y los árboles pierden la mayor parte de su follaje. Estos cambios han sido el resultado de una serie de adaptaciones a la estacionalidad marcada y dan lugar a una gran riqueza de especies (Bhaskar *et al.*, 2018). Sin embargo, este ecosistema es

muy vulnerable y está desprotegido de las presiones económicas, demográficas y la incapacidad de valorar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que brindan (Sala *et al.*, 2000).

En México, las SBC están muy amenazados por actividades antropogénicas. Estas selvas tienen condiciones de clima, tipo de suelo y vegetación que resultan excelentes para el establecimiento de la agricultura y la ganadería (Dirzo *et al.*, 2011). El papel de la influencia antropogénica en la SBC es parte de un escenario modelado por las características de cada lugar (Maass *et al.*, 2005), las condiciones del ecosistema, tanto ambientales como ecológicas; los factores culturales sobre el manejo agrícola y ganadero, los factores sociales como la inmigración, la seguridad; las posibilidades económicas de los campesinos, el tipo de tenencia de la tierra, y las políticas económicas y poblacionales, entre otras (Balvanera 2012).

En la actualidad, la cobertura vegetal (181,000 km²) del SBC representa solo el 30 % de la cobertura original (Berlanga-Robles *et al.*, 2018). Después de quitar la cubierta vegetal, los suelos destinados a la agricultura y/o ganadería se deterioran y son abandonados (Kammesheidt, 2002) porque pierden su fertilidad en pocos años, el abandono permite que las comunidades vegetales se reestablezcan. Esta vegetación secundaria también es conocida como acahuals, término utilizado para una comunidad vegetal con una composición florística diversa en función al tiempo de abandono. Esta forma de regeneración también se manifiesta después de que una selva tropical primaria ha sido perturbada por factores como: incendios naturales, caída de árboles por vientos fuertes, extracción selectiva de árboles, actividad agropecuaria, entre otros (Giraldo-Cañas,

2000; Brown y Lugo, 2009). El cambio de uso de suelo y factores ambientales, afecta el banco de semillas y la capacidad de germinación que afecta la recuperación de la estructura de la vegetación y puede demorar cientos de años (Kammesheidt, 2002; Murgueitio *et al.*, 2011).

La vegetación secundaria de las selvas en México se localiza principalmente en el sureste, en los estados de Tabasco, Chiapas y Veracruz (Toledo, 1994), las selvas son el tipo de vegetación primaria más afectadas, aumentando la vegetación secundaria entre 500,000 y 600,000 ha⁻¹ año⁻¹ (Quadri *et al.*, 2002). Los acahuales requieren un mayor conocimiento de su composición y sobre todo el aporte de especies forrajeras para el ganado de acuerdo a estados fisiológicos, y las relaciones que puede haber entre la estructura y composición de las especies con el comportamiento y la productividad del ganado a través del tiempo.

La secuencia típica de la sucesión ecológica, se refiere a la forma en que las comunidades cambian con el tiempo y la función relativa de las especies de colonización temprana y tardía (Begon *et al.*, 2006). La vegetación temprana dominante de los acahuales son especies anuales herbáceas (llamadas comúnmente malezas), especies perennes que son los arbustos; posteriormente se instala la vegetación tardía dominada por árboles (Pandolfi, 2008). Durante la sucesión ecológica, las primeras especies presentes serán especies anuales y bianuales con alta producción de semillas, posteriormente las especies perennes que tendrán la mayor riqueza y diversidad, como lo muestra el modelo de sucesión de Hom (Begon *et al.*, 2006). Aunque las plantas dominan la formación de la estructura y la sucesión, porque proporcionan el punto de

partida para todas las redes alimenticias y determinan el entorno físico en el que viven los animales, a veces los animales determinan la naturaleza de la comunidad vegetal, por ejemplo los insectos y roedores, que se alimentan de las semillas retardan la sucesión de los campos viejos que se utilizaron para agricultura, también los pastores con sus rebaños mantienen bajo control la vegetación.

2.3.2. La diversidad florística y su valor en la producción de forraje

La diversidad biológica es la enorme multiplicidad de seres vivos, desde microorganismos, plantas, animales y hasta humanos con una serie de valores (éticos, estéticos y económicos) (Álvarez, 1996; Pineda *et al.*, 2002). Sin embargo, la diversidad no es simplemente el número de genes, especies o ecosistemas en un área. La diversidad florística es una característica fundamental de todos los sistemas biológicos, también una propiedad de las entidades vivas de ser variadas (Solbrig, 1991). La biodiversidad es el ensamble y las interacciones de la diversidad genética, de especies y ecológica en un lugar y tiempo determinado. Es jerárquica, ya que los niveles superiores engloban a los inferiores y presentan propiedades emergentes exclusivas (Di Castri, 1995).

Ahora se reconoce que la biodiversidad es la base para que se lleven a cabo funciones y procesos ecológicos que garantizan la permanencia de los ecosistemas y el mantenimiento y conservación de los servicios ambientales como la producción de alimentos. Las principales funciones de la biodiversidad son el flujo del agua, regulación del flujo masivo y estético de los paisajes. La riqueza de especies tiene relación positiva con la regulación atmosférica, regulación de plagas y polinización (Córdova-Tapia y

Zambrano; Lefchecketal, 2015). Por lo tanto, la diversidad florística juega un papel importante en los servicios de los ecosistemas y que se generan a partir de numerosas interacciones que ocurren en el sistema (Harrison *et al.*, 2014).

En los agroecosistemas, la diversidad florística tiene gran importancia en la disponibilidad de forrajes por la gran cantidad de especies útiles para el consumo del ganado. Las plantas forman parte de la dieta del ganado y aportan nutrientes, proteínas, minerales y compuestos secundarios (Provenza *et al.*, 2015). Por lo tanto, analizar y comprender las comunidades de especies en los agroecosistemas proporciona un panorama amplio para su manejo y aprovechamiento. La similitud entre sitios y entre unidades de paisaje se mide a través de índices como el de similitud de Jaccard, Bray-Curtis, que adquiere valores de 0 (disimilitud sin especies en común) a 1 (similaridad completa) (Jaccard, 1901; Bray y Curtis, 1957; Ricotta y Podani, 2017).

2.4. Especies forrajeras en vegetación secundaria

Las formas de vida de plantas y el pastoreo generan gran riqueza y abundancia de especies, a través del forrajeo. Se ha reportado alta y baja riqueza de plantas (desde 30 a 460 especies) dependiendo del ecosistema y el grado de conservación. Los ambientes de pastoreo con vegetación primaria y/o secundaria que tienen mayor riqueza son las selvas alta, mediana y bajas, y por otro lado, los ambientes con menor riqueza son las dunas costeras (Castillo-Campos *et al.*, 2008; Rodríguez-Medina *et al.*, 2017).

Se ha clasificado la diversidad de especies vegetales en las siguientes formas de vida: arbóreas, arbustivas, lianas, herbáceas y bejucos. Se ha estudiado con mayor detalle a los árboles y arbustos por su potencial forrajero, las especies que destacan son *Guazuma*

ulmifolia Lam., *Randia aculeata* L., *Vachellia pennatula* (Schltdl. & Cham.) Benth., *Bursera simaruba* (L.) Sarg., *Leucaena leucocephala* S. Watson y *Gliricidia sepium* Kunth ex Steud., entre otras (Hernández *et al.*, 2001; Soca *et al.*, 2003; Silva-Aparicio *et al.*, 2018). Estas especies tienen importancia forrajera por su disponibilidad de follaje en épocas de estiaje.

La riqueza de especies en el espacio y en el tiempo, oferta distinta calidad nutricional en la dieta de los animales y la producción de biomasa potencialmente forrajera en ambientes de pastoreo diferentes es muy variable. Las especies leñosas pueden contener entre 11 y 38 % de proteína cruda (López, 2008; Velázquez-Martínez *et al.*, 2011). Por otro lado, las gramíneas nativas tienen mayor fibra detergente neutra (69 %) y las herbáceas tienen mayor digestibilidad *in vitro* de la materia seca (58 %) (Gómez-Fuentes-Galindo *et al.*, 2017). Estos resultados demuestran el potencial nutritivo de la vegetación secundaria en sus formas de vida para el ganado. En el Cuadro 1 se muestran datos de biomasa potencialmente forrajera para diferentes tipos de ecosistemas.

Cuadro 1. Producción de forraje en distintos ambientes utilizados para el pastoreo.

Ecosistema	Biomasa (kg MS ha ⁻¹)	Fuente bibliográfica
Selva mediana*	3,272 y 1,454	Gómez-Fuentes-Galindo <i>et al.</i> , 2017
Semiárido	1594	Vermeire <i>et al.</i> , 2018
Bosque de montaña	1173	Riedel <i>et al.</i> , 2013
Humedales	660	Rodríguez-Medina <i>et al.</i> , 2007
Selva baja Caducifolia	1200	O-Toris <i>et al.</i> , 2012
Selva baja Caducifolia	1789	Velázquez-Martínez <i>et al.</i> , 2010

*Temporada de lluvias y secas

Aunque los resultados en producción de biomasa forrajera son bajos en comparación de praderas de monocultivo, un manejo adecuado puede potencializar la biomasa de los ambientes biodiversos, y así aumentar la rentabilidad de la ganadería en el trópico.

2.5. Tipos de pastoreo en ambientes biodiversos

En las regiones de clima cálido, los suelos destinados al pastoreo se mantienen en uso generalmente todo el año, bajo pastoreo extensivo o intensivo; en el primero, el ganado permanece en los potreros por tiempos largos que se prolongan hasta meses, con periodos de reposo indefinidos que pueden variar desde unos días hasta varios meses. Bajo pastoreo rotacional, el uso de los potreros es más ordenado con periodos de ocupación cortos y tiempos de reposo fijos dependiendo de la época del año (20 a 35 días en verano y 40 hasta 70 días el resto del año) (Senra, 2005; Quiceno *et al.*, 2011). En estos sistemas, generalmente, la fertilización y el riego son nulos, por lo que la composición química del forraje depende de los nutrientes que se encuentran en el suelo (Flores-García, 1997; Eviner y Chapin III, 2003). En buena parte, la disponibilidad de forraje está limitada por la dependencia en las gramíneas y por los patrones de precipitación. Estas limitaciones afectan el potencial productivo del ganado (Feer y Boissier, 2015) porque aunque las gramíneas están adaptadas a estiajes largos, detienen su crecimiento en la época seca del año. Desde sus inicios, la implementación de la ganadería tropical imponía el desmonte y el cultivo de gramíneas (Guevara-Sada y Moreno-Casola, 2008), promoviéndose la cultura de manejo de gramíneas en monocultivos libres de cualquier vegetación asociada. La alta dependencia en las gramíneas limitó por muchos años la productividad ganadera durante el estiaje, tratando

de mantener la productividad mediante insumos externos al sistema, y marginó otras posibilidades para producir forraje basadas en la vegetación natural, o asociaciones de distintos tipos de especies que en la actualidad son reconocidas como más sustentables.

Los pastizales y los acahuales son espacios que si bien se han utilizado para el forrajeo del ganado, se han considerado sitios marginales comparados a las pasturas con gramíneas mejoradas. Los acahuales se han considerado como áreas abandonadas, poco productivas y como un estorbo para la actividad ganadera empresarial (Gómez-Fuentes-Galindo *et al.*, 2017). No obstante, estos espacios mantienen una gran riqueza florística con potencial forrajero (Sosa *et al.*, 2000; Rodríguez-Medina *et al.*, 2017; Palacios-Wassenaar *et al.*, 2018).

Actualmente, hay una creciente conciencia de los problemas ocasionados por la deforestación en las zonas tropicales y la importancia de conservar la diversidad florística es una preocupación cada vez más evidente. La vegetación secundaria toma un rol importante para la conservación de la biodiversidad, por lo tanto se están estimulando estudios enfocados al aprovechamiento y mapeo de estos sitios (Silva-Aparicio *et al.*, 2018). En la ganadería la importancia de la vegetación secundaria no está aceptada por completo, y se necesita contar con argumentos convincentes sobre los beneficios, en términos de productos y servicios ambientales que ofrece, para que los ganaderos acepten la conservación de los acahuales.

La capacidad de carga es el número de cabezas de ganado que un sitio puede mantener por unidad de superficie sin ocasionar degradación a la comunidad vegetal o a otros recursos (Miller-Cushon y DeVries, 2009). Este atributo se expresa normalmente en

unidades animales por ha (UA*ha). Una unidad animal equivale a 450 kg de peso vivo, pero también se utiliza el concepto de unidades de ganado mayor (UGM) que equivalen a 500 kg de peso vivo. El concepto se está aplicando en la ganadería por su simplicidad, (Shaofeng, 2004; Miller-Cushon y De Vries, 2009).

Los ambientes de pastoreo naturales y los inducidos por el hombre tienen diferente capacidad de carga. Praderas de monocultivo de gramíneas soportan cargas altas de 1.3 a 2.14 UA ha⁻¹ año (Veneciano *et al.*, 2006; Ray *et al.*, 2014) o mayores dependiendo del manejo; los sistemas silvopastoriles intensivos que asocian árboles con gramíneas soportan hasta 3.5 UA ha⁻¹. Los ambientes de pastizales naturales tienen capacidad hasta de 1.5 UA ha⁻¹ (Liang *et al.*, 2009; de Leeuw *et al.*, 2019). Los bosques de montaña, ecosistemas de matorrales de clima árido-semiárido y humedales soportan cargas menores a 1 UGM ha⁻¹ (Echavarría-Chairez *et al.*, 2006; Riedel *et al.*, 2013; Negrón *et al.*, 2019). En México, las selvas con vegetación primaria y/o secundaria soportan carga entre 0.1 a 0.7 UA ha⁻¹ año (SAGARPA y COTECOCA, 2009; Velázquez-Martínez *et al.*, 2010; Gómez-Fuentes-Galindo *et al.*, 2017).

Los factores que afectan la carga animal son la disponibilidad de biomasa forrajera y el manejo de los ambientes de pastoreo. La disponibilidad de biomasa está limitada por las especies forrajeras. Las gramíneas y la vegetación nativa son las más utilizadas para la producción de biomasa en los ambientes de pastoreo, sin embargo, la humedad, la temperatura y la luz afectan el crecimiento y la calidad nutritiva de las especies (Mahgoub, 2019). El manejo de las coberturas de leñosas influye en el desarrollo de la abundancia de las herbáceas. El dosel de los árboles y arbusto limita el paso de luz para

el desarrollo de las herbáceas. Un buen manejo y una diversidad adecuada en los ambientes de pastoreo pueden mantener 1 UGM ha⁻¹.

2.6. Efecto de la ganadería en la diversidad florística

El sector ganadero es un importante usuario de recursos naturales y tiene una influencia significativa (positiva o negativa, según las prácticas de manejo) en la calidad del aire, la calidad del suelo, la calidad del agua y la biodiversidad dando lugar a preocupaciones ambientales (López, 2018; Tullo *et al.*, 2019). Los desechos del ganado acumulados o mal manejados afectan la calidad del suelo y, por lo tanto, a su flora y fauna.

La biodiversidad está continuamente amenazada debido a las altas presiones de pastoreo (Rodríguez-Medina *et al.*, 2017). La disminución en la cantidad de selva ha generado una disminución en la riqueza y abundancia de las especies nativas de herbáceas, aves y que dependen de la diversidad florística y de la cantidad de selva para sobrevivir (Durant *et al.*, 2007; Ekroos *et al.*, 2013) y el pastoreo provoca mejoras en tasa de crecimiento de las plantas y aumenta la disponibilidad de (Hutchings *et al.*, 2007). Sin embargo, el pastoreo puede tener también efectos negativos en las especies forrajeras más palatables, porque son las más ramoneadas y vulnerables, lo que provoca una disminución paulatina en su abundancia y a largo plazo. Esas especies son remplazadas por las que no son forrajeras y que tienen mecanismos de defensa por evasión (físicas y/o compuestos secundarios) (Briske *et al.*, 2008) o tolerancia (rebrotos largos o cortos, producción de hijatos, calidad nutritiva) ante el pastoreo-ramoneo.

La intensidad del pastoreo puede reemplazar sistemas de alta productividad biológica y convertirlos en ambiente pobres, ya que la estructura y composición de las especies de

plantas utilizadas para el forraje no produce la biomasa necesaria para alimentar al ganado y mantener la diversidad de otros organismos (Holenchek *et al.*, 1989; Sayre, 2008; Oñatibia y Aguiar, 2019). Se han reportado incrementos en las abundancias de algunas especies de plantas en diferentes ambientes como resultado del ingreso de ganado (Castillo-Campos *et al.*, 2008; Salvador F. y Bautista, 2012; Rodríguez-Medina *et al.*, 2017; Vermeire *et al.*, 2018). Sin embargo, los efectos de pisoteo ocasionan daños severos en las plantas, cambios en la estructura de las comunidades y pérdida en la diversidad biológica del suelo (Pietola *et al.*, 2005; Dunnea *et al.*, 2011). La pérdida de riqueza y la disminución en la abundancia de especies se debe a las malas prácticas de manejo de los ambientes de pastoreo.

En la actualidad los sistemas ganaderos en el trópico se basan en monocultivo de gramíneas, con baja diversidad florística y el pastoreo extensivo, con tiempos largos e indefinidos de utilización que provocan el sobrepastoreo, porque el ganado expresa su selectividad sobre las especies más palatables, ejerciendo mayor presión de pastoreo sobre ellas y debilitándolas hasta que desaparecen (Molina-Guerra *et al.*, 2012). También el pisoteo constante afecta negativamente el hábitat de los pequeños mamíferos y la macrofauna (Li *et al.*, 2019).

La confinación de los animales en establos y corrales de engorda, también provoca contaminación por la acumulación de grandes cantidades de excretas que son depósitos altos de nitrógeno, fósforo, materia orgánica y microbios fecales que se vierten a los sistemas de agua superficiales y subterráneas con nitratos (López, 2018; Li *et al.*, 2019). Por otra parte, la utilización de compuestos farmacéuticos como antibióticos que

posteriormente son desechados en la orina y las heces, provocan resistencia de bacterias a los antibióticos (Almeida *et al.*, 2017). Por lo tanto, se buscan alternativas para el manejo adecuado de los recursos bióticos y abióticos, y que al mismo tiempo sigan siendo altamente productivo y ecológicamente viables.

2.7. Ganadería regenerativa

La práctica del pastoreo regenerativo es una tecnología y componente de todas las prácticas agrícolas incluidas en la agricultura regenerativa. La agricultura regenerativa se basa en la permacultura (agricultura y cultura permanente) que fue diseñada por (Mollison y Holmgren, 1978), y más tarde modificado (Mollison y Slay, 1988). Esta agricultura constituye un conjunto de principios, estrategias y métodos para llevar una planificación de la producción agrícola y pecuaria y se centra en alcanzar la autosuficiencia alimentaria y asentamientos humanos sostenibles. Los métodos de diseño dan importancia a la observación y a las interacciones de los sistemas durante un periodo cíclico que incluye: suelo, agua, animales, desarrollo de las plantas, diversidad biológica y la toma de decisión de incorporar o retirar componentes del sistema.

Entonces, el pastoreo regenerativo es una tecnología agroecológica, basada en la protección ambiental, el sistema maximiza la captación de la energía solar mediante la combinación pasto-animal-rotación de cultivos autóctonos, para crear condiciones que propicien la vida del suelo, mediante la concentración de las heces y su mineralización, que desencadenan las reacciones fundamentales para el incremento de la fertilidad del suelo (Pinheiro, 2015).

El Pastoreo Racional Voisin (PRV) es un sistema de manejo de pastoreo llamado regenerativo, se basa en armonizar principios de fisiología vegetal con las necesidades cuantitativas del ganado. En este sistema, el componente humano es muy importante porque es quien dirige el sistema de pastoreo y no el herbívoro, como en otros sistemas de pastoreo, donde el animal es quien decide cuándo, dónde y cómo quiere comer (Pinheiro, 2015). Pinheiro también menciona que el pastoreo regenerativo es un conjunto determinado de procedimientos o técnicas de manejo de pastoreo, diseñado para lograr un objetivo. Un sistema de PRV debe incluir una forma de pastoreo directo, rotativo y con altas cargas instantáneas, con la suficiente flexibilidad para respetar las cuatro leyes fundamentales planteadas por André Voisin (Pinheiro, 2015).

El PRV tiene algunos criterios para su implementación en los potreros. El periodo de descanso de un pastoreo a otro, debe ser el tiempo que necesiten las especies con mayor abundancia en el potrero para que alcancen su mayor crecimiento, lo que permite a las especies almacenar reservas de nutrientes en la raíz para un rebrote vigoroso, una mayor producción y calidad de follaje (punto óptimo de crecimiento). Este criterio permite a las especies forrajeras con reservas suficientes tener la habilidad de un crecimiento rápido y vigoroso (denominado llamarada de crecimiento) (McNaughton, 1979).

El tiempo de ocupación de los animales en el potrero debe ser corta para que no consuma los nuevos rebrotes de las plantas, ya que, las especies al ser forrajeadas continuamente siguen tomando sus reservas de energía para nuevos rebrotes y estas se van debilitando hasta morir (Briske *et al.*, 2008). La implementación efectiva de este manejo produce tres veces más que la producción a base de pastoreo extensivo en la región. Por lo tanto, la

combinación de sitios biodiversos y pastoreo regenerativo, tiene potencial para el aprovechamiento de las especies nativas y tener una ganadería sostenible en la región.

2.7.1. Pastoreo regenerativo como método de aprovechamiento más eficiente de la biodiversidad.

La disponibilidad de forraje y la pérdida en calidad de suelo de potreros se debe principalmente al manejo inadecuado y al escaso interés y conocimiento de la diversidad de especies forrajeras que existen en la vegetación nativa. Un manejo racional de los potreros puede evitar problemas como el sobrepastoreo, la pérdida de fertilidad en el suelo, uso y aprovechamiento de la diversidad de especies y aumentar la producción de ganado en pastoreo. En Brasil y Cuba se han reportados estudios de éxito de la implementación del PRV, reflejado en el aumento de la producción por animal en un 73 %, la disminución de las cargas de garrapata en un 70 %, y en la reducción en un 60 % en la utilización de agroquímicos para el control de plantas no forrajeras. esto incrementó la rentabilidad de los agroecosistemas (Maurer *et al.*, 2009; Aparecida y Lopes, 2019).

Los estudios de pastoreo racional se han realizado en ambientes de pastizales nativos e inducidos evaluando la producción de biomasa forrajera, calidad nutritiva de los pastos, ganancia de peso vivo por una UGM y la carga animal que soportan los potreros. Con el PRV se han reportado rangos de biomasa forrajera entre 3.5 y 11 t MS ha⁻¹ (Benítez *et al.*, 2007b; Ray *et al.*, 2014), en ganancia de peso animal de 0.5 kg d⁻¹ por UA, y de carga animal de 70 a 210 UGM ha⁻¹ (Milera y Martínez, 1997; Machado y Milera, 2009; Seó *et al.*, 2017). El PRV aumenta rentabilidad en comparación a sistemas tradicionales

tecnificados con fertirriego y suplemento alimenticio (Benítez *et al.*, 2007b; Wenling y Ribas, 2013).

En general, el PRV ha proporcionado beneficios ambientales y rentabilidad de los agroecosistemas ganaderos. Con este manejo se aumenta el contenido de materia orgánica y nitrógeno en el suelo. Los potreros tienen mayor tolerancia a la sequía ya que retiene más humedad y disminuye la contaminación del suelo y agua por los residuos de agroquímicos (Lenzi *et al.*, 2009; Soldá *et al.*, 2014). El manejo aumenta la disponibilidad de forraje y prevé un uso más eficiente del forraje durante el año, los animales aprovechan en su totalidad la biomasa disponible y ninguna especie se considera mala hierba (Machado *et al.*, 2000). Por lo tanto, se mejora la calidad del suelo y la rentabilidad de los agroecosistemas.

3. HIPOTESIS

3.1. Hipótesis general

La vegetación secundaria de selva baja caducifolia (SBC) bajo pastoreo regenerativo puede sostener al menos una unidad de ganado mayor por hectárea y extender su disponibilidad de forraje hasta las épocas de menor disponibilidad de humedad, cambiando la composición botánica del forraje según las épocas del año.

3.1.1. Hipótesis particulares

- En la vegetación secundaria de SBC existe una diversidad de plantas que conforman la diversidad de biomasa forrajera.
- En ambientes con vegetación secundaria de SBC, la mayor cantidad de biomasa forrajera es se produce durante la época de transición, cuando las plantas de crecimiento arbustivo y arbóreo han alcanzado un mayor crecimiento.
- El pastoreo regenerativo incrementa la carga animal en la vegetación secundaria de SBC.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Determinar la capacidad de carga y composición botánica de la biomasa forrajera a través del tiempo, en sitios con vegetación secundaria de SBC sujetos a pastoreo regenerativo.

4.1.1. Objetivos particulares

- Caracterizar la composición botánica de la vegetación secundaria de selva baja caducifolia de acuerdo a las formas de vida de las especies, que forman parte de la biomasa forrajera.
- Determinar el porcentaje de forraje disponible en las épocas de lluvias, transición a seca (norte) y seca.
- Determinar la capacidad de carga animal en un sitio con vegetación secundaria de selva baja caducifolia bajo manejo de pastoreo regenerativo.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación y descripción del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en las comunidades: El Limón y Angostillo, municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, que se ubican entre las coordenadas 19° 18' y 19°22' Longitud Norte, 96°20' y 96°38' longitud Oeste, la altitud del municipio varía entre 20 y 400 msnm (INEGI, 2010) y forma parte de la Llanura Costera del Golfo que tiene paisajes de planicies bajas marginales y sistemas montañosos caracterizados por lomeríos de relieve moderado (Chiappy-Jhones *et al.*, 2002). El clima es de tipo Aw⁰ (w) (i') g, representa el más seco de los cálidos subhúmedos, con lluvias en verano y con precipitación pluvial media anual no mayor a 1000 mm (García, 2004). La estacionalidad de la precipitación y los vientos (en otoño e invierno) permiten diferenciar tres épocas: lluvias (junio hasta septiembre), transición a seca (octubre a diciembre) y seca (enero a principios de junio). Los tipos de suelo en la región son barrial, tierra negra, tierra amarilla, arenosos poco profundos, pedregosos y con bajo contenido de materia orgánica (López, 2008).

La región se encuentra dentro del ecosistema de selva baja caducifolia, donde predominan los suelos de uso agropecuario y vegetación secundaria con especies como *Guazuma ulmifolia* Lam., *Vachelia pennatula* Benth., *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., *Lysiloma acapulcense* (Kunth) Benth., *Diphysa minutifolia* Rose, *Ipomea wolcottiana* Rose, *Tabebuia crhysantha* Jacq. G. Nicholson, *Leucaena lanceolata* S. Watson y *Gliricidia sepium* Jacq. (Leyva, 2006).

El 53% del municipio se dedica a la práctica agrícola y pecuaria. Los productores tienen un régimen de pequeña propiedad y un porcentaje al régimen ejidal, ellos practican la ganadería de doble propósito y la mayoría la asocian con el cultivo del maíz (83.3 %), en general destinan mayor superficie de suelo a la ganadería que al maíz (CONAPO, 2005; Bautista-Tolentino, 2009; Villa-Herrera *et al.*, 2009).

5.2. Etapas del estudio

La investigación se realizó de julio de 2017 a julio de 2018 en dos etapas. La finalidad de la primera etapa fue describir la composición florística, productividad y capacidad de carga animal que soportan sitios con vegetación secundaria destinados al forrajeo. La finalidad de la segunda etapa fue evaluar la productividad forrajera, la carga animal y la dinámica de recuperación de la vegetación a lo largo del año como respuesta al Pastoreo Racional Voisin.

5.3. Etapa 1. Capacidad de carga animal y composición florística en sitios con vegetación secundaria

5.3.1. Descripción de los sitios

Se eligieron seis sitios que sostenían vegetación secundaria en distintos grados de recuperación y que eran utilizados como potreros. Los sitios se seleccionaron únicamente bajo los criterios de tener vegetación secundaria y estar sujetos al pastoreo en algún momento del año. Se seleccionaron sitios que tenían de 3 a 40 años de sucesión ecológica y una superficie variable (entre 1 y 100 ha). En todos los sitios se describieron las características fisiográficas (pendiente, orientación, suelo desnudo, pedregosidad,

etc.) y los atributos principales de la vegetación (cobertura de los distintos estratos, cobertura del suelo, presencia de tocones, cobertura interna y externa).

5.3.2. Caracterización florística de los sitios

Se caracterizó la diversidad florística de todos los sitios en la época de lluvias (julio a agosto de 2017 y 2018). En cada sitio se trazaron cuadros de 100 m² (10x10 m) cada 25 m a lo largo de transectos, y aleatoriamente se colocaron tres marcos de 4 m² (2 x 2 m) anidados dentro de cada cuadro (Castillo-Campos *et al.*, 2008).

En total se muestrearon 43 cuadros grandes (sitio 1 = 7, sitio 2 = 6, sitio 3 = 5, sitio 4 = 14, sitio 5 = 6, sitio 6 = 5,) y 129 marcos anidados. El número de cuadros por sitio dependió del área total de cada sitio. En cada cuadro se listaron todas las especies leñosas (incluyendo lianas) y sus atributos (forma de vida, cobertura, altura), y en los marcos anidados se listaron todas las especies herbáceas (incluyendo bejucos) y sus atributos (cobertura y altura). Las especies encontradas se organizaron en formas de vida (arbóreas, arbustivas, lianas, herbáceas, bejucos) (Miranda y Hernandez X., 1963).

5.3.3. Disponibilidad y composición botánica del forraje y carga animal

Se cuantificó la biomasa forrajera en la vegetación de todos los sitios durante las épocas de lluvias (entre julio y agosto de 2017 y junio y julio de 2018). Para esto se eligió aleatoriamente un marco anidado de 4 m² y se cosechó la biomasa (follaje verde, flores y frutos) de todas las plantas dentro del marco hasta 1.7 m de altura (altura que alcance el ganado bovino). La biomasa cosechada dentro de cada marco se separó en grupos de interés forrajero: leñosas, herbáceas de hoja ancha y gramíneas, para determinar la composición botánica. El grupo de leñosas incluyó árboles, arbustos y lianas, el grupo

herbáceas incluyó bejucos y todas las hierbas de hoja ancha, y finalmente, las gramíneas incluyeron todas las gramíneas nativas e introducidas. Las muestras de biomasa se secaron a 60 °C en una estufa de aire forzado, durante 48 h y después se calculó el rendimiento biomasa en materia seca (kg MS ha⁻¹).

Se elaboró un listado de las especies potencialmente forrajeras disponibles a través de todos los sitios, en este listado se incluyeron todas las especies herbáceas y arbustivas listadas y algunas arbóreas. Las especies arbóreas que se incluyeron fueron solo aquellas que tenían menos de 4 m de altura porque esos árboles tienen ramas insertadas a menor altura que potencialmente podrían ser alcanzadas por el ganado. El listado resultante (n = 93) se complementó con la cobertura y la frecuencia de cada especie, para elegir las especies con mayor cobertura y frecuencia (n= 51), como las especies potencialmente forrajeras más importantes.

Se calculó la carga animal instantánea utilizando los datos de la biomasa cosechada (kg MS ha⁻¹) en cada sitio. La biomasa cosechada se dividió entre la cantidad de materia seca que consume un bovino adulto (15 kg MS día⁻¹). El resultado es el número de unidad de ganado mayor (UGM) que el sitio puede sostener, es decir, la carga animal momentánea. Una UGM es equivalente a un bovino adulto de 500 kg de peso vivo que consume diariamente el 3 % de su peso vivo (15 kg MS día⁻¹) (Pinheiro, 2015). También se calculó la capacidad de carga, definida como el número de animales que un sitio puede sostener en el periodo de un año (Peters *et al.*, 2003); después de dividir la biomasa total por 15 kg, el cociente se divide por los 365 días del año, se obtuvo las unidades animales por hectárea por año.

5.4. Etapa 2. Disponibilidad forrajera y carga animal en un sitio sujeto a pastoreo regenerativo

5.4.1. Descripción y manejo del sitio

Se utilizó un sitio con vegetación secundaria de selva baja caducifolia de una hectárea de superficie. La vegetación de este sitio tenía aproximadamente 5 años de regeneración y se utilizaba para el forrajeo estacional de bovinos (principalmente en la época seca) y el aprovechamiento ocasional de madera para estantería. En general, este sitio tenía parches de vegetación arbórea y dosel cerrado con poca cubierta interna y espacios abiertos con vegetación arbustiva y herbácea. Al inicio (mayo de 2017), se realizó un aclareo (poda de ramas) en áreas con mayor cobertura externa para incrementar la cantidad de luz que llegara a los estratos herbáceo y arbustivo y se chapeó *Senna pallida* (Vahl) H.S. Irwin & Barneby, especie no forrajera con alta cobertura en algunos espacios.

5.4.2. Diseño del Pastoreo Racional Voisin

En el sitio (una hectárea), se trazaron 15 potreros con un área de 506 m² (22.5 m por 22.5 m) cada uno, dispuesto en dos bloques con un callejón de 3 m de ancho (Figura 1). Los potreros se cercaron con alambre para cerco eléctrico y cada uno tenía salida individual hacia el callejón, los potreros se equiparon con tres bebederos que se movían conforme se movían los animales. El tamaño de los potreros se calculó para sostener 15 UGM durante un día de ocupación. Al momento de diseñar el sistema no se tenían datos de la biomasa forrajera que el sitio podía producir, por lo que, los cálculos para definir el tamaño de potrero se hicieron tomando como referencia los datos reportados por Gómez-Fuentes-Galindo *et al.* (2017), obtenidos en un ambiente similar en selva mediana.

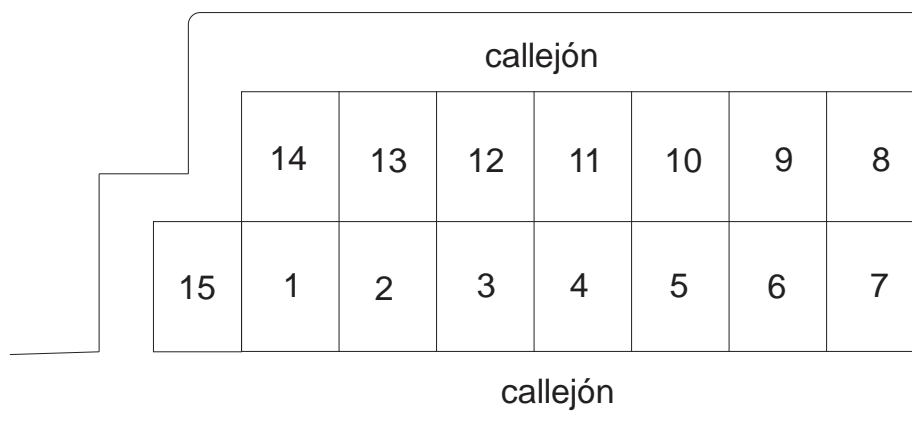


Figura 1. Diseño de los potreros utilizados en el Pastoreo Racional Voisin

5.4.3. Caracterización florística de la vegetación

La composición florística de este sitio se realizó junto con los otros cinco sitios evaluados en la primera etapa y al final de esta segunda etapa solo se cuantificó la cobertura de los estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo en cada uno de los potreros ($n = 15$) y se identificó las especies abundantes.

5.4.4. Disponibilidad de forraje y carga animal

Se evaluó la disponibilidad de biomasa forrajera en los 15 potreros antes de cada periodo de utilización. Para definir el momento de utilización y realizar el muestreo previo de la biomasa forrajera, se debió definir el punto óptimo de reposo, que es el momento en que las plantas han acumulado las reservas suficientes para recuperarse del pastoreo próximo (Pinheiro, 2015).

En cada muestreo se eligieron aleatoriamente cinco puntos de muestreo y se cosechó manualmente la biomasa (follaje, frutos, flores y tallos tiernos) dentro de marcos de 1 m^2 hasta 1.7 m de altura (Bonham, 1989). La biomasa cosechada en cada marco se separó

por especie, se pesó y se guardó en bolsas de papel para secarlas en una estufa de aire forzado, a 60 °C durante 48 h (AOAC, 2005). Se calculó la carga animal instantánea para cada potrero con los datos de biomasa forrajera disponible (kg MS ha^{-1}), como se describe en la primera etapa de esta investigación, con el fin de asignar el número de cabezas de ganado que se utilizaría como instrumento de cosecha en cada periodo de utilización.

5.4.5. Implementación de pastoreo regenerativo (Tiempos de ocupación y descanso de potreros)

Habiendo diseñado el sistema PRV se procedió a implementar el pastoreo. Inmediatamente después de evaluar la biomasa forrajera y calcular la carga animal se introdujeron los animales (el equivalente en UGM) al potrero en turno, por lo cual, cada potrero se utilizó en fechas distintas porque alcanzaron su punto óptimo en distintos momentos.

En la época de lluvia, se definió el punto óptimo de reposo cuando inició la floración y aparecieron las primeras hojas senescentes en la base de las plantas herbáceas. A su vez, en la época de transición, el punto óptimo se definió de la siguiente forma: a) el momento en que inicia la floración en potreros dominados por gramíneas y otras herbáceas, b) el momento en que las hojas empiezan a senescer por estrés hídrico en potreros dominados por arbustos y árboles. Estos criterios del PRV se aplican a la vegetación que domina un potrero y que conforman la mayor biomasa forrajera, la interacción entre las plantas que dominan y las condiciones del micrositio (potrero) generan distintos tiempos de recuperación en los potreros, en esta investigación hubo

distintos tiempos para alcanzar el punto óptimo y se lograron tres momentos de utilización para cada potrero en un periodo de 12 meses.

Los animales se introdujeron a forrajear y el tiempo que permanecieron en cada potrero osciló de 8 a 24 horas, dependiendo de la disponibilidad de biomasa forrajera; durante ese tiempo tuvieron agua limpia disponible en bebederos de plásticos.

5.5. Análisis estadísticos

5.5.1. Etapa 1

Se analizó el esfuerzo de muestreo usando el estimador paramétrico de Michaelis-Menten, recomendado para estudios de área extensas, con periodos largos en campo, cuando la probabilidad de encontrar una nueva especie aumenta conforme se incrementa el número de muestreo (cuadros) (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003), la curva de acumulación se elaboró con el programa EstimateS 9.1.0 (Colwell, 1997).

Se elaboró una base de presencia-ausencia y con ella se hizo un análisis de conglomerados (Cluster Analysis) para aproximar la similitud entre los cuadros de los sitios, se utilizó el índice de Jaccard (Sneath y Sokal, 1973) como medida de distancia, el índice adquiere valores de 0 a 1, donde 0 = 100 % diferentes y 1= 100 % de similitud. Se usó como medida de agrupamiento (linkage) la media aritmética no ponderada (UPGMA). Posteriormente, la presencia/ausencia de especies y sus coberturas se utilizaron en un análisis de componentes principales (PCA) para diferenciar el estado de conservación de los cuadros (y sitios) y ordenarlos en un gradiente de conservación.

Ambos análisis se hicieron con el programa Multi Variate Statistical Package 3.1 (MVPSP) (Kovach, 1999).

Se obtuvo el promedio de la biomasa total disponible de cada sitio y con estos se estimó la carga animal instantánea y la capacidad de carga que soportan los sitios en el periodo de un año.

5.5.2. Etapa 2

Se realizó un análisis de conglomerados usando la matriz de los datos de la biomasa forrajera de todas las especies presentes de cada potrero ($n = 15$), para detectar la similitud entre ellos y se utilizó el coeficiente de Bray-Curtis para datos sin transformar (Bray y Curtis, 1957; Herrera-Moreno, 2000) como medida de distancia y el método del vecino más lejano (complete linkage) como medida de agrupamiento. Se obtuvo un dendrograma de similitud entre potreros con los datos de los muestreos inicial y final de la investigación y se consideró 0 = 100 % diferentes y 1 = 100 % similares, y se realizó con el programa R Studio Versión 3.4.3. (R de INext, 2014).

Se obtuvo el promedio de biomasa disponible de cada potrero y con los resultados se estimó la carga animal instantánea y capacidad de carga del sitio. El tiempo de recuperación y días de ocupación solamente se describieron para cada potrero.

6. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1. Carga animal y biomasa disponible en sitios con vegetación secundaria

6.1.1. Características generales de los sitios

Los sitios estudiados se caracterizaron por tener pendientes de distintos grados, y orientaciones hacia el sureste, con alta pedregosidad, y coberturas variables de leñosas, herbáceas y suelo desnudo. En cuatro sitios hubo presencia de tocones que indica acciones para desmontar en distintos momentos que no se investigaron. También, todos los sitios tenían coberturas internas y externas altas al momento de las evaluaciones, excepto uno cuya cobertura externa fue baja debido a que la vegetación leñosa se distribuía en manchones. Todos los sitios han estado sujetos al pastoreo extensivo de ganado bovino, que se practica al menos una vez al año, principalmente en la época seca, cuando se intensifica la escasez de forraje (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características generales de los sitios estudiados.

Características Generales	Sitios					
	1	2	3	4	5	6
Pendiente (%)	5.0	7.0	15.0	4.7	42.5	10
Orientación	SE	ESTE	SE	SE	SE	SE
Cobertura de leñosas (%)	90.0	52.0	82.0	95.4	85.0	65
Cobertura de herbáceas (%)	45.7	50.0	67.0	53.8	38.0	90
Suelo desnudo (%)	4.3	58.0	34.0	0.0	47.0	30
Presencia de tocones (%)	8.6	37.0	5.0	0.0	60.0	60
Pedregosidad (%)	46.7	45.0	48.0	14.4	78.0	45
Factor de perturbación (%)			Pastoreo			
Cobertura interna (%)	74.3	70.0	72.0	95.4	64.0	70
Cobertura externa (%)	26.4	75.0	78.0	67.7	66.0	61

Durante el estudio florístico se evaluó la vegetación en 43 cuadros a través de los seis sitios. La curva de acumulación de especies listadas denota que se llegó a un 88 % de

esfuerzo de muestreo. Este tipo de comportamiento se observa en sitios donde todavía otras especies pueden continuar colonizando el área (como los potreros) o en sitios con alta heterogeneidad interna (en este caso la vegetación secundaria).

El estimador de riqueza de Michaelis-Menten (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003) indica que el número máximo de especies que pudieron haberse identificado serían 217 (Figura 2). En base a esto, se puede inferir que el esfuerzo de muestreo fue bueno y para poder obtener un inventario completo faltarían por registrar 26 especies.

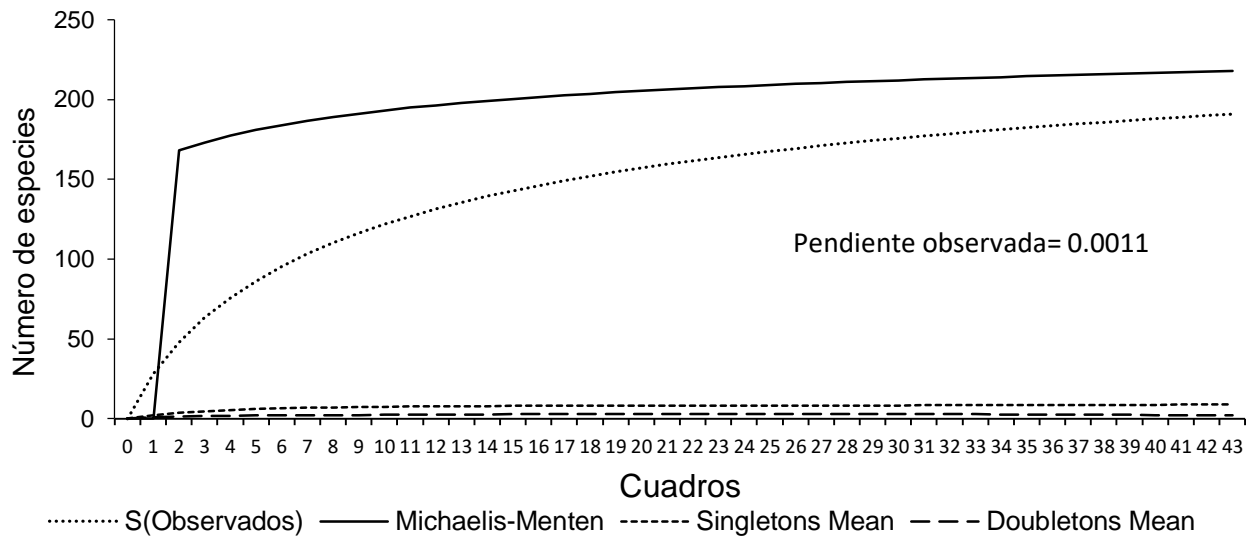


Figura 2. Curva de acumulación de especies en sitios con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sujetos a pastoreo estacional.

6.1.2. Riqueza y diversidad florística de los sitios

En los seis sitios juntos se registraron 51 familias, que agruparon 191 especies dentro de 148 géneros (Apéndice 1). La familia Fabaceae fue la más rica representada por 33 especies, distribuidas en 22 géneros, seguida de Malvaceae con 12 especies, Asteraceae y Euphorbiaceae con 11 especies ambas. En total, se registraron 25 géneros con una especie rara (Cuadro 3). La diversidad obtenida de este estudio está en el rango

de especies obtenidas en otros sitios (59 a 390) en diferentes etapas de sucesión de la vegetación de selva baja (Medina-Abreo y Castillo-Campos, 1993; Álvarez-Yépiz *et al.*, 2008; Castillo-Campos *et al.*, 2008; Gutiérrez-Báez y Zamora-Crescencio, 2012) y la dominancia de la familia Fabaceae es similar a la de otros sitios en selva baja con vegetación primaria y/o secundaria, en los estados de Sonora, Morelos, Yucatán, Quintana Roo y Veracruz (Salvador y Bautista, 2012; Alayon-Gamboa y Alvarez-Florez, 2017; Silva-Aparicio *et al.*, 2018).

Cuadro 3. Diversidad florística en sitios con vegetación secundaria de selva baja, sujetos a pastoreo estacional.

Familia	Género	Especies	Familia	Género	Especies
Fabaceae	22	33	Annonaceae	1	1
Malvaceae	12	15	Asparagaceae	1	1
Asteraceae	10	11	Bixaceae	1	1
Euphorbiaceae	6	10	Bromeliaceae	1	1
Poaceae	8	9	Cannabaceae	1	1
Rubiaceae	6	8	Combretaceae	1	1
Boraginaceae	1	7	Commelinaceae	1	1
Verbenaceae	5	7	Dioscoreaceae	1	1
Malpighiaceae	5	6	Ebenaceae	1	1
Celastraceae	5	6	Erythroxylaceae	1	1
Apocynaceae	5	5	Lamiaceae	1	1
Bignoniaceae	4	5	Loasaceae	1	1
Acanthaceae	4	4	Loranthaceae	1	1
Cactaceae	4	4	Lygodiaceae	1	1
Convolvulaceae	4	4	Lythraceae	1	1
Myrtaceae	3	4	Marantaceae	1	1
Anacardiaceae	3	4	Nyctaginaceae	1	1
Solanaceae	3	4	Orchidaceae	1	1
Rutaceae	3	3	Petiveriaceae	1	1
Sapindaceae	2	3	Polygalaceae	1	1
Burseraceae	1	3	Polygonaceae	1	1
Passifloraceae	1	3	Salicaceae	1	1
Moraceae	2	2	Sapotaceae	1	1
Phyllanthaceae	2	2	Smilacaceae	1	1
Amaranthaceae	1	2	Vitaceae	1	1
Meliaceae	1	2	-	-	-

La riqueza florística de los sitios osciló entre 59 y 125 especies. El sitio 4 tuvo la mayor riqueza de especies (125) con más vegetación madura y con alta cobertura de leñosas, mientras que, la riqueza más baja se registró en el sitio 6 (59; Cuadro 4), donde posteriormente se implementó el PRV.

Cuadro 4. Riqueza de la diversidad florística en sitios con vegetación secundaria de selva baja, sujetos a pastoreo estacional.

Sitios	Número de especies
1	97
2	70
3	91
4	125
5	71
6	59

A través de todos los sitios, las especies arbóreas fueron las mejor representadas (59 especies), seguidas del grupo de herbáceas (56 especies) y de los arbustos (48), las lianas y bejucos fueron las que registraron menos especies (< 20 especies) (Figura 3). Aunque la mayor riqueza corresponde a especies leñosas, todas las formas de vida estuvieron representadas en los sitios estudiados, acorde con la biodiversidad y estructura compleja que la vegetación secundaria puede mantener.

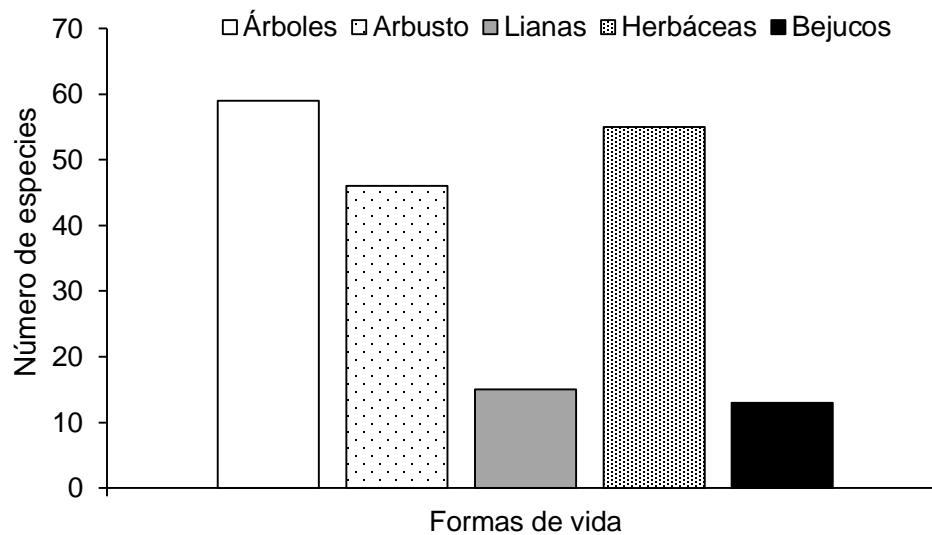


Figura 3. Riqueza florística en sitios con vegetación secundaria de selva baja caducifolia, sujetos a pastoreo estacional tomando en cuenta sus formas de vida.

La presencia/ausencia de especies permitió la separación de los cuadros muestreados ($n = 43$) en dos grupos (Figura 4), con una divergencia de 85 % (índice de Jaccard = 0.15). El grupo 1 (G1) aglomeró 21 cuadros, 14 de ellos corresponden al sitio 4 que tenía vegetación madura, más parecida a la de selva conservada, los otros siete cuadros pertenecen a otro sitio que tenía parches de vegetación más conservada en su matriz espacial (sitio 1). En el grupo 2 (G2) se concentraron los cuadros de sitios con regeneración temprana (Figura 4), estos sitios que componen G2, están más antropizados por causa del pastoreo, aunado a otras prácticas como la quema (inducida o accidental), la extracción de madera, y el control de especies no deseadas.

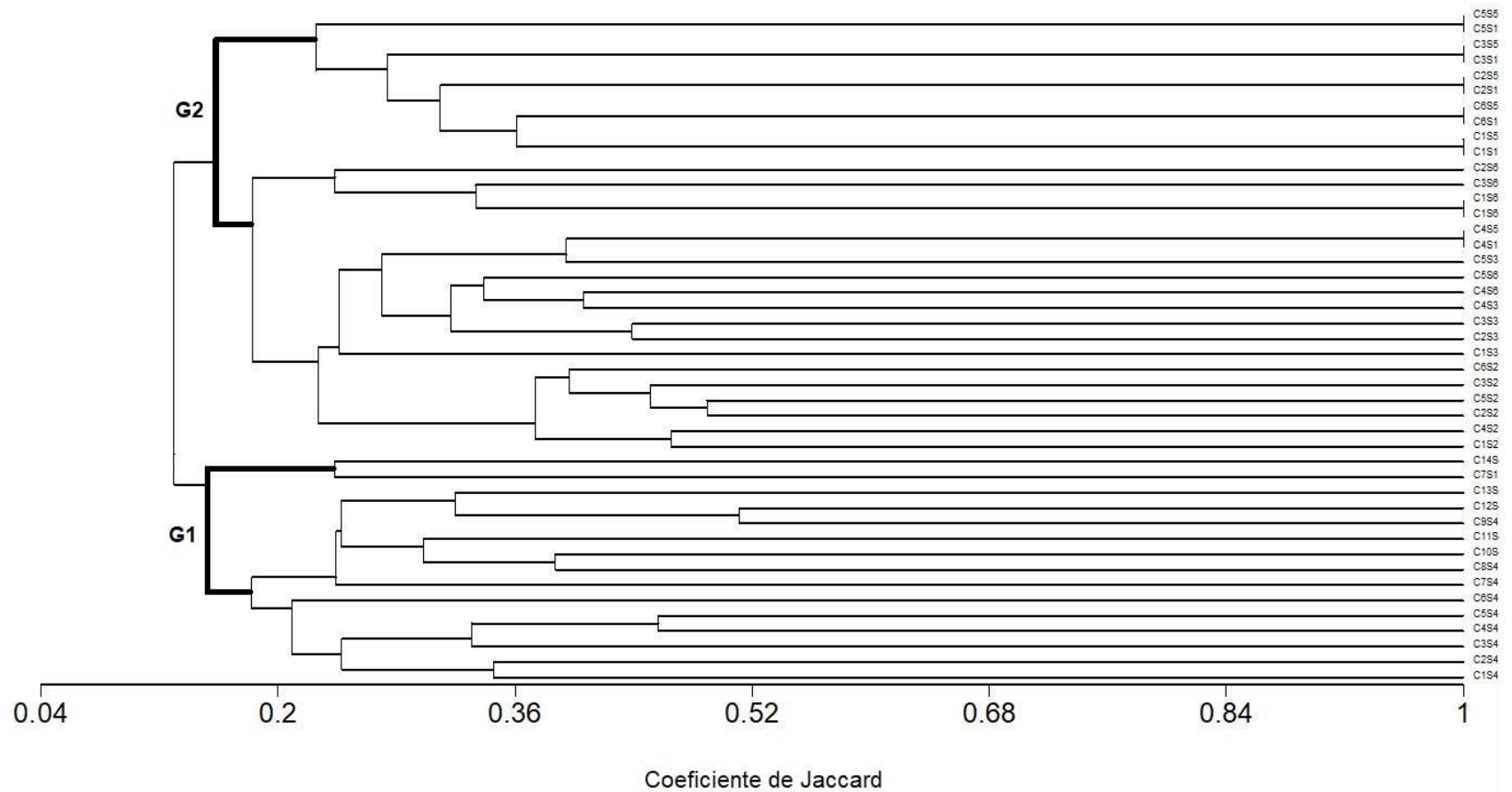


Figura 4. Dendrograma de similitud (índice de similitud de Jaccard y con un coeficiente de correlación cofenética de 0.73) entre sitios con vegetación secundaria de selva baja basado en la presencia-ausencia de especies, evaluados en la época de lluvias de 2017 y 2018.

En la Figura 5 se muestra la ordenación resultante del PCA. El eje 1 explica 16.95 % y el eje 2 el 11.87 % de la varianza explicada. Los cuadros evaluados se distribuyeron en un gradiente de conservación (basado en las coberturas de todas las especies observadas) sobre el Eje 1. Hacia el extremo derecho se ubicaron los cuadros del sitio más conservado (sitio 4), separándose de seis cuadros correspondientes a otros sitios, antes agrupados en G1 mediante el clúster. Sólo un cuadro del sitio 1 se quedó ordenado en G1 por su estructura de selva conservada. En el extremo izquierdo se concentraron los cuadros de sitios con estructura de ambientes menos conservados. Con base a esto, G1 queda conformado sólo por el sitio 4, y un cuadro de sitio 1, que tiene mayor tiempo de sucesión ecológica que todos los demás, donde dominan diferentes especies por el recambio de vegetación y el G2 queda conformado por todos los demás sitios.

El grupo G1 concentró mayor número de especies arbóreas, principalmente *B. simaruba*, *Trichilia trifolia* L., *T. ochracea*, *Luehea candida* (DC.) Mart., *L. lanceolata*, *Maclura tinctoria* (L.) D. Don ex Steud., *G. ulmifolia*, *Erythroxylum havanense* Jacq *Heliocarpus pallidus* Rose y *D. minutifolia*. Las especies dominantes del estrato arbustivo fueron *Psidium sartorianum* (O. Berg) Nied, *Cracca ochroleuca* (Jacq.) Benth. & Oerst., *Randia aculeata* L., *R. albonervia* Brandegees, *Desmopsis galeottiana* (Baill.) Saff, *Croton miradorensis* Müll. Arg., *Malvaviscus arboreus* Cav., *Physalis melanocystis* (B.L. Rob.) Bitter, *Croton glabellus* L., *S. pallida* y *Bunchosia biocellata* Schltldl (Anexo A). Las herbáceas y bejucos más abundantes de este grupo fueron *Lasiacis rugelii* (Griseb.) Hitchc., *Blechum brownei* Kunth, *Ayenia standleyi* Cristóbal, *Ruellia inundata* Kunth, *Aldama dentata* La Llave, *Bromelia pinguin* L., *Gonolobus* sp., *Baltimora recta* L. y

Passiflora yucatanensis Killip. Finalmente, las lianas más abundantes fueron *Pisonia aculeata* L., *Arrabidaea pubescens* (L.) A.H. Gentry, *Serjania racemosa* Schumach., *Forsteronia spicata* (Jacq.) G. Mey. y *Combretum fruticosum* (Loefl.) Stuntz. Fisonómicamente, la dominancia de árboles y arbustos indica que este sitio tiende a ser selva baja (Anexo A).

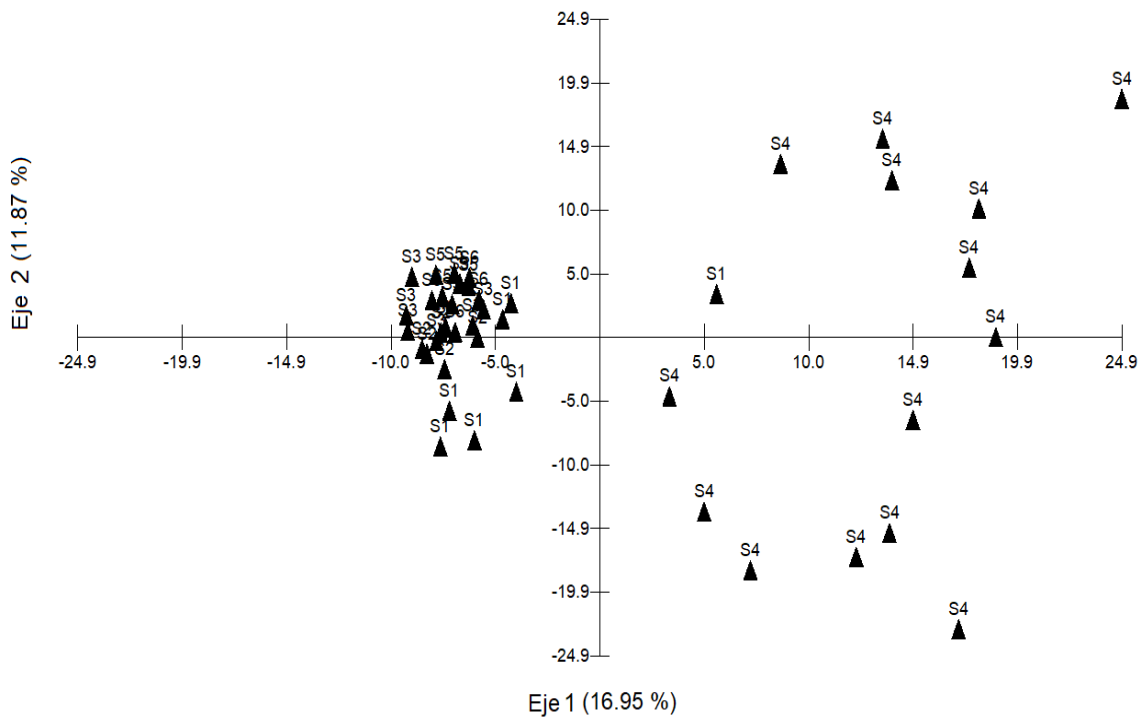


Figura 5. Gradiente de conservación de la vegetación de sitios con vegetación de selva baja, sujetos a pastoreo estacional.

En G2 dominaron las formas de vida de arbustos y herbáceas, sobre los árboles, lianas y bejucos (Figura 5). Las especies herbáceas más abundantes fueron *B. brownei*, *Bouteloua repens* (Kunth) Scribn. & Merr., *A. standleyi*, *Commelina rufipes* Seub., *Maranta arundinacea* L., *Desmodium infractum* DC., *Opuntia dejecta* Salm-Dyck.,

Hyparrhenia rufa (Nees) Stapf, y *Euphorbia hyssopifolia* L., mientras que en el estrato arbustivo dominaron *Mimosa tricephala* Schltdl. & Cham., *R. aculeata*, *Senna pallida* (Vahl) H.S. Irwin & Barneby, *C. miradorensis*, *C. rubescens*, *C. glabellus*, *Lantana hirta* Graham, *Randia laetevirens* Standl., *Cordia pringlei* B.L. Rob., *Acacia cornigera* (L.) Willd. y *Amyris purpussi* P. Wilson. Las especies dominantes del estrato arbóreo fueron *G. ulmifolia*, *L. lanceolata*, *T. chrysantha*, *D. minutifolia*, *Esenbeckia berlandieri* Baill., *V. pennatula*, *Ipomoea wolcottiana* Rose, *Senna atomaria* (L.) H.S. Irwin & Barneby, *T. ochracea* y *Wimmeria pubescens* Radlk., y finalmente las lianas y bejucos más abundantes fueron *P. aculeata*, *Tetrapterys schiedeana* Schltdl. & Cham., *Serjania cardiospermoides* Schltdl. & Cham., *B. aculeata*, *S. racemosa*, *Mucuna pruriens* (L.) DC., *Dioscorea floribunda* M. Martens & Galeotti y *Operculina pinnatifida* (Kunth) O'Donell. La estructura de la vegetación de este segundo grupo es menos compleja que en G1, y la abundancia de herbáceas (que incluyen gramíneas) y arbustos, indica que estos sitios están en proceso de sucesión ecológica más temprana con mayores espacios abiertos que favorecen el crecimiento de especies herbáceas (Begon *et al.*, 2006), que coincide con menor tiempo de regeneración y mayor manejo pecuario.

De la diversidad encontrada (191 especies) a través de todos los sitios, solamente 52 especies provenientes de todas las formas de vida son potencialmente forrajeras (Cuadro 4). A pesar de que solo 51 de las especies fueron clasificadas como potencialmente forrajeras (27 %) en relación a toda la riqueza florística identificada (Anexo 1), el número de especies es similar al que han reportado otros autores en ambientes biodiversos (Sosa *et al.*, 2000; Carranza-Montaña *et al.*, 2002; Isselstein *et al.*, 2007; de la O-toris *et*

al., 2012; Gómez-Fuentes-Galindo *et al.*, 2017), quienes han encontrado entre 19 y 54 especies con potencial forrajero o que están siendo incluidas en la dieta del ganado (Cuadro 5).

Cuadro 5. Especies forrajeras más abundantes y disponibles localizadas en sitios con vegetación secundaria más conservada (G1) y menos conservada (G2) de selva baja sujetos a pastoreo estacional, evaluados durante la época de lluvias

Especie	G1	G2	Especie	G1	G2
Arbóreo	-	-	<i>Blechnum Brownei</i>	x	x
<i>Citharexylum berlandieri</i>	x	-	<i>Bromelia pinguin</i>	x	-
<i>Diphyssa minutifolia</i>	-	x	<i>Commelina rufipes</i>	-	x
<i>Guazuma ulmifolia</i>	x	x	<i>Desmodium incanum</i>	-	x
<i>Leucaena lanceolata</i>	x	-	<i>Desmodium infractum</i>	-	x
Arbusto	-	-	<i>Elytraria imbricata</i>	-	x
<i>Acaciella angustissima</i>	-	x	<i>Euphorbia hyssopifolia</i>	-	x
<i>Aeschynomene purpusii</i>	-	x	<i>Dorstenia contrajerva</i> L.	x	-
<i>Amyris purpusii</i>	-	x	<i>Hyparrhenia rufa</i>	-	x
<i>Acacia cornigera</i>	x	x	<i>Lagascea mollis</i> Cav.	-	x
<i>Bunchosia biocellata</i>	x	-	<i>Maranta arundinacea</i>	x	x
<i>Calea zacatechichi</i>	-	x	<i>Megathyrsus Maximus</i>	-	x
<i>Calliandra rubescens</i>	-	x	<i>Melampodium divaricatum</i>	x	-
<i>Cordia pilosa</i>	-	x	<i>Mucuna pruriens</i>	-	x
<i>Cordia pringlei</i>	-	x	<i>Panicum máximum</i> Jacq.	x	x
<i>Cracca ochroleuca</i>	x	-	<i>Ruellia inundata</i>	x	-
<i>croton glabellus</i>	-	x	<i>Ruellia tweedii</i>	x	x
<i>Croton miradorensis</i>	x	x	Bejucos	-	-
<i>Lantana camara</i>	-	x	<i>Baltimora recta</i>	x	-
<i>Lantana hirta</i>	-	x	<i>Dioscorea floribunda</i>	-	x
<i>Mimosa tricephala</i>	x	x	<i>Gonolobus sp</i>	x	-
<i>Randia aculeata</i>	x	x	<i>Operculina pinnatifida</i>	-	x
<i>Randia laetevirens</i>	-	x	Lianas	-	-
Herbáceas	-	-	<i>Bytteneria aculeata</i>	-	x
<i>Aeschynomene fascicularis</i>	-	x	<i>Serjania cardiospermoides</i>	-	x
<i>Ayenia standleyi</i>	x	x	<i>Serjania racemosa</i>	x	x
<i>Amphilophium paniculatum</i>	-	x	<i>Pisonia aculeata</i>	x	x
<i>Bidens pilosa</i>	-	x	<i>Tetrapteryx schiedeana</i>	-	x
-	-	-	Total de especies	22	41

- Significa que la especie no estuvo presente.

Los grupos formados mediante el análisis de conglomerados (Figura 4) y corroborados con la ordenación (Figura 5) coincidieron en 12 especies potencialmente forrajeras, y difirieron en la gran mayoría, sobre todo, en especies del estrato arbóreo y arbustivo porque en algunos sitios menos especies leñosas estaban al alcance de los animales. En G1 se distinguieron 22 especies potencialmente forrajeras, con mayor riqueza de herbáceas y arbustos (Figura 6). En las herbáceas dominaron *B. brownei*, *R. inundata*, *Ruellia tweedii* (Nees) T. Anderson ex Morong & Britton, *Melampodium divaricatum* (Rich.) DC., en los arbustos *C. rubescens*, *C. ochroleuca*, *C. miradorensis*, *R. aculeata*, y *A. cornígera*, en el estrato arbóreo *Citharexylum berlandieri* B.L. Rob., *G. ulmifolia* y *L. lanceolata*; los estratos de lianas y bejuco están dominadas por *P. aculeata* L., *S. racemosa*, *B. recta* y *Gonolobus* sp. En G2 se agruparon 41 especies potencialmente forrajeras, con mayor riqueza de herbáceas y arbustos (Figura 6), en el estrato herbáceo dominaron principalmente por *Aeschynomene fascicularis* Schltld. & Cham., *R. tweedii*, *A. standleyi*, *B. brownei*, *C. rufipes*, *E. hyssopifolia*, *M. arundinacea*, *Bidens pilosa* L., *Elytraria imbricata* (Vahl) Pers y *Megathyrsus maximum* Jacq. En el grupo de los arbustos dominaron *C. pringlei*, *C. glabellus*, *C. miradorensis*, *L. hirta*, *R. aculeata*, *M. tricephala*, *A. purpussi*, y *C. rubescens*; y en el estrato arbóreo *D. minutifolia* y *G. ulmifolia*. Las lianas dominantes fueron *P. aculeata*, *S. racemosa*, *Byttneria aculeata* (Jacq.) Jacq. y *T. schiedeana*. Finalmente, los bejucos dominantes fueron *D. floribunda* y *M. pruriens*. Los resultados confirman que en ambientes de sucesión temprana usados para el pastoreo, la dominancia de especies potencialmente forrajeras es mayor, y eso se debe a que hay más riqueza de especies de los estratos bajos que pueden incluirse en la categoría de potencialmente forrajeras (Cowles, 1899; Antoniadou *et al.*, 2019). Corroborar que esas

especies efectivamente forman parte de la dieta del ganado, implica realizar estudios de selección de dieta más detallados (Soto, 2019) y con método de pastoreo distintos al pastoreo extensivo.

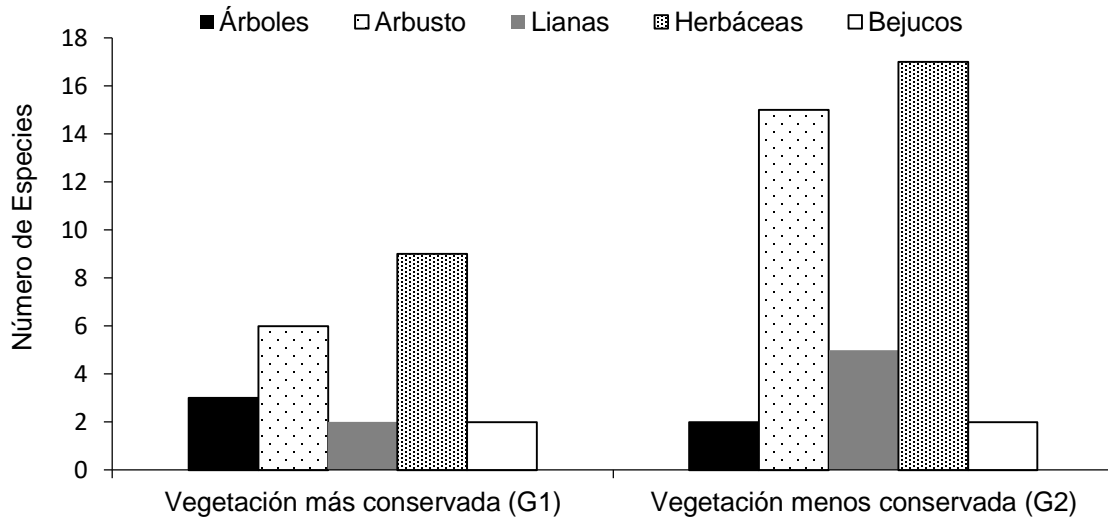


Figura 6. Abundancia de especies potencialmente forrajeras, por forma de vida, en sitios con vegetación secundaria más (G1) y menos conservada (G2) sujetos a pastoreo estacional.

Las especies leñosas favorecen la disponibilidad de biomasa forrajera en la época seca (Lombo *et al.*, 2013; Franzel *et al.*, 2014), y en la zona donde se realizó esta investigación, las especies abundantes y que pueden estar disponibles son *R. aculeata*, *G. ulmifolia*, *Acaciella angustissima* (Mill.) Britton & Rose, *M. tricephala*, *D. minutifolia* y *L. Lanceolata*, algunas de las cuales ya se han mencionado antes por su potencial forrajero (Velázquez-Martínez *et al.*, 2010; Gómez-Fuentes-Galindo *et al.*, 2017; Soto, 2019).

Bajo un manejo adecuado de la diversidad florística, el ganado puede disponer de una dieta variada que resultan en fuentes complementarias de energía y nutrientes (proteína, minerales, vitaminas y compuestos secundarios) que el ganado requiere diariamente;

esa misma diversidad mantiene microambientes que contribuyen al bienestar animal y a su confort (Provenza *et al.*, 2015) y también ofrecen servicios ecosistémicos (captación de carbono, reciclaje de nutrientes, nichos ecológicos para otros organismos, entre otros).

6.1.3. Biomasa disponible y carga animal

La biomasa disponible en los sitios osciló entre 1000 y 1200 kg MS ha⁻¹ (Figura 7), solamente el sitio 2 tuvo una biomasa disponible ligeramente mayor por la presencia de grupos biológicos de interés (herbáceas y gramíneas). La biomasa encontrada en los sitios de este estudio se considera baja, en comparación a la biomasa potencialmente forrajera reportada por Velázquez-Martínez *et al.* (2010) en época seca (1480 kg MS ha⁻¹) y lluvias (1790 kg MS ha⁻¹) en vegetación secundaria de selva baja caducifolia. Sin embargo, comparada con la biomasa disponible reportada para zonas de humedal (700 kg MS ha⁻¹) (Rodríguez-Medina *et al.*, 2017), esta no es tan baja.

Los estudios que cuantifican biomasa forrajera y carga animal en este tipo de ambientes biodiversos, son escasos. Otros estudios realizados en ambientes biodiversos, por ejemplo, en la selva mediana se estimó una biomasa forrajera entre 1450 y 3200 kg MS ha⁻¹ (Gómez-Fuentes-Galindo *et al.*, 2017) y la producción de biomasa dependió de la época del año, otro ejemplo es en un área semiárida con vegetación de matorrales donde se reportan 1500 kg MS ha⁻¹ de biomasa forrajera (Vermeire *et al.*, 2018).

Con base a la biomasa disponible, los sitios soportaron una carga animal instantánea entre 65 a 85 UGM ha⁻¹ (Figura 7) y capacidad de carga animal de 0.2 a 0.3 UGM ha⁻¹. La variabilidad en carga animal depende de la biomasa disponible, y la biomasa depende

de las condiciones climáticas, edáficas, manejo de los sitios que moldean la estructura de la vegetación y su nivel productivo. Estos factores limitan el crecimiento de las herbáceas que aportan la mayor biomasa en este tipo de ambientes, pero a esto se le suma que el dosel no puede estar al alcance de los animales para el ramoneo y solo brinda sombra al animal. La carga animal estimada se considera baja comparada a las que pueden sostener otros ambientes de pastoreo donde se favorece la biomasa forrajeras (Franzel *et al.*, 2014; Cortiana-Tambara *et al.*, 2017; Estrada *et al.*, 2018; Loges *et al.*, 2018), y por consiguiente es inferior a la carga instantánea que se considera rentable (200 UGM) para un rancho (Pinheiro, 2015). De la misma forma, la capacidad de carga está por debajo de 0.7 UA ha⁻¹ año⁻¹ estimada por SAGARPA y COTECOCA (2009) en sitios de selva baja.

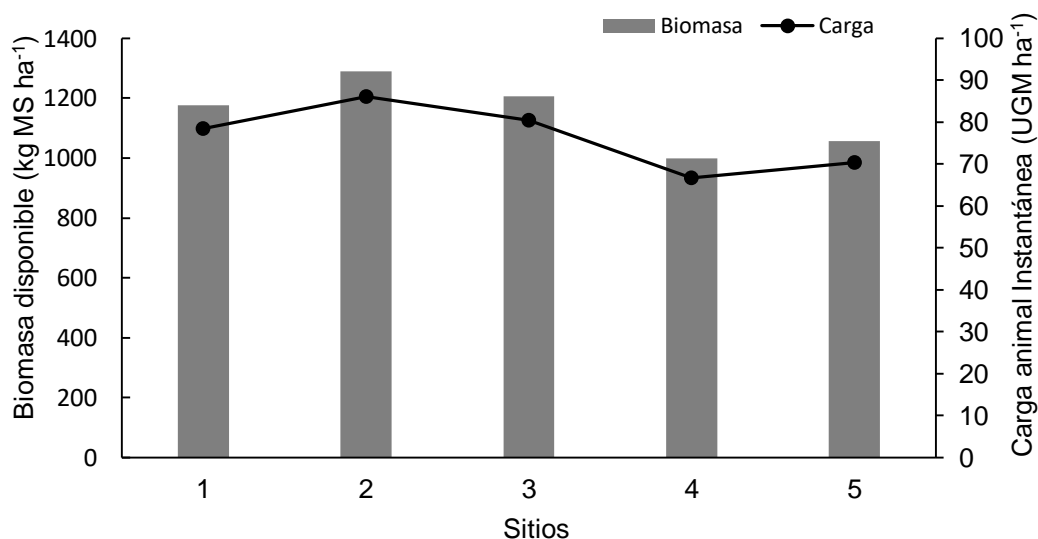


Figura 7. Biomasa disponible (kg MS ha⁻¹) y carga animal instantánea (UGM ha⁻¹) en sitios con vegetación secundaria (acahual de selva baja) sujeta a pastoreo estacional en épocas de lluvias.

En general, la composición botánica y la biomasa potencialmente forrajera difirió entre grupos biológicos. El grupo más abundante fue el de leñosas (37 a 70 %), mientras que el menos abundante fue el de gramíneas (entre 2 y 15 % de la biomasa; Figura 8).

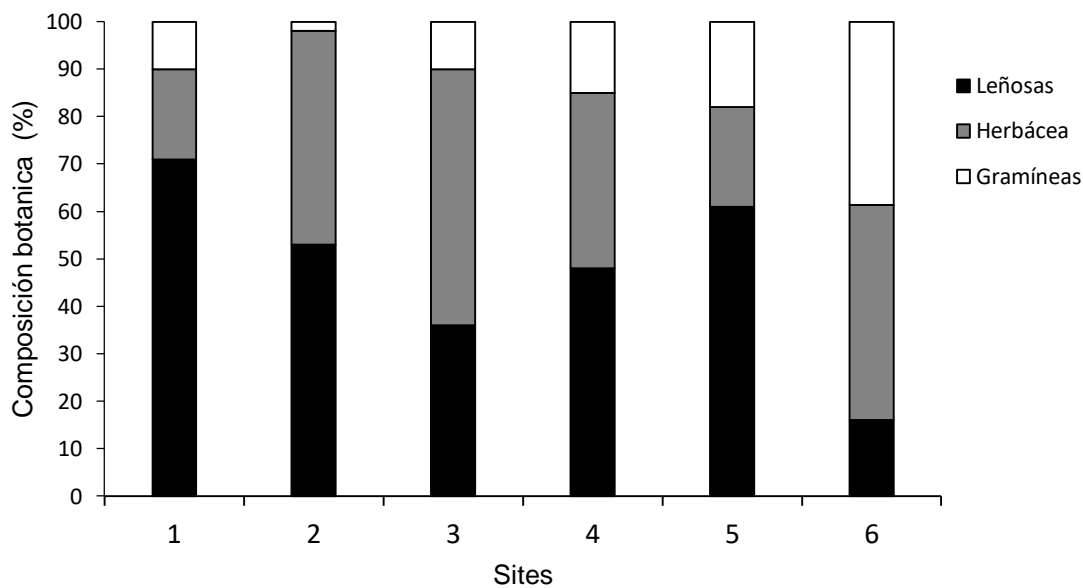


Figura 8. Composición botánica (%) de la biomasa forrajera potencial de los sitios con vegetación secundaria, en época de lluvias.

6.2. Riqueza y biomasa disponible en un sitio con vegetación secundaria sujeto a pastoreo racional

6.2.1. Diversidad florística del sitio antes de implementar el PRV

El sitio 6 utilizado para el pastoreo racional se ubicó en el G2 (Figura 4) y en este sitio se registraron 58 especies, distribuidas en 26 familias, de las cuales la familia Fabaceae fue la dominante con un total de 14 especies. El grupo biológico con mayor riqueza fue el de las herbáceas (18 especies), seguida de los árboles (14 especies) y arbustos (11 especies), los bejucos (9 especies) y las lianas (6 especies). Las herbáceas dominantes fueron *B. repens*, *D. infractum*, *O. dejecta*, *H. rufa*, *C. rufipes*, *B. brownei*, *S. rhombifolia*,

Desmodium Incanum (Sw.) DC. y *L. mollis*. El estrato arbóreo estuvo caracterizado por *G. ulmifolia*, *L. lanceolata*, *M. tinctoria*, *T. chrysatha*, *I. wolcottiana*, *E. berlandieri*, *W. pubescens*, *Leucaena* sp. y *S. saponaria*. El estrato arbustivo lo caracterizan principalmente *R. aculeata*, *C. pringlei*, *S. pallida*, *C. miradorensis*, *C. glabellus* A. *cornígera* y *R. laetevirens*. Las únicas lianas presentes fueron *P. aculeata*, *T. schiedeana*, *F. spicata*, *S. racemosa*, *P. crucigerum* y *B. aculeata*. Finalmente, los bejucos dominantes fueron *M. pruriens*, *O. pinnatifida*, *D. floribunda* y *Smilax* sp. Este sitio tenía manchones de pastizal, donde dominaban las herbáceas, esto indica un manejo distinto que puede ser un pastoreo más intenso aunado al control más constante de las plantas asociadas, dejando espacios con suficiente luz para el crecimiento de las herbáceas. A pesar de eso tiene una diversidad y riqueza alta en comparación de sitios dominados por gramíneas.

6.2.2. Biomasa disponible y carga animal

La biomasa disponible de los 15 potreros evaluados no resultó ser homogénea, hubo potreros más productivos y fueron aquellos donde dominó la cobertura de gramíneas (2500 y 3800 kg MS ha⁻¹), y los menos productivos fueron aquellos con mayor cobertura de leñosas (800 y 2000 kg MS ha⁻¹).

Se conoce que en las regiones tropicales la precipitación y temperatura ocasionan estacionalidad en la producción de forraje; en esta investigación hubo mayor productividad en la época de lluvias, y se debió a la mayor precipitación y temperatura, indicando que hay una relación positiva entre la precipitación y la temperatura con la producción de follaje de las especies. La época de transición fue menos productiva (Figura 9), y se debió a la disminución de precipitación y disponibilidad de luz; que causa

en las plantas estrés hídrico, lo que las lleva a perder su follaje. Esta pérdida es parte de la fenología muy particular de las especies de selva baja. En la época seca no se pastaron potreros porque se tuvo la limitante de un escaso número de potreros disponibles para muestrear en la época de estiaje. Bajo las condiciones climáticas que prevalecen, el periodo de reposo es muy largo, por tal motivo, en esta época no hubo potreros en su punto óptimo para muestrear. Posiblemente algunos potreros con más días de recuperación se tendrían disponible durante la época seca, ya que los productores utilizan potreros con vegetación secundaria para mantener sus animales en la época de menor disponibilidad de forraje de gramíneas (Bautista-Tolentino, 2009).

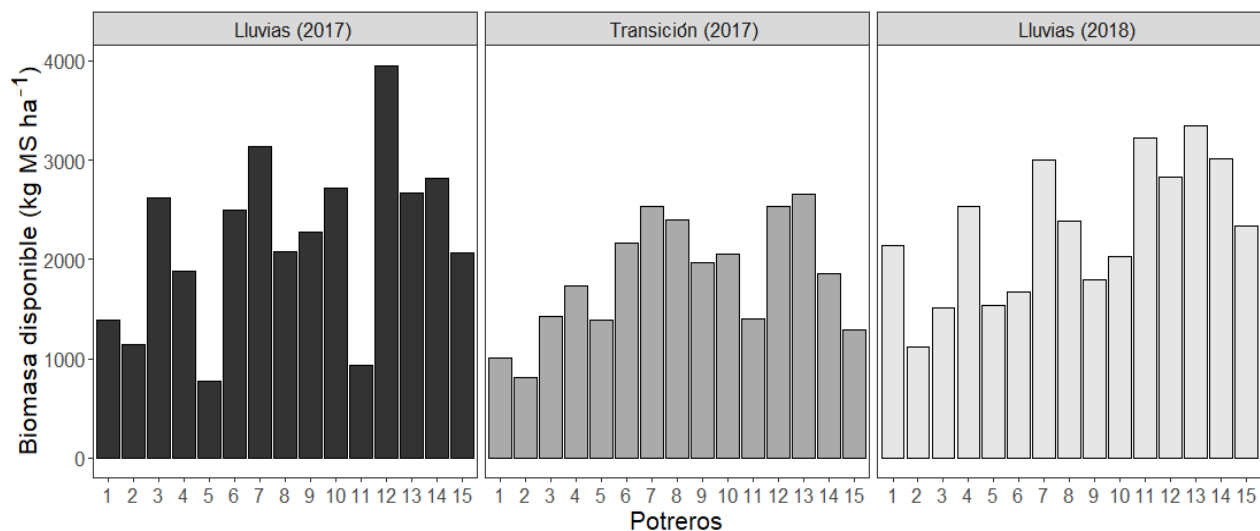


Figura 9. Biomasa disponible de potreros con vegetación secundaria sujetos a Pastoreo Racional Voisin, en distintas épocas del año.

La carga animal instantánea que los potreros podían sostener al inicio de la investigación difirió entre potreros, congruente con la biomasa disponible que sostenían. Al inicio, hubo más variación entre potreros, sin embargo, conforme aumentó el número de periodos de ocupación, los potreros fueron equilibrando su carga animal hasta un rango de 170 a 230

UGM durante la segunda época de lluvias en 2018 (Figura 10). Estas observaciones pueden indicar que en un inicio que la composición de especies y por tanto la disponibilidad de forraje en cada potrero era resultado del pastoreo extensivo y selectivo en el sitio, y con el pastoreo racional la utilización de las plantas se hace más uniforme, dando paso a ajustes y cambios, en la composición botánica que favorecen el crecimiento de todas las especies y la disponibilidad de luz para especies antes limitadas (Vertés *et al.*, 2019).

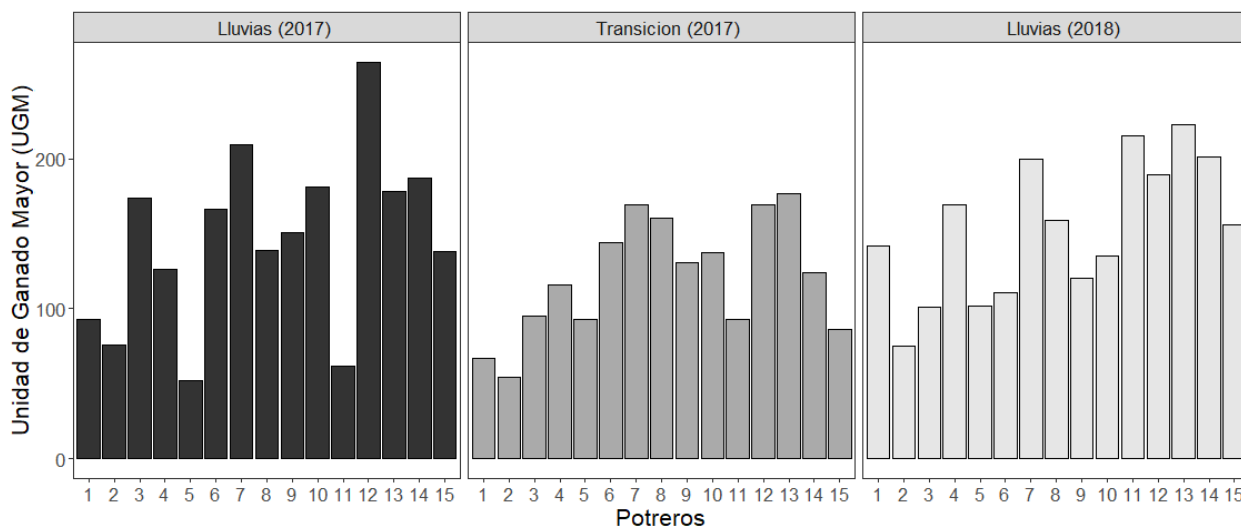


Figura 10. Carga animal instantánea en potreros con vegetación secundaria sujetos a Pastoreo Racional Voisin en tres épocas del año.

La biomasa forrajera total del sitio equivale a una capacidad de carga animal alta ($1.2 \text{ UA ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), valor que es mayor al coeficiente de agostadero para selva baja caducifolia de $0.7 \text{ UGM ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (SAGARPA y COTECOCA, 2009). Estos resultados son similares a la producción de biomasa de monocultivos de gramíneas de *H. rufa* y *M. maximus* en sitios con manejo pastoreo extensivo en la región (Quiroz, 2017) y a lo reportado en la asociación de gramíneas con especies nativas en pastoreo racional que supera 1 UGM

ha⁻¹ (Guevara *et al.*, 2003; Benítez *et al.*, 2007a). En contraste, otros autores han reportado carga animal en un rango de 3 a 6 UA ha⁻¹ año en monocultivo de gramíneas y con manejo del sistema PRV en regiones de Colombia y Cuba (Benítez *et al.*, 2007b; Terán-Flores, 2015), probablemente el aumento de la carga animal se deba a las condiciones agroecológicas para el desarrollo de las gramíneas.

6.2.3. Composición botánica de la biomasa forrajera

Aunque el sitio se consideró como un potrero con vegetación secundaria, los 15 potreros que se formaron no resultaron ser homogéneos en su composición botánica y capacidad productiva (en el periodo de lluvias inicial), sino que, se separaron en tres grupos (valor aproximado del índice Bray-Curtis = 0.75) en base la composición botánica de la biomasa forrajera (Figura 11).

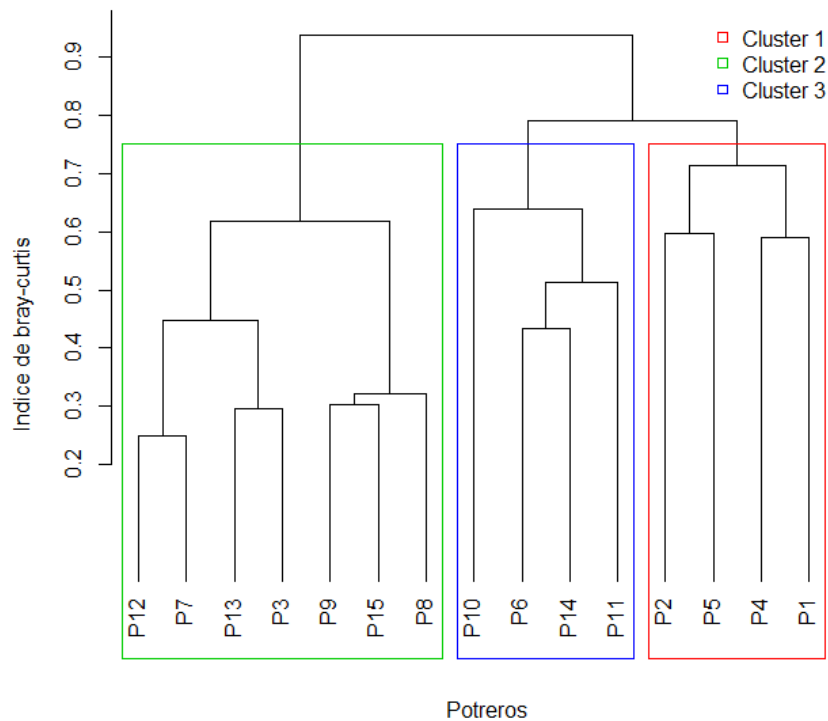


Figura 11. Dendrograma de similitud (índice de similitud de Bray-Curtis, Correlación cofenética = 0.79) entre los potreros basados en la composición de la biomasa de las especies forrajera, en la época de lluvias durante julio y agosto de 2017.

El primer grupo (potreros P2 a P1) se caracterizó por una vegetación forrajera dominada por herbáceas y leñosas, el segundo grupo (potreros P12 a P8) se caracterizó por vegetación forrajera dominada por biomasa de gramíneas, y el tercero (P10 a P11) por ser el más homogéneo con una ligera dominancia de herbáceas (Cuadro 6).

Cuadro 6. Biomasa forrajera disponible por grupo biológico en potreros sujetos a Pastoreo Racional, evaluados en la época de lluvias 2017.

Grupo	Potrero*	Biomasa disponible (kg MS ha ⁻¹)			
		Leñosa**	Herbácea	Gramínea	Total
1	2	100	453	41	594
1	5	138	238	0	376
1	4	98	840	76	1014
1	1	242	431	24	697
2	12	241	709	1027	1977
2	7	185	716	977	1878
2	13	118	379	840	1337
2	3	892	892	63	1847
2	9	207	419	509	1135
2	15	173	292	567	1032
2	8	60	551	431	1042
3	10	268	1072	16	1356
3	6	367	606	275	1248
3	14	85	1000	320	1405
3	11	95	209	161	465

* Potreros ordenados en base a grupos formados por similitud

** Incluye árboles, arbustos y lianas

En la época de lluvias del siguiente año (después de 12 meses de manejo), los potreros siguieron distinguiéndose en tres grupos y con un ligero aumento en el índice de similitud (valor aproximado del índice Bray-Curtis = 8.1) (Figura 12). El primer grupo (P1 a P10) se caracterizó por la vegetación forrajera fue homogénea, con una ligera dominancia de

las herbáceas, el segundo grupo (P4 a P3) se caracterizó por vegetación forrajera dominada por biomasa de leñosas y herbáceas, y en el tercero (P7 a P14) por las gramíneas y leñosas (Cuadro 7).

La diversidad de especies encontrada en los potreros evaluados fueron plantas forrajeras, excepto *S. pallida* y *S. rombifolia* que no fueron consumidas por los animales. Al inicio y final de la investigación, las especies *H. rufa*, *R. aculeata*, *D. incanum*, *F. spicata*, *E. alcalifa*, *C. rufipes*, *B. dictyoneura*, *G. ulmifolia*, *B. Browien*, *B. repens*, *L. molli* y *B. aculeata* aportaron el 75 % de la biomasa en el sitio.

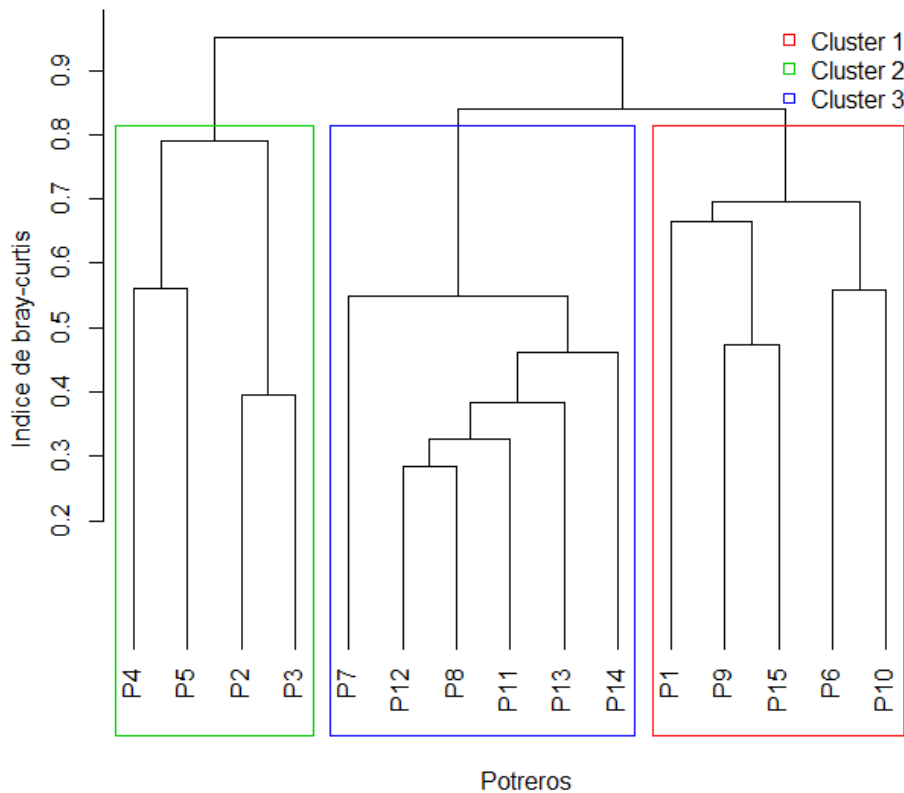


Figura 12. Dendrograma de similitud entre los potreros con base a la composición de especies forrajeras (índice de similitud de Bray-Curtis, Correlación cofenética = 0.88) entre los potreros basados en la composición de la biomasa de las especies forrajera, en la época de lluvias durante junio y julio de 2018.

Cuadro 7. Biomasa forrajera disponible por grupo biológico, en potreros sujetos a pastoreo racional, evaluados en la época de lluvias 2018.

Grupo	Potreros*	Biomasa disponible (kg MS ha ⁻¹)			Total
		Leñosa**	Herbácea	Gramínea	
1	1	390	235	442	1067
1	9	307	278	315	900
1	15	464	292	415	1171
1	6	429	259	145	833
1	10	415	433	167	1015
2	4	812	418	34	1264
2	5	415	348	3	766
2	2	376	173	11	560
2	3	513	234	12	759
3	7	740	186	576	1502
3	12	322	364	728	1414
3	8	333	143	715	1191
3	11	641	199	771	1611
3	13	302	235	1134	1671
3	14	197	302	1008	1507

* Potreros ordenados en base a grupos formados por similitud

** Incluye árboles, arbustos y lianas

En general, las plantas presentes formaron parte de la biomasa forrajera porque cuando se ejercen altas cargas animal en periodos cortos de ocupación, el ganado cambia su hábito selectivo por un consumo voraz en la competencia por el forraje (Pinheiro, 2015), y el pastoreo se realiza a fondo. No se han reportado estudios de pastoreo racional en vegetación diversa de selva baja, sin embargo, se han registrado estudios de asociaciones de pastos con géneros de *Centrosema* y *Desmodium* de la familia Fabaceae con manejo de PRV en ambientes de pastoreo de la Habana, Cuba (Guevara

et al., 2003), donde se menciona que bajo este manejo aumenta la abundancia de estos Géneros.

6.2.4. Tiempo de recuperación en las diferentes épocas

La recuperación de los potreros sucedió en tiempos distintos dependiendo de cada época. Al inicio de la investigación (lluvias 2017) los potreros tuvieron un periodo de recuperación entre 47 a 89 días después del pastoreo, este periodo aumentó en la época de transición (50 a 123 días). Esos potreros forrajeados en el periodo de transición, se recuperaron hasta después de 210 a 290 días, por lo que llegaron a su punto óptimo de reposo hasta la siguiente época de lluvias en 2018 (Figura 13). Esto se debe a las condiciones agroecológicas de la zona y a la adaptación fenológica de las especies a la presencia de un periodo seco. La vegetación en lluvias luce abundancia de follaje y en seca las plantas pierden su follaje (Trejo, 1999). Sin embargo, estos resultados no se pueden comparar con otros trabajos de PRV y monocultivo en el que reportan en lluvias desde 30 a 60 días de recuperación y en seca desde 70 hasta 180 días, la recuperación de los potreros se debe a la disponibilidad de humedad, factor importante en la recuperación de las gramíneas (Benítez *et al.*, 2007b; Ricardo-Olivé *et al.*, 2010). Pero esta información proporciona los días de descanso que necesita la vegetación forrajera en la zona.

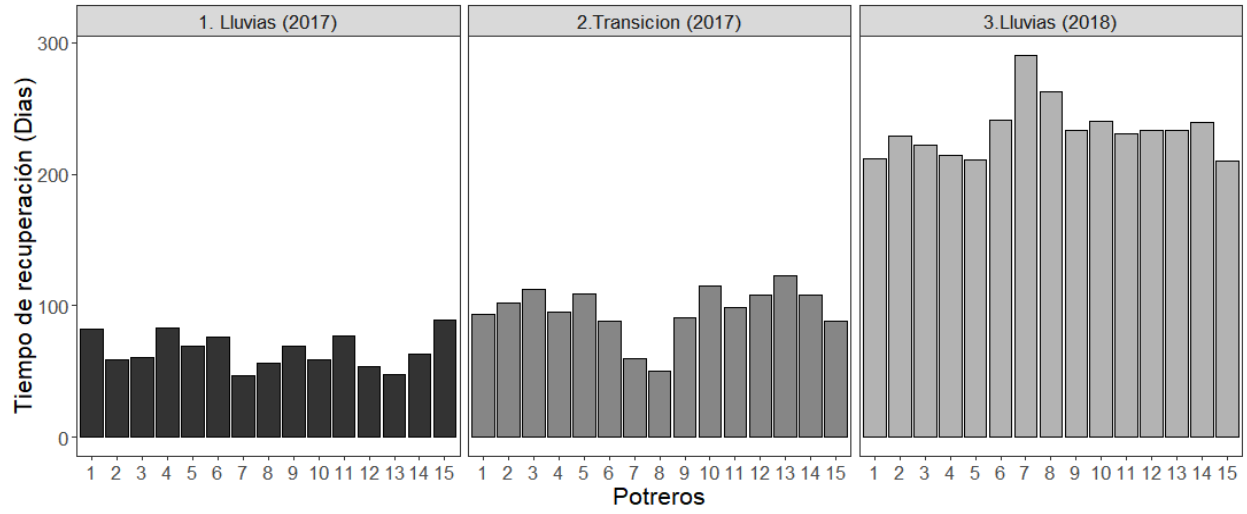


Figura 13. Tiempo de recuperación (días) de los potreros con vegetación secundaria sujetos a Pastoreo Racional Voisin.

7. CONCLUSIONES

La diversidad florística en los ambientes de pastoreo biodiversos es alta, sin importar el estado de sucesión en que se encuentren. Aproximadamente una cuarta parte de esa riqueza es potencialmente forrajera, y aun así el número de especies que pueden formar parte de esa biomasa es alto en comparación a sistemas de pastoreo basados en gramíneas.

La riqueza de especies forrajeras en ambientes biodiversos proviene de los tres estratos, pero la participación de cada estrato depende del grado de sucesión del sitio, pues en los sitios más conservados la mayor riqueza de plantas forrajeras proviene de las leñosas, y en sitios menos conservados, proviene del estrato herbáceo y arbustivo.

En los ambientes de pastoreo biodiversos, la mayor cantidad de biomasa potencialmente forrajera se produce en la época de lluvias y no en la época de transición. Esta biomasa es baja comparada a la de sistemas de producción de forrajes basados en gramíneas; la capacidad de carga que soportan, consecuentemente es baja, pero bajo un pastoreo racional, es decir bajo un método eficiente de pastoreo, la capacidad de carga puede incrementarse y acercarse a 2 UGM.

A través del tiempo, a medida que se realizan más pastoreos, la vegetación forrajera empieza a estabilizarse en los potreros y la biomasa forrajera de gramíneas, herbáceas de hoja ancha, arbustivas y arbóreas es más equilibrada. A diferencia de lo que se esperaba, la época de transición no fue la más productiva, debido a que después del primer forrajeo de la época de lluvias, las plantas rebrotan, pero llegan a un punto de estrés hídrico en el periodo de transición, y su follaje empieza a senescer. Una decisión

importante en ese momento es que, aunque las plantas no hayan llegado a su punto óptimo de reposo, se debe aplicar el forrajeo antes de que las hojas se desprendan de la vegetación leñosa y así se podrá aprovechar para la alimentación del ganado.

El sitio con vegetación secundaria sujeto a pastoreo regenerativo superó la 1 UGM ha⁻¹ año⁻¹, lo que permite recomendar este sistema de manejo en los ranchos de la zona. Sin embargo, se debe dar seguimiento a este manejo para conocer su potencial a largo plazo en la producción de forraje y a la evolución de la diversidad florística forrajera. Una desventaja es que se desconoce la calidad forrajera de la gran mayoría de especies potencialmente forrajeras en esos sitios, conocerla sería útil para complementar la toma de decisiones de manejo para estos ambientes.

La adopción del pastoreo racional es una alternativa para el aprovechamiento de la diversidad florística y aumentar la capacidad de carga de los potreros con vegetación secundaria que lleva a mejor manejo de los agroecosistemas con ganadería tropical, como una alternativa a la deforestación y conversión de paisajes biodiversos a ambientes de pastoreo simplificados.

8. LITERATURA CITADA

- Alayon-Gamboa, J. A., y F. Alvarez-Florez. 2017. Diversidad e importancia de la vegetación secundaria en un sistema silvopastoril en Yucatán, México. *Agroproductividad* 10: 60-64.
- Almeida, C. M. R., F. Santos, A. C. F. Ferreira, I. Lourinha, M. C. P. Basto, and A. P. Mucha. 2017. Can veterinary antibiotics affect constructed wetlands performance during treatment of livestock wastewater? *Ecological Engineering* 102: 583-588.
- Altieri, A. M. 1999. *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable*. Nordan. Montevideo, Uruguay. 325 p.
- Álvarez-Yépez, J. C., A. Martínez-Yrizar, A. Búrquez, and C. Lindquist. 2008. Variation in vegetation structure and soil properties related to land use history of old-growth and secondary tropical dry forests in northwestern Mexico. *Forest Ecology and Management* 256: 355-366.
- Álvarez, N. 1996. Biodiversidad y agricultura. *Ecología Política* 12: 91-95.
- Antoniadou, C., E. Voultsiadou, and C. C. Chintiroglou. 2019. Succession and Colonization. *Encyclopedia of Ecology*. Oxford. USA. pp 369-378.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2005. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 18th edition. USA. 176 p.
- Aparecida B., T., and R. Lopes M. 2019. Milk production systems of ecological base: the construction of variables from an experience of rural extension in Santa Maria-RS. *Revista Brasileira de Agroecología* 14: 16-30.
- Ayala B., A. J., R. Cetina G., C. Capetillo L., C. Zapata C., y C. Sandoval C. 2006. Composición química-nutricional de árboles forrajeros. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. 55 p.
- Balvanera, P. 2012. Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Ecosistemas* 21: 136-147.
- Bautista-Tolentino. 2009. *Sistemas agro y silvopastoriles en el limón, municipio de paso de ovejas, Veracruz, México*. Tesis de Maestría en Ciencias, Programa de Maestría en Agroecosistemas Tropicales. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. 70 p.
- Begon, M., C. R. Townsend, and J. L. Harper. 2006. *Ecology from individuals to Ecosystems*. Fourth ed. Blackwell. Vistoria, Australia. 714 p.

- Benítez, D., J. L. Fernández, J. Ray, A. Ramírez, V. Torres, I. Tandrón, M. Díaz, y J. Guerra. 2007a. Factores determinantes en la producción de biomasa en tres especies de pastos en sistemas racionales de pastoreo en el Valle del Cauto, Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 41: 231-235.
- Benítez, D., A. Ramírez, M. Díaz, J. Ray, J. Guerra, y A. Vegas. 2007b. Comportamiento de machos vacunos en un sistema racional de pastoreo en el Valle del Cauto. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 41: 227-230.
- Berlanga-Robles, C. A., A. Cervantes-Escobar, y E. Murúa F. 2018. Estacionalidad y tendencias del bosque tropical caducifolio de la cuenca Piaxtla-Elota-Quelite y el área protegida Meseta de Cacaxtla, México. *Madera y Bosques* 24: 1-16.
- Bertness, M. D., and R. Callaway. 1994. Positive interactions in communities. *TREE* 9: 191-193.
- Bhaskar, R., F. Arreola, F. Mora, A. Martínez-Yrizar, M. Martínez-Ramos, and P. Balvanera. 2018. Response diversity and resilience to extreme events in tropical dry secondary forests. *Forest Ecology and Management* 426: 61-71.
- Bonham, C. D. 1989. *Measurements for Terrestrial Vegetation*. Ed. Wiley & Sons, Inc., USA. 338 p.
- Bray, J. R., and J. T. Curtis. 1957. An Ordination of the Upland Forest Communities of Southern Wisconsin. *Ecological Society of America* 27: 325-349.
- Briske, D. D., J. D. Derner, J. R. Brown, S. D. Fuhlendorf, W. R. Teague, K. M. Havstad, R. L. Gillen, A. J. Ash, and W. D. Willms. 2008. Rotational Grazing on Rangelands: Reconciliation of Perception and Experimental Evidence. *Rangeland Ecology and Management* 61: 3-17.
- Brown, S., and A. E. Lugo. 2009. Tropical secondary forests. *Journal of Tropical Ecology* 6: 1-32.
- Bruch, J., L. C. Pinheiro-Machado, G. Molina, M. Santos, L. Moisés, D. Enríquez, and M. Vincenzi. 2007. Progresses in Family units with agroecological milk production with Voisin's Rotational Grazing. *Revista Brasileira de Agroecología* 2: 281-284.
- Bruno, J. F., J. J. Stachowicz, and M. D. Bertness. 2003. Inclusion of facilitation into ecological theory. *Trends in Ecology & Evolution* 18: 119-125.
- Carranza-Montaño, M. A., L. R. Sánchez-Velásquez, M. del R. Pineda-López, y R. Cuevas-Guzmán. 2002. Calidad y potencial forrajero de especies del bosque tropical caducifolio de la sierra de Manantlán, México. *Agrociencia* 37: 203-210.
- Casanova-Pérez, L., J. P. Martínez-Dávila, S. López-Ortiz, C. Landeros-Sánchez, G. López-Romero, y P. O. Benjamín. 2015. El agroecosistema comprendido desde la

- teoría de sistemas sociales autopoieticos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4: 855-865.
- Castillo-Campos, G., G. Halffter, and C. E. Moreno. 2008. Primary and secondary vegetation patches as contributors to floristic diversity in a tropical deciduous forest landscape. *Biodiversity and Conservation* 17: 1701-1714.
- Colwell, R. K. 1997. *EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples (Software and User's Guide)*, Versión 9.1.0. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates> (Consultada: enero 2019).
- CONAPO (Consejo Nacional de Poblacion). 2005. Anuario estadístico del estado de Veracruz 2005. Tomo II. Veracruz ignacio de la llave: Población total, indicadores socioeconómicos, índice y grado de marginación por localidad. <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825004574>. (Consultada: noviembre 2018).
- Cortiana-Tambara, A. A., M. Regiani-Sippert, G. Cardoso-Jauris, J. L. Carvalho-Flores, E. L. Henz, and J. P. Velho. 2017. Production and chemical composition of grasses and legumes cultivated in pure form, mixed or in consortium. *Acta Scientiarum Animal Sciences* 39: 235-241.
- Cowles, H. C. 1899. The ecological relations of the vegetation on the sand dunes of lake Michigan. *Botanical Gazette* 27: 95-117.
- Chiappy-Jhones, C. J., L. Gama, M. Soto-Esparza, D. Geissert, y J. Chávez. 2002. Regionalización paisajística del estado de Veracruz, México. *Universidad y Ciencia* 18: 87-113.
- Chryssanthi, A., E. Voultziadou, y C. C. Chintiroglou. 2019. Succession and Colonization. B. Fath, 2da. *Encyclopedia of Ecology*. Oxford. USA. pp 369-378.
- De la O-Toris, J., B. Maldonado, y C. Martínez-Garza. 2012. Efecto de la perturbación en la comunidad de herbáceas nativas y ruderales de una selva estacional mexicana. *Botanical Sciences* 90: 469-480.
- De Leeuw, J., A. Rizayeva, E. Namazov, E. Bayramov, M. T. Marshall, J. Etzold, and R. Neudert. 2019. Application of the MODIS MOD 17 Net Primary Production product in grassland carrying capacity assessment. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 78: 66-76.
- Di Castri, F. 1995. The chair of sustainable development. *Nature and resources* 31: 2-7.
- Dirzo, R., H. S. Young, H. A. Mooney, and G. Ceballos. 2011. *Seasonally dry Tropical Forests: Ecology and Conservation*. Island Press. Washington, DC, USA. 392 p.

- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2018. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGDFS_050618.pdf (Consultado: mayo 2019).
- Dunnea, T., D. Western, and W. E. Dietrich. 2011. Effects of cattle trampling on vegetation, infiltration, and erosion in a tropical rangeland. *Journal of Arid Environments* 75: 58-69.
- Durant, D., M. Tichit, E. Kernéis, and H. Fritz. 2007. Management of agricultural wet grasslands for breeding waders: integrating ecological and livestock system perspectives. *Biodiversity and Conservation* 17: 2275–2295.
- Echavarría-Chairez, F. G., R. Gutiérrez-Luna, R. I. Ledesma-Rivera, R. Bañuelos-Valenzuela, J. I. Aguilera-Soto, y A. Serna-Pérez. 2006. Influencia del sistema de pastoreo con pequeños rumiantes en un agostadero del semiárido Zacatecano. I Vegetación nativa. *Técnica Pecuaria en México* 44: 203-217.
- Ekroos, J., M. Kuussaari, J. Tiainen, J. Heliölä, T. Seimola, and J. Helenius. 2013. Correlations in species richness between taxa depend on habitat, scale and landscape context. *Ecological Indicators* 34: 528-535.
- Estrada L., I., S. Esparza J., B. Albarrán P., G. Yong A., A. A. Rayas A, y A. García M. 2018. Evaluación productiva y económica de un sistema silvopastoril intensivo en bovinos doble propósito en Michoacán, México. *Ciencia ergo-sum* 29: 1-13.
- Eviner, V. T., and F. S. Chapin III. 2003. Functional matrix: A conceptual framework for predicting multiple plant effects on ecosystem processes. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 34: 455-485.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2008. La biodiversidad para el mantenimiento de los agroecosistemas. www.fao.org/docrep/pdf/010/i0112s/i0112s02.pdf (Consultada: abril 2019).
- Feer, F., and O. Boissier. 2015. Variations in dung beetle assemblages across a gradient of hunting in a tropical forest. *Ecological Indicators* 57: 164-170.
- Feng, C., S. Ding, T. Zhang, Z. Li, D. Wang, L. Wang, C. Liu, J. Sun, and F. Peng. 2016. High plant diversity stimulates foraging motivation in grazing herbivores. *Basic and Applied Ecology* 17: 43-51.
- Flores-García, A. 1997. Sistemas de pastoreo (Con Énfasis en el Pastoreo Racional Voisin). Universidad Politécnica de Madrid. Managua, Nicaragua. 13 p.
- Franklin Jr., S. L., and R. S. Pindyck. 2018. Tropical Forests, Tipping Points, and the Social Cost of Deforestation. *Ecological Economics* 153: 161–171.

- Franzel, S., E. Kiptot, and B. Lukuyu. 2014. Agroforestry: Fodder Trees. *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems* 1: 235-243.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5a. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. D.F. México 90 p.
- García, R. 2011. Interdisciplinariedad y sistemas complejos. *Revista Latinoamericana de Metodología de las Ciencias Sociales* 1: 66-101.
- Giraldo-Cañas, D. 2000. Variación de la diversidad florística en un mosaico sucesional en la cordillera central andina (Antioquia, Colombia). *Darwiniana* 38: 33-42.
- Gómez-Fuentes-Galindo, T., C. González-Rebeles, S. López-Ortiz, J. C. Ku-Vera, C. d. J. Albor-Pinto, y J. R. Sangines-García. 2017. Dominancia, composición química-nutritiva de especies forrajeras y fitomasa potencial en una selva secundaria. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 14: 617-634.
- Gómez-Pompa, A., T. Krömer, y R. Castro-Cortés. 2010. Atlas de la flora de Veracruz: un patrimonio natural en peligro. Universidad Veracruzana, Veracruz, México. 528 p.
- Granados-Sánchez, D., P. Ruíz-Puga, y H. Barrera-Escorcia. 2008. Ecología de la herbivoría. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 14: 51-63.
- Guevara-Sada, S., y P. Moreno-Casola. 2008. El dilema de los recursos naturales: La ganadería en el Trópico de México. *Guaraguao* 12: 9-23.
- Guevara, R., R. Ruiz, L. Curbelo, G. Guevara, M. Gálvez, S. Martínez, J. Estévez, y R. M. Pedraza. 2003. Asociación de guinea (*Panicum Maximum*) con leguminosas nativas explotadas en pastoreo racional en una vaquería comercial. *Pastos y Forrajes* 26: 215-220.
- Gutiérrez-Báez, C., y P. Zamora-Crescencio. 2012. Especies leñosas de la selva baja caducifolia de Xmatkuil, Yucatán, México. *Foresta Veracruzana* 14: 9-14.
- Jordano, P. 2000. Fruits and frugivory. In: Fenner, M. (ed.). *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*, 2nd edition. CABI Publ. Wallingford, UK. pp 125-166.
- Harrison, P. A., P. M. Berry, G. Simpson, J. R. Haslett, M. Blicharska, M. Bucur, R. Dunforda, B. Egohe, M. García-Llorente, N. Geamănă, W. Geertsema, E. Lommeleni, L. Meiresonne, and F. Turkelboomi. 2014. Linkages between biodiversity attributes and ecosystem services: A systematic review. *Ecosystem Services* 9: 191-203.

- Hart, R. D. 1979. Agroecosistemas Conceptos Basicos. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 211 p.
- Hernández V., G., L. R. Sánchez V., y F. Aragón. 2001. Tratamientos pregerminativos en cuatro especies arbóreas de uso forrajero de la selva baja caducifolia de la sierra de manantlán. *Foresta Veracruzana* 3: 9-15.
- Herrera-Moreno, A. 2000. La clasificación numérica y su aplicación en la ecología. Instituto Tecnológico de Santo Domingo. Republica Dominicana. 88 p.
- Holenchek, J. L., R. D. Pieper, y C. H. Herbel. 1989. Range Management, Principles and Practices. Prentice Hall. Englewood Cliffs, USA. 501 p.
- Hutchings, N. J., J. E. Olesen, B. M. Petersen, and J. Berntsen. 2007. Modelling spatial heterogeneity in grazed grassland and its effects on nitrogen cycling and greenhouse gas emissions. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 121: 153-163.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. Paso de Ovejas. Cuadernillos Municipales, 2010. Sistema de Información Municipal. Gobierno del Estado de Veracruz, Secretaría de Finanzas y Planeación del Estado de Veracruz (SEFIPLAN).
- Isselstein, J., B. A. Griffith, P. Pradel, and S. Venerus. Effects of livestock breed and grazing intensity on biodiversity and production in grazing systems. 1. Nutritive value of herbage and livestock performance. *Grass and Forage Science* 62: 145–158.
- Jaccard, P. 1901. Étude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et du Jura. *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles* 37: 547-579
- Jiménez-Valverde, A., y J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología* 8: 151–161.
- Kammesheidt, L. 2002. Perspectives on Secondary Forest Management in Tropical Humid Lowland America. *Ambio* 31: 243-250.
- Kovach, W. 1999. MVSP-a Multivariate Statistical Package for Windows, version 3.2. Kovach Computing Services. Pentraeth, UK.
- Lan, G., Y. Lib, Z. Wua, and G. Xiea. 2018. Impact of tropical forest conversion on soil bacterial diversity in tropical region of China. *European Journal of Soil Biology* 83: 91–97.
- Lenzi, A., U. Ceacato, F. Machado, L. C. Pinheiro, M. Silva, A. Gonçalves D., E. Gasparino, C. Roma, and L. Barbero. 2009. Mineral-n profile on coastcross

pasture mixed with *Arachis pintoi* with or without nitrogen in two year seasons. *Revista Brasileira de Agroecología* 4: 51-58.

- Leyva, B. V. 2006. Uso, extracción y manejo de los acahuales de la Selva Baja Caducifolia en las localidades Acazónica y Paso de Ovejas de la zona Sotavento del estado Veracruz. Tesis de Maestría en Ciencias, Programa de Maestría en Agroecosistemas Tropicales. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. México. 114 p.
- Li, X., Z. Wang, D. Wang, L. Wang, D. Pana, J. Li, K. De, and T. R. Seastedt. 2019. Livestock grazing impacts on plateau pika (*Ochotona curzoniae*) vary by species identity. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 275: 23-31.
- Liang, Y., G. Han, H. Zhou, M. Zhao, H. A. Snyman, D. Shan, and K. M. Havstad. 2009. Grazing Intensity on Vegetation Dynamics of a Typical Steppe in Northeast Inner Mongolia. *Rangeland Ecology & Management* 62: 328-336.
- Loges, R., I. Bunne, T. Reinsch, C. Llub, A. Hermann, and F. Taube. 2018. Forage production in rotational systems generates similar yields compared to maize monocultures but improves soil carbon stocks. *European Journal of Agronomy* 97:11-19.
- Lombo, D., I. Muhammad, C. Villanueva, T. Benjamin, y C. Skarpe. Disponibilidad de biomasa y capacidad de rebrote de leñosas forrajeras en potreros del trópico seco de Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 50: 62-68.
- López O., S. 2018. ¿Que es la ganadería sustentable? *In*: Halffter G., Cruz M. y Huerta C.s (eds.). *Ganadería sustentable en el Golfo de México*. Instituto de Ecología, A. C. México. pp. 65 -113.
- López, C. C. 2008. Uso actual, potencial y clasificación campesina de tierras agrícolas en la comunidad de Angostillo, municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México. Reporte Técnico. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. 42 p.
- Machado, R., y M. Milera. 2009. Diversidad y cuantía de la flora en un pastizal disturbado y pastoreado de forma racional. *Pastos y Forrajes* 32: 1-12.
- Machado, R., M. Milera, y L. A. Corbea. 2000. Dinámica florística de un pastizal de *Andropogon gayanus* bajo pastoreo racional intensivo. *Pastos y Forrajes* 23: 181-197.
- Mahgoub, A. M. M. 2019. The impact of five environmental factors on species distribution and weed community structure in the coastal farmland and adjacent territories in the northwest delta region, Egypt. *Heliyon* 5: 1-33.
- Martínez-Dávila, J. P., y L. Bustillo-García. 2010. La autopoiesis social del desarrollo rural sustentable. *Interciencia* 35: 223-229.

- Maurer, F., J. C. Farley, J. P. Alvez, A. Oldra, and F. Francisco. 2009. Environmental Services and Pasture Based Milk Production: Assets that Need to be Further Accounted. *Revista Brasileira de Agroecología* 4: 3830-3834.
- Maass, J. M., P. Balvanera, A. Castillo, G. C. Daily, H. A. Mooney, P. Ehrlich, M. Quesada, A. Miranda, V. J. Jaramillo, F. García-Oliva, A. Martínez-Yrizar, H. Cotler, J. López-Blanco, A. Pérez-Jiménez, A. Búrquez, C. Tinoco, G. Ceballos, G. Ceballos, L. Barraza, R. Ayala, and J. Sarukhán. 2005. Ecosystem Services of Tropical Dry Forests: Insights from Longterm Ecological and Social Research on the Pacific Coast of Mexico. *Ecology and Society* 10: 1-17.
- McNaughton, S. J. 1979. Grazing as an Optimization Process: Grass-Ungulate Relationships in the Serengeti. *The American Society of Naturalists* 113: 691-703.
- Medina-Abreo, M. E., y G. Castillo-Campos. 1993. Vegetación y listado florístico de la Barranca de Acazónica, Veracruz, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 53: 73-111.
- Milera, M., y J. Martínez. 1997. Efecto del manejo intensivo racional sobre el comportamiento de gramíneas tropicales sin la aplicación de riego ni agroquímicos. 1. Disponibilidad de materia seca. *Pastos y Forrajes* 20: 149-158.
- Miller-Cushon, E. K., and T. J. DeVries. 2009. Effect of dietary dry matter concentration on the sorting behavior of lactating dairy cows fed a total mixed ration. *Journal of Dairy Science* 92: 3292-3298.
- Miranda, F., y E. Hernandez X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28: 29-179.
- Mikola, J., H. Setälä, P. Virkajärvi, K. Saarijärvi, K. Ilmarinen, W. Voigt, and M. Vestberg. 2009. Defoliation and patchy nutrient return drive grazing effects on plant and soil properties in a dairy cow pasture. *Ecological Monographs* 79: 221-244.
- Molina-Guerra, V. M., M. Pando-Moreno, E. Alanís-Rodríguez, P. A. Canizales-Velázquez, H. González Rodríguez, y J. Jiménez-Pérez. 2012. Composición y diversidad vegetal de dos sistemas de pastoreo en el matorral espinoso tamaulipeco del Noreste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 4: 361-371.
- Mollison, B., y D. Holmgren. 1978. *Permaculture one: A perennial agricultural system for human settlement*. 127 p.
- Mollison, B., y R. M. Slay. 1988. *Permaculture: A designer's manual*. Tagari. Australia. 202 p.

- Murgueitio, E., Z. Calle, F. Uribe, A. Calle, and B. Solorio. 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management* 261: 1654–1663.
- Nahed-Toral, J., J. M. Palma-García, y E. González-García. 2014. La adaptación como atributo esencial en el fomento de sistemas agropecuarios resilientes ante las perturbaciones. *Avances en Investigación Agropecuaria* 18: 7-34.
- Nascimento, A. L., F. Martins, L. Assing, M. Segato, F. Busnardo, A. L. Schmitt Filho, and M. Torres. 2007. Replacement of the Tobacco Culture by Grass Based Milk Production in Family Farms of Santa Catarina State, Brazil: A program sponsored by GPVoisin-UFSC and Cepagro. *Revista Brasileira de Agroecología* 2: 242-245.
- Negrón, M., I. López, and J. Dörnere. 2019. Consequences of intensive grazing by dairy cows of contrasting live weights on volcanic ash topsoil structure and pasture dynamics. *Soil & Tillage Research* 189: 88-97.
- OIMT (Organización Internacional de las Maderas Tropicales). 2002. Directrices de la OIMT para la restauración, ordenación y rehabilitación de bosques tropicales secundarios y degradados. http://www.itto.int/direct/topics/topics_pdf_download/topics_id=1540000&no=3&disp=inline. (Consultada: noviembre 2018).
- Oñatibia, G. R., and M. R. Aguiar. 2019. Grasses and grazers in arid rangelands: Impact of sheep management on forage and non-forage grass populations. *Journal of Environmental Management* 235: 42-50.
- Palacios-Wassenaar, O. M., G. Castillo-Campos, S. M. Vázquez-Torres, y M. E. Medina-Abreo. 2018. Estructura y diversidad de plantas leñosas de la selva mediana subcaducifolia en el centro de Veracruz, México. *Acta Botánica Mexicana* 24: 85-104.
- Pandolfi, J. M. 2008. Succession. *In*: B. Fath (ed.). *Encyclopedia of Ecology*. Oxford. USA. pp 616-623.
- Peters, M., L. Franco, A. Schmitt, y B. Hincapié. 2003. Especies forrajeras multipropósito : Opciones para productores de Centroamérica. CIAT. Cali, Colombia. 113 p.
- Pietola, L., R. Horn, and M. Yli-Halla. 2005. Effects of trampling by cattle on the hydraulic and mechanical properties of soil. *Soil & Tillage Research* 82 99-108.
- Pineda, F. D., J. M. de Miguel, M. A. Casado, y M. J. S 2002. Claves para comprender la diversidad biológica y conservar la biodiversidad. *In*: La diversidad biológica de España. Prentice Hall. Madrid. pp 7-32.

- Pinheiro, L. C. 2015. Pastoreo racional Voisin: tecnología agroecológica para el tercer milenio. Editorial Hemisferio Sur S. A. Buenos Aires, Argentina. 253 p.
- Provenza, F. D., M. Meuret, and P. Gregorini. 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., and J. J. Villalba. 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.
- Quadri, T. S. A., D. H. García-Rangel, y V. R. Zambrano. 2002. Bosques y biodiversidad en riesgo: vulnerabilidad en áreas estratégicas y nuevos instrumentos de conservación. Pronatura. México. 261 p.
- Quiceno A., J., R. Martinez S., H. Mateus E., J. Gallego G., y P. Medina G. 2011. Crecimiento en pastoreo rotacional de toretes de razas criollas Romosinuano y Blanco Orejinegro en Colombia. *Rev. MVZ Córdoba* 17: 2891-2899.
- Quiroz M., S. 2017. Efecto del dosel de *Vachellia Pennatula* en la fisiología, producción y calidad nutritiva de las gramíneas tropicales *Hyparrhenia Rufa* y *Megathyrsus Maximus*. Tesis de Maestría en Ciencias, Programa de Maestría en Agroecosistemas Tropicales. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. 70 p.
- R de INext. 2014. The "R" Foundation for Statistical Computing Platform. Versión 3.4.3. UNIX.
- Ray, J., D. Benítez, R. García, M. Nieto, y D. García. 2014. Indicadores de la fertilidad de un suelo Vertisol en condiciones de pastoreo racional en el Valle del Cauto. *Revista de Producción Animal*. 26: 1-7.
- Reinjets, C., B. Haverkort, y A. Waters-Bayer. 1992. Farming for the future: an introduction to low-external-input and sustainable agriculture. MacMillan. London. 250 p.
- Ricardo-Olivé, Y., D. Benítez-Jiménez, A. Ramírez-Sánchez, y J. Guerra-Sánchez. 2010. Producción de terneros de cría a partir de sistemas racionales de pastoreo y patios simples. *Revista Electrónica Granma Ciencia* 14: 1-7.
- Ricotta, C., and J. Podani. 2017. On some properties of the Bray-Curtis dissimilarity and their ecological meaning. *Ecological Complexity* 31: 201-205.
- Riedel, J. L., A. Bernués, and I. Casasús. 2013. Livestock Grazing Impacts on Herbage and Shrub Dynamics in a Mediterranean Natural Park. *Rangeland Ecology & Management* 66: 224-233.

- Roberts, P., N. Boivina, and J. O. Kaplana. 2018. Finding the anthropocene in tropical forests. *Anthropocene* 23: 5–16.
- Rodríguez-Medina, K., P. Moreno-Casasola, y C. Yañez-Arenas. 2017. Efecto de la ganadería y la variación estacional sobre la composición florística y la biomasa vegetal en los humedales de la costa centro oeste del Golfo de México. *Acta Botánica Mexicana* 119: 79-99.
- Ruiz, R. O. 1995. Agroecosistema; el termino, concepto y su definición bajo el enfoque agroecológico y sistémico. II Seminario Internacional de Agroecología. Universidad Autonoma Chapingo, Mexico. 1-9 pp.
- SAGARPA y COTECOCA. 2009. Coeficientes de agostadero por tipo de vegetación. http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5_8080/ibi_apps/WFServletbe33.html. (Consultada: abril 2019).
- Sala, O. E., F. S. Chapin III, J. J. Armesto, E. Berlow, J. Bloomfield, R. Dirzo, E. Huber-Sanwald, L. F. Huenneke, R. B. Jackson, A. Kinzig, R. Leemans, D. M. Lodge, H. A. Mooney, M. Oesterheld, N. LeRoy P., M. T. Sykes, B. H. Walker, M. Walker, and D. H. Wall. 2000. Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science* 287: 1770-1774.
- Salvador F., J., and F. Bautista. 2012. Knowledge of the Yucatec Maya in seasonal tropical forest management: the forage plants. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 503-518.
- Sayre, N. F. 2008. The Genesis, History, and Limits of Carrying Capacity. *Annals of the Association of American Geographers* 98: 120-134.
- Senra, A. F. 2005. Principales sistemas de pastoreo para la producción de leche y su adecuación a las condiciones de Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 39: 415-426.
- Seó, H. L. S., L. C. Pinheiro M. F., and D. Brugnara. 2017. Rationally Managed Pastures Stock More Carbon than No-Tillage Fields. *Frontiers in Environmental Science* 5: 1-8.
- Shaofeng, C. 2004. Carrying Capacity: An Overview. *Chinese Journal of Population Resources and Environment* 2: 35-40.
- Silanikove, N., A. Perevolotsky, and F. D. Provenza. 2001. Use of tannin-binding chemicals to assay for tannins and their negative postingestive effects in ruminants. *Animal Feed Science and Technology* 91: 69-81.
- Silva-Aparicio, M., A. E. Castro-Ramírez, G. Castillo-Campos, y H. Perales-Rivera. 2018. Estructura de la vegetación leñosa en tres áreas con Selva Baja Caducifolia en el Istmo-Costa de Oaxaca, México. *Revista Biología Tropical*. 66: 863-879.

- Solbrig, O. T. 1991. The Origin and Function of Biodiversity. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development* 33: 16-38.
- Sneath, P. H. A., y R. R. Sokal. 1973. Numerical taxonomy: the principles and practice of numerical classification. W. H. Freeman and Company. San Francisco, USA. 573 p.
- Soca, M., A. G. Francisco, L. Simón, y R. Roche. 2003. Producción animal y biodiversidad en un sistema silvopastoril de formación natural. *Pastos y Forrajes* 26: 1-8.
- Soldá, C. C., J. J. Comin, D. Feistauer, K. C. Fabiane, A. Berwanger, and R. R. Couto. 2014. Evaluation of Sustainability in Pastures. *Revista Brasileira de Agroecología*. 9: 86-101.
- Sosa R., E. E., L. I. Sansores L., G. d. J. Zapata B., y L. Ortega R. 2000. Composición botánica y valor nutricional de la dieta de bovinos en un área de vegetación secundaria en Quintana Roo. *Técnica Pecuaria en México* 38: 105-117.
- Soto C., N. 2019. Relación de la calidad de la dieta de bovinos con la remoción de excretas por escarabajos coprófagos, en distintos ambientes de pastoreo. Tesis de Maestría en Ciencias, Programa de Maestría en Agroecosistemas Tropicales. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. 70 p.
- Terán-Flores, J. M. 2015. Evaluación entre dos sistemas de pastoreo para ganado lechero (*Bos taurus*) en Machachi, Pichincha. Universidad San Francisco de Quito USFQ. Quito, Ecuador. 76 p.
- Toledo, V. M. 1994. Diversidad biológica de México. *Ciencias* 34: 43-57.
- Trebuil, G. 1990. Principles and steps of the method of diagnosis on agrarian systems: A case study from Sathing Phra area Southern Thailand. Part 1. Agroecosystem analysis/ diagnosis on agrarian system. *In: Farming systems research and development in Thailand*. Prince of Songkla University. Tailandia. pp. 29-64.
- Trejo V., I. 1999. El clima de la selva baja caducifolia en México. *Investigaciones Geográficas* 39: 40-52.
- Tullo, E., A. Finzi, and M. Guarino. 2019. Review: Environmental impact of livestock farming and Precision Livestock Farming as a mitigation strategy. *Science of the Total Environment* 650: 2751-2760.
- Velázquez-Martínez, M., S. López-Ortiz, O. Hernández-Mendo, P. Díaz-Rivera, S. Pérez-Elizalde, and J. Gallegos-Sánchez. 2010. Foraging behavior of heifers with or without social models in an unfamiliar site containing high plant diversity. *Livestock Science* 131 73-82.

- Velázquez-Martínez, M., S. López-Ortiz, O. Hernández-Mendo, y J. Gallegos Sánchez. 2011. Caracterización químico-nutricional de diferentes especies nativas de un sitio pastoreado por terneras en el norte de Veracruz. *Abanico Veterinario* 1: 16-20.
- Veneciano, J. H., K. L. Frigerio, y C. A. Frasinelli. 2006. Acumulación de forraje e indicadores de calidad en digitaria eriantha cv. Irene bajo diferentes frecuencias de defoliación. *RIA* 35: 121-35 p.
- Vermeire, L. T., D. J. Strong, and R. C. Waterman. 2018. Grazing History Effects on Rangeland Biomass, Cover and Diversity Responses to Fire and Grazing Utilization. *Rangeland Ecology & Management* 71: 770-775.
- Vertés, F., L. Delaby, K. Klumpp, and J. Bloor. 2019. C-N-P Uncoupling in Grazed Grasslands and Environmental Implications of Management Intensification. *Agroecosystem Diversity*, Academic Press. pp. 15-34.
- Villaseñor, J. L. 2016. Catálogo de las plantas vasculares nativas de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87: 559–902.
- Villa-Herrera, A., M. E. Nava-Tablada, S. López-Ortiz, S. Vargas-López, E. Ortega-Jimenez, y F. López-Gallardo. 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.
- Von Bertalanffy, L. 2006. Teoría general de los sistemas: fundamentos, desarrollo, aplicaciones. Fondo de Cultura Económica. 356 p.
- Wenling, A. V., and C. E. D. Ribas. 2013. Voisin's rational grazing – conformity indices (CI-VRG). *Revista Brasileira de Agroecologia* 8: 26-38.
- Wiedmeier, R. W., J. J. Villalba, A. Summers, and F. D. Provenza. 2012. Eating a high fiber diet during pregnancy increases intake and digestibility of a high fiber diet by offspring in cattle. *Animal Feed Science and Technology* 177: 144-151.
- Wright, S. J. 2005. Tropical forests in a changing environment. *Trends in Ecology & Evolution* 20: 553-560.

9. ANEXOS

Anexo 1. Lista florística de sitios con vegetación secundaria (VS) y vegetación más conservada (VC) de selva baja caducifolia en sus formas de vida (A= Árboles, AR= Arbusto, L= Lianas, H= Herbáceas y B= Bejucos) en el municipio de Paso de Ovejas, Veracruz

Especies	A	AR	L	H	B	VS	VC
Acanthaceae							
<i>Blechnum brownei</i> Kunth	-	-	-	X	-	X	X
<i>Elytraria imbricata</i> (Vahl) Pers.	-	-	-	X	-	X	-
<i>Ruellia inundata</i> Kunth	-	-	-	X	-	-	X
<i>Ruellia tweedii</i> (Nees) T. Anderson ex Morong & Britton	-	-	-	X	-	X	X
<i>Stenandrium dulce</i> (Cav.) Nees	-	-	-	X	-	-	X
Amaranthaceae							
<i>Iresine interrupta</i> Benth.	-	-	-	X	-	X	-
<i>Iresine nigra</i> Uline & W.L. Bray	-	X	-	-	-	-	X
Anacardiaceae							
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	X	-	-	-	-	X	-
<i>Comocladia engleriana</i> Loes.	X	-	-	-	-	-	X
<i>Comocladia mollissima</i> Kunth	X	-	-	-	-	X	-
<i>Spondias purpurea</i> L.	-	-	-	X	-	X	-
Annonaceae							
<i>Desmopsis galeottiana</i> (Baill.) Saff.	-	X	-	-	-	X	-
Apocynaceae							
<i>Forsteronia spicata</i> (Jacq.) G. Mey.	-	-	X	-	-	X	X
<i>Gonolobus</i> sp.	-	-	-	-	X	-	X
<i>Rauvolfia tetraphylla</i> L.	-	X	-	-	-	-	X
<i>Stemmadenia obovata</i> K. Schum.	X	-	-	-	-	X	X
<i>Thevetia peruviana</i> (Pers.) K. Schum.	X	-	-	-	-	X	X
Asparagaceae							
<i>Agave angustifolia</i> Haw.	-	-	-	X	-	X	X
Asteraceae							
<i>Aldama Dentata</i> La Llave	-	-	-	X	-	X	X
<i>Baltimora recta</i> L.	-	-	-	-	X	X	X
<i>Bidens pilosa</i> L.	-	-	-	X	-	X	X
<i>Calea urticifolia</i> (Mill.) DC.	-	X	-	-	-	-	X
<i>Calea zacatechichi</i> Schltldl.	-	X	-	-	-	X	-
<i>Galeana pratensis</i> (Kunth) Rydb.	-	-	-	X	-	X	-
<i>Isocarpha oppositifolia</i> R. Br.	-	-	-	X	-	X	X
<i>Lagascea mollis</i> Cav.	-	-	-	X	-	X	X
<i>Melampodium divaricatum</i> (Rich.) DC.	-	-	-	X	-	-	X
<i>Parthenium fruticosum</i> Less.	-	X	-	-	-	-	X
<i>Verbesina</i> sp	-	X	-	-	-	-	X
Bignoniaceae							
	-	-	-	-	-	-	-

<i>Amphilophium paniculatum</i> (L.) Kunth				X			X	
<i>Arrabidaea pubescens</i> (L.) A.H. Gentry	-	-	X	-	-		X	X
<i>Pithecoctenium crucigerum</i> (L.) A.H. Gentry	-	-	X	-	-		X	-
<i>Tabebuia ochracea</i> var. <i>Neochrysantha</i>	X	-	-	-	-		X	X
<i>Tabebuia chrysantha</i> (Jacq.) G. Nicholson	X	-	-	-	-		X	-
Bixaceae	-	-	-	-	-		-	-
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	X	-	-	-	-		X	X
Boraginaceae	-	-	-	-	-		-	-
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	X	-	-	-	-		-	X
<i>Cordia dentata</i> Poir	X	-	-	-	-		X	-
<i>Cordia foliosa</i> M. Martens & Galeotti	X	-	-	-	-		X	X
<i>Cordia globosa</i> Cordia <i>globosa</i> (Jacq.) Kunth	-	X	-	-	-		X	-
<i>Cordia pilosa</i> M. Stapf & Taroda	-	X	-	-	-		X	-
<i>Cordia podocephala</i> Torr.	-	X	-	-	-		-	X
<i>Cordia pringlei</i> B.L. Rob.	-	X	-	-	-		X	-
Bromeliaceae	-	-	-	-	-		-	-
<i>Bromelia pinguin</i> L.	-	-	-	X	-		X	X
Burseraceae	-	-	-	-	-		-	-
<i>Bursera fagaroides</i> (Kunth) Engl.	-	X	-	-	-		X	X
<i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana & Planch.	X	-	-	-	-		X	X
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	X	-	-	-	-		-	X
Cactaceae	-	-	-	X	-		-	-
<i>Acanthocereus tetragonus</i> (L.) Hummelinck	-	-	-	X	-		X	-
<i>Cephalocereus palmeri</i> var. <i>sartorianus</i> (Rose) Krainz	-	-	-	X	-		-	X
<i>Neobuxbaumia</i> sp.	X	-	-	-	-		X	X
<i>Opuntia dejecta</i> Salm-Dyck.	-	-	-	X	-		X	X
Cannabaceae	-	-	-	-	-		-	-
<i>Celtis caudata</i> Planch.	X	-	-	-	-		X	-
Celastraceae	-	-	-	-	-		-	-
<i>Crossopetalum uragoga</i> (Jacq.) Kuntze	-	X	-	-	-		X	-
<i>Hippocratea celastroides</i> Kunth.	-	-	X	-	-		-	X
<i>Rhacoma uragoga</i> (Jacq.) Baill.	-	X	-	-	-		X	X
<i>Schaefferia frutescens</i> Jacq.	-	X	-	-	-		-	X
<i>Wimmeria concolor</i> Schldl. & Cham.	X	-	-	-	-		X	X
<i>Wimmeria pubescens</i> Radlk.	X	-	-	-	-		X	-
Combretaceae	-	-	-	-	-		-	-
<i>Combretum fruticosum</i> (Loefl.) Stuntz	-	-	X	-	-		X	X
Commelinaceae	-	-	-	-	-		-	-
<i>Commelina rufipes</i> Seub.	-	-	X	-	-		X	X
Convolvulaceae	-	-	-	-	-		-	-

<i>Operculina pinnatifida</i> (Kunth) O'Donell.	-	-	-	-	X	X	-
<i>Ipomea</i> sp.	-	-	-	-	X	X	-
<i>Ipomoea wolcottiana</i> Rose	X	-	-	-	-	X	X
<i>Jacquemontia sphaerostigma</i> (Cav.) Rusby	-	-	-	-	X	X	-
Dioscoreaceae	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dioscorea floribunda</i> M. Martens & Galeotti	-	-	-	-	X	X	X
Ebenaceae	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diospyros verae-crucis</i> (Standl.) Standl.	X	-	-	-	-	X	X
Erythroxylaceae	-	-	-	-	-	-	-
<i>Erythroxylum havanense</i> Jacq.	X	-	-	-	-	X	X
Euphorbiaceae	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acalypha arvensis</i> Poepp.	-	-	-	X	-	-	X
<i>Bernardia interrupta</i> (Schltdl.) Müll. Arg.	X	-	-	-	-	X	X
<i>Cnidioscolus aconitifolius</i> (Mill.) I.M. Johnst.	-	X	-	-	-	X	-
<i>Croton soliman</i> Cham. & Schltdl.	-	X	-	-	-	X	-
<i>Croton glabellus</i> L.	-	X	-	-	-	X	X
<i>Croton miradorensis</i> Müll. Arg.	-	X	-	-	-	X	X
<i>Croton repens</i> Schltdl.	-	-	-	X	-	X	-
<i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.	-	-	-	X	-	X	-
<i>Euphorbia schlechtendalii</i> Boiss.	X	-	-	-	-	X	X
<i>Tragia nepetifolia</i> Cav.	-	-	-	X	-	-	X
Fabaceae	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acacia cornigera</i> (L.) Willd.	X	-	-	-	-	X	X
<i>Acacia cochliacantha</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	X	-	-	-	-	X	-
<i>Acacia macracantha</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	X	-	-	-	-	X	-
<i>Acaciella angustissima</i> (Mill.) Britton & Rose	-	X	-	-	-	X	-
<i>Aeschynomene fascicularis</i> Schltdl. & Cham.	-	-	-	X	-	X	X
<i>Aeschynomene purpusii</i> Brandegee.	-	X	-	-	-	X	-
<i>Caesalpinia cacalaco</i> Bonpl.	X	-	-	-	-	X	X
<i>Caesalpinia mexicana</i> A. Gray.	X	-	-	-	-	-	X
<i>Calliandra rubescens</i> (M. Martens & Galeotti) Standl.	-	X	-	-	-	X	X
<i>Chamaecrista nictitans</i> (L.) Moench	-	X	-	-	-	X	-
<i>Chloroleucon mangense</i> (Jacq.) Britton & Rose	X	-	-	-	-	X	X
<i>Cracca ochroleuca</i> (Jacq.) Benth. & Oerst.	-	X	-	-	-	-	X
<i>Crolataria</i> sp.	-	-	-	X	-	X	-
<i>Desmodium</i> sp. 1	-	-	-	X	-	X	-

<i>Desmodium</i> sp. 2	-	-	-	X	-	X	-
<i>Desmodium incanum</i> (Sw.) DC.	-	-	-	X	-	X	-
<i>Desmodium infractum</i> DC.	-	-	-	X	-	X	X
<i>Diphysa minutifolia</i> Rose	X	-	-	-	-	X	X
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	X	-	-	-	-	-	X
<i>Gliricidia sepium</i> Kunth ex Steud.	X	-	-	-	-	X	-
<i>Leucaena lanceolata</i> S. Watson	X	-	-	-	-	X	X
<i>Leucaena</i> sp.	X	-	-	-	-	X	-
<i>Lonchocarpus</i> sp.	X	-	-	-	-	X	X
<i>Lysiloma acapulcense</i> (Kunth) Benth.	X	-	-	-	-	X	-
<i>Lysiloma auritum</i> (Schltdl.) Benth.	X	-	-	-	-	X	-
<i>Mimosa tricephala</i> Schltdl. & Cham.	-	X	-	-	-	X	X
<i>Mucuna pruriens</i> (L.) DC.	-	-	-	-	X	X	-
<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.	X	-	-	-	-	X	-
<i>Rhynchosia minima</i> (L.) DC.	-	-	-	X	-	X	-
<i>Senna atomaria</i> (L.) H.S. Irwin & Barneby	X	-	-	-	-	X	X
<i>Senna pallida</i> (Vahl) H.S. Irwin & Barneby	-	X	-	-	-	X	X
<i>Vachelia pennatula</i> (Schltdl. & Cham.) Benth.	X	-	-	-	-	X	-
<i>Zapoteca lambertiana</i> (G. Don) H.M. Hern.	-	X	-	-	-	-	X
Lamiaceae							
<i>Salvia</i> sp.	-	-	-	X	-	X	-
Loasaceae							
<i>Gronovia scandens</i> L.	-	-	-	X	-	X	-
Loranthaceae							
<i>Struthanthus</i> sp.	-	-	X	-	-	X	-
Lygodiaceae							
<i>Lygodium venustum</i> Sw.	-	-	-	-	X	-	X
Lythraceae							
<i>Cuphea carthagenensis</i> (Jacq.) J.F. Macbr.	-	X	-	-	-	X	X
Malpighiaceae							
<i>Bunchosia biocellata</i> Schltdl.	-	X	-	-	-	X	X
<i>Heteropterys brachiata</i> (L.) DC.	-	-	X	-	-	X	X
<i>Mascagnia polybotrya</i> Nied.	-	-	-	-	X	X	-
<i>Malpighia emarginata</i> DC.	X	-	-	-	-	-	X
<i>Malpighia glabra</i> L.	X	-	-	-	-	X	-
<i>Tetrapterys schiedeana</i> Schltdl. & Cham.	-	-	X	-	-	X	X
Malvaceae							
<i>Abutilon trisulcatum</i> (Jacq.) Urb.	-	-	-	X	-	X	-
<i>Ayenia purpusi</i> Brandegee	-	-	-	X	-	X	-
<i>Ayenia standleyi</i> Cristóbal	-	-	-	X	-	X	X
<i>Ayenia micrantha</i> Standl.	-	-	-	X	-	X	-
<i>Byttneria aculeata</i> (Jacq.) Jacq.	-	-	X	-	-	X	X

<i>Ceiba aesculifolia</i> (Kunth) Britten & Baker f.	X	-	-	-	-	X	X
<i>Corchorus aestuans</i> L.	-	-	-	X	-	X	-
<i>Corchorus siliquosus</i> L.	-	-	-	X	-	X	-
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	X	-	-	-	-	X	X
<i>Heliocarpus pallidus</i> Rose	X	-	-	-	-	X	X
<i>Luehea candida</i> (DC.) Mart.	X	-	-	-	-	-	X
<i>Malvaviscus arboreus</i> Cav.	-	X	-	-	-	X	X
<i>Sida rhombifolia</i> L.	-	-	-	X	-	X	X
<i>Wissadula periplocifolia</i> (L.) C. Presl ex Thwaites	-	X	-	-	-	X	-
Marantaceae	-	-	-	-	-	-	-
<i>Maranta arundinacea</i> L.	-	-	-	X	-	X	X
Meliaceae	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trichilia hirta</i> L.	X	-	-	-	-	X	X
<i>Trichilia trifolia</i> L.	X	-	-	-	-	X	X
Moraceae	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dorstenia contrajerva</i> L.	-	-	-	X	-	-	X
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud.	X	-	-	-	-	X	X
Myrtaceae	-	-	-	-	-	-	-
<i>Calyptanthus schiedeana</i> O. Berg	X	-	-	-	-	X	-
<i>Eugenia capuli</i> (Schltdl. & Cham.) Hook. & Arn.	-	X	-	-	-	X	-
<i>Eugenia hypargyrea</i> Standl.	-	X	-	-	-	X	X
<i>Psidium sartorianum</i> (O. Berg) Nied	-	X	-	-	-	X	X
Nyctaginaceae	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pisonia aculeata</i> L.	-	-	X	-	-	X	X
Orchidaceae	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oeceoclades maculata</i> (Lindl.) Lindl.	-	-	-	X	-	-	X
Passifloraceae	-	-	-	-	-	-	-
<i>Passiflora biflora</i> Lam.	-	-	-	-	X	-	X
<i>Passiflora pallida</i> L.	-	-	-	-	X	X	X
<i>Passiflora yucatanensis</i> Killip	-	-	-	-	X	X	X
Petiveriaceae	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rivina humilis</i> L.	-	-	-	X	-	-	X
Phyllanthaceae	-	-	-	-	-	-	-
<i>Margaritaria nobilis</i> L. f.	X	-	-	-	-	X	-
<i>Phyllanthus caroliniensis</i> Walter	-	-	-	X	-	X	X
Poaceae	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bouteloua repens</i> (Kunth) Scribn. & Merr.	-	-	-	X	-	X	-
<i>Cynodon plectostachyus</i> (K. Schum.) Pilg.	-	-	-	X	-	X	-
<i>Dichantherium sphaerocarpon</i> (Elliott) Gould	-	-	-	X	-	X	X
<i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees) Stapf	-	-	-	X	-	X	X
<i>Lasiacis rugelii</i> (Griseb.) Hitchc.	-	-	-	X	-	X	X

<i>Megathyrsus maximus</i> (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs	-	-	-	X	-	-	-
<i>Panicum maximum</i> Jacq.	-	-	-	X	-	X	X
<i>Panicum trichoides</i> Sw.	-	-	-	X	-	-	X
<i>Setaria sulcata</i> Raddi	-	-	-	X	-	-	X
Polygonaceae	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coccoloba liebmannii</i> Lindau	X	-	-	-	-	-	X
Polygalaceae	-	-	-	-	-	-	-
<i>Polygala rivinifolia</i> Kunth	-	-	-	X	-	X	-
Rubiaceae	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diodia brasiliensis</i> Spreng.	-	X	-	-	-	X	-
<i>Guettarda elliptica</i> Sw.	X	-	-	-	-	X	X
<i>Hamelia patens</i> Jacq	-	X	-	-	-	X	-
<i>Hintonia latiflora</i> (DC.) Bullock	X	-	-	-	-	-	X
<i>Psychotria erythrocarpa</i> Schltld.	-	X	-	-	-	X	X
<i>Randia aculeata</i> L.	-	X	-	-	-	X	X
<i>Randia albonervia</i> Brandegees	-	X	-	-	-	-	X
<i>Randia laetevirens</i> Standl.	-	X	-	-	-	X	X
Rutaceae	-	-	-	-	-	-	-
<i>Amyris purpusii</i> P. Wilson	-	X	-	-	-	X	-
<i>Esenbeckia berlandieri</i> Baill.	X	-	-	-	-	X	-
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	-	X	-	-	-	X	X
Salicaceae	-	-	-	-	-	-	-
<i>Xylosma velutina</i> (Tul.) Triana & Planch.	X	-	-	-	-	X	-
Sapindaceae	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sapindus saponaria</i> L.	X	-	-	-	-	-	X
<i>Serjania cardiospermoides</i> Schltld. & Cham.	-	-	X	-	-	X	-
<i>Serjania racemosa</i> Schumach.	-	-	X	-	-	X	X
Sapotaceae	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bumelia persimilis</i> Hemsl.	X	-	-	-	-	-	X
Smilacaceae	-	-	-	-	-	-	-
<i>Smilax</i> sp.	-	-	-	-	X	X	-
Solanaceae	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cestrum dumetorum</i> Schltld.	X	-	-	-	-	X	-
<i>Physalis melanocystis</i> (B.L. Rob.) Bitter	-	X	-	-	-	-	X
<i>Physalis solanacea</i> (Schltld.) Axelius	-	-	-	X	-	-	X
<i>Solanum adscendens</i> Sendtn.	-	-	-	X	-	X	-
Verbenaceae	-	-	-	-	-	-	-
<i>Citharexylum berlandieri</i> B.L. Rob.	X	-	-	-	-	-	X
<i>Lantana camara</i> L.	-	X	-	-	-	X	X
<i>Lantana canescens</i> Kunth	-	X	-	-	-	X	-
<i>Lantana hirta</i> Graham	-	X	-	-	-	X	X
<i>Petrea volubilis</i> L.	-	-	X	-	-	-	X
<i>Priva lappulacea</i> (L.) Pers.	-	-	-	X	-	X	-

<i>Tamonea curassavica</i> (L.) Pers.	-	X	-	-	-	X	-
Vitaceae	-	-	-	-	-	-	-
<i>Vitis bourgaeana</i> Planch.	-	-	X	-	-	-	X
Total	59	47	16	56	13	148	117

- Significa que la especie no estuvo presente.