



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD**  
**MANEJO INTEGRAL DE ECOSISTEMAS**

**SINERGIAS Y COMPENSACIONES ENTRE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS**  
**MÚLTIPLES: EL CASO DE LA GANADERÍA Y LAS PLANTAS ÚTILES EN BOSQUES**  
**DE ENCINO MANEJADOS PARA CARBÓN VEGETAL**

**TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

PRESENTA:

**LUIS ALFONSO CASTILLO HERNÁNDEZ**

**TUTORA PRINCIPAL DE TESIS: DRA. TUYENI HEITA MWAMPAMBA**  
**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y**  
**SUSTENTABILIDAD, UNAM**

**COMITÉ TUTOR: DR. ADRIÁN GHILARDI**  
**CENTRO DE INVESTIGACIONES EN GEOGRAFIA AMBIENTAL, UNAM**  
**DR. CARLOS GONZÁLEZ ESQUIVEL**  
**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y**  
**SUSTENTABILIDAD, UNAM**

**MORELIA, MICHOACÁN. SEPTIEMBRE, 2017**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Lic. Ivonne Ramírez Wence  
Directora General de Administración Escolar, UNAM  
Presente

Por medio de la presente me permito informar a usted, que el Subcomité de Ecología y Manejo Integral de Ecosistemas del Posgrado en Ciencias Biológicas, en su sesión ordinaria del día 03 de abril de 2017, aprobó el jurado para la presentación del examen para obtener el grado de **MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** al alumno **CASTILLO HERNANDEZ LUIS ALFONSO**, con número de cuenta **305000987**, con la tesis titulada, **"Sinergias y compensaciones entre servicios ecosistémico múltiples: El caso de la ganadería y las plantas útiles en bosques de encino manejados para carbón vegetal"**, bajo la dirección de la **Dra. Tuyeni Heita Mwampamba**, Tutor principal.

Presidente: Dr. Alejandro Casas Fernández  
Vocal: Dr. Francisco Mora Ardila  
Secretario: Dr. Adrián Ghilardi  
Suplente: Dra. Cristina Martínez Garza  
Suplente: Dra. Dulce Armonía Borrego Gómez

Sin otro particular, quedo de usted.

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"**  
Cd. Universitaria, Cd. Mx., a 18 de agosto de 2017.



**DR. ADOLFO GERARDO NAVARRO SIGÜENZA**  
**COORDINADOR DEL PROGRAMA**

## **Agradecimientos**

Al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México, por la oportunidad otorgada para cursar los estudios de maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACyT, por la beca (330442) otorgada durante el periodo de 2014 a 2016.

Al proyecto PAPIIT UNAM IA201514: Sinergias y compensaciones entre servicios ecosistémicos en bosques para producir carbón vegetal, ya que gracias a este se pudo realizar el presente trabajo.

Al Programa de Apoyo a los Estudios de Posgrado PAEP, por la ayuda otorgada para participar en un Congreso Internacional.

A mi tutora Dra. Tuyeni Heita Mwampamba y a los miembros del comité tutor Dr. Adrián Ghilardi y Dr. Carlos González Esquivel, por todo su apoyo y asesoría.

## **Agradecimientos a título personal**

A la Universidad Nacional Autónoma de México quien por medio del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES, antes CIEco), me vuelve a cobijar en sus aulas y laboratorios ahora en la maestría.

A Tuyeni Mwampamba, por la confianza otorgada al haberme aceptado como alumno sin conocerme, por permitirme y ayudarme a estudiar aspectos sociales y ecológicos, por todas las enseñanzas y el apoyo que me has brindado.

A Armonía Borrego por todo su apoyo desde el diseño de mi proyecto para ingresar al posgrado, el diseño de la entrevista, su aplicación y el análisis de los datos de las entrevistas. Por siempre estar dispuesta a enseñarme y apoyarme en mi aprendizaje en esta área de las ciencias sociales nueva para mí.

A Francisco Mora Ardila por todo su apoyo con los análisis estadísticos y la interpretación de los datos ecológicos, por sus enseñanzas en la estadística y el manejo de R, por siempre estar dispuesto a ayudar.

A Ernesto Vega Peña, por su ayuda con el análisis estadístico de los datos de la línea base del predio.

Al jurado revisor de esta tesis (Alejandro Casas, Francisco Mora, Armonía Borrego, Cristina Martínez y Adrián Ghilardi) porque sus comentarios ayudaron a mejorar y enriquecer el presente trabajo.

A los siguientes especialistas por su apoyo en la identificación de los ejemplares botánicos: Guadalupe Cornejo (Lamiaceae, Verbenaceae); Judith Sánchez Blanco (Poaceae y ejemplares de varias familias); Oscar Hinojosa (Asteraceae); Ignacio Torres (varios ejemplares colectados al inicio del trabajo); y Melissa Galván (Amaranthaceae).

Al personal Herbario Nacional de México MEXU del Instituto de Biología UNAM (Rosario García Peña, Gilda Ortiz, Alberto Reyes), por su apoyo durante el cotejo y la identificación de las especies de plantas.

A la Dra. Hilda Flores, por permitirme trabajar en su cubículo cuando asistí a consultar el herbario MEXU. Por siempre estar pendiente de mí y darme ánimos para continuar.

A Paulinne Mur, Jorge Alberto León, Margarita Carrillo, María Clara López, Karla Pérez Zarco, David Salas, por su apoyo durante los muestreos de las parcelas de exclusión. A Esmeralda Cruz por su apoyo al inicio del trabajo. A María Fernanda por compartir el tiempo en los recorridos y entrevistas sobre las plantas medicinales. A Clarissa Torres por su ayuda con la aplicación de las entrevistas con los ganaderos. De manera particular a Ricardo Martínez, quien me apoyo desde el inicio del trabajo de campo, tanto en los muestreos, como en la aplicación de las entrevistas.

A Felipe Arreola por su apoyo con el procesamiento de las muestras de biomasa. De igual manera al personal del Jardín Botánico del IIES, Nidia Pérez, Juan Martínez, por las facilidades otorgadas para procesar las muestras.

A mis profesores de la maestría: Diego Pérez Salicrup, Alicia Castillo, Eduardo García Frapolli, Guillermo Ibarra, Guadalupe Cornejo, Ernesto Vega, Luis Daniel Ávila, Mariana Álvarez, Peter Feinsinger e Iralys Ventosa, por todas sus enseñanzas y conocimientos que han fortalecido mi formación.

A Pit e Iralys por ampliar mi panorama sobre la ecología: su enseñanza, su interpretación y sus alcances.

A mis amigos y compañeros, quienes me han acompañado en esta aventura por Morelia: Azu, Belén, Brenda, Grace, Judith, Karla, Maggie Flores, Mariana, MariFer, Oralia, Violeta, Alex, Chimo, Hernán, Jorge Cortes, Jorge León, Leo, Nacho, Rich, Saddam por todos los valiosos momentos compartidos. A LauraCee por acompañarme en ese viaje a lo desconocido, ¡Merci beacoup! por todos tus consejos. A Martin, Gaby, Sac Bel y Luz por su amistad, consejos, apoyo, viajes... A las amigas de IB, a Xoch e Ix, por siempre darme ánimos. A Taniatzin que a pesar de la distancia siempre me has apoyado. A los amigos chameleros. A los demás amigos y compañeros con las que compartí grandes momentos, experiencias, ... Por el empuje necesario para seguir adelante en los momentos difíciles, *Gracias*.

A Margarita por todo tu apoyo, por siempre darme ánimos para seguir adelante y recorrer nuevos caminos a tu lado. Por tus comentarios en la revisión de este escrito, y en las presentaciones de los congresos.

A Don Jerónimo y su familia, a Rodrigo por su apoyo en la instalación y vigilancia de las parcelas de exclusión, por toda su ayuda durante los más de dos años que duró este trabajo. A Apolinar y María por su apoyo durante la prueba piloto de las entrevistas en la localidad de la Tuna y el Pino.

A Doña Carolina y Don Jerónimo, por siempre darnos un cordial saludo al llegar a realizar el trabajo de campo y por la rica comida que nos ofrecían.

A Don Ángel, Don Filiberto y su compadre, Don José y su familia por su ayuda con la identificación de las plantas útiles, incluyendo las forrajeras.

A los ganaderos entrevistados por permitirnos parte de su tiempo y conocimientos, especialmente a Don Helio, y a Don Pablo y su familia.

A Dolores Rodríguez, Janik Equihua, y Leonora Terán por su ayuda con los tramites del posgrado. Al personal administrativo del IIES por su apoyo en los tramites.

*Lo fundamental es la historia natural*

(Peter feinsinger)

*Caminante, son tus huellas  
el camino, y nada más;  
caminante, no hay camino,  
se hace camino al andar.  
Al andar se hace camino,  
y al volver la vista atrás  
se ve la senda que nunca  
se ha de volver a pisar.  
Caminante, no hay camino,  
sino estelas en la mar*

(Antonio Machado).

## Dedicatoria

*A mis padres*

*A mi hermanita y a mi hermano*

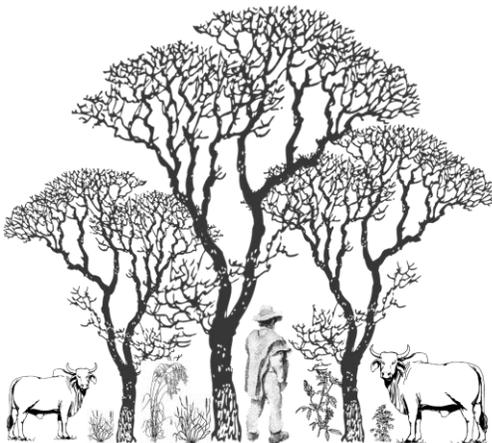
*Por darme ánimos para emprender este camino, porque la distancia no fue un obstáculo sino una oportunidad para unirnos más. Por todo su apoyo.*

*A mi abuelitos, tíos y primos*

*A Moní, Ray y Tita*

*esperando que sea un aliento para que sigan adelante*

*A tí que me has acompañado a lo largo de este camino*



## Índice

Índice de Figuras .....	viii
Índice de Tablas .....	ix
Resumen .....	x
Abstract.....	xi
<b>1. Introducción .....</b>	<b>1</b>
1.1. Servicios ecosistémicos múltiples en bosques de encino de México.....	2
<b>2. Marco conceptual.....</b>	<b>7</b>
2.1. La integración del sistema ecológico con el sistema social.....	7
2.2. Servicios ecosistémicos .....	8
2.2.1. Compensaciones y sinergias entre servicios ecosistémicos.....	9
<b>3. Antecedentes .....</b>	<b>12</b>
3.1. Potenciales interacciones entre la producción de carbón vegetal, la ganadería y la colecta de plantas útiles .....	12
3.1.1. La interacción carbón vegetal- plantas útiles no maderables.....	14
3.1.2. La interacción ganadería-plantas silvestres no maderables .....	15
3.1.3. Interacción ganadería-carbón vegetal.....	18
<b>4. Objetivos.....</b>	<b>19</b>
<b>5. Hipótesis .....</b>	<b>20</b>
<b>6. Método .....</b>	<b>21</b>
6.1. Acercamiento metodológico general .....	21
6.2. Descripción de los servicios ecosistémicos estudiados.....	22
6.3. Zona de estudio .....	23
6.3.1. Vegetación y uso de suelo.....	23
6.3.2. Condiciones sociales.....	24
6.3.3. Producción de carbón vegetal en la Cuenca del lago de Cuitzeo.....	24
6.3.4. La ganadería en la Cuenca del Lago de Cuitzeo .....	24
6.3.5. Uso de plantas silvestres en la Cuenca del Lago de Cuitzeo .....	25
6.4. Métodos para el objetivo particular 1.....	25
6.4.1. Elaboración de la línea base del predio.....	26
6.4.2. Establecimiento de las parcelas de exclusión (objetivo particular 1) .....	28
6.4.3. Riqueza y abundancia de las especies de plantas .....	29
6.4.4. Biomasa de plantas .....	31
6.5. Reconocimiento de las plantas útiles (Objetivo particular 2) .....	32
6.6. Análisis ecológicos para los objetivos particulares 1 y 2.....	32

6.7. Diseño del Cuestionario (objetivos particulares 3 y 4).....	34
6.7.1. Aplicación del cuestionario (objetivos particulares 3 y 4).....	35
6.7.2. Selección del entrevistado .....	36
6.8. Manejo de datos y análisis de la información de las entrevistas (objetivos particulares 3 y 4) .....	37
6.8.1. El estudio de las percepciones sociales sobre la naturaleza (Objetivo 3) .....	38
6.8.2. El Método de Precios de Mercado (Objetivo particular 4) .....	39
<b>7. Resultados .....</b>	<b>45</b>
7.1. Resultados generales sobre la riqueza florística .....	45
7.2. Riqueza en las parcelas experimentales (objetivo 1) .....	45
7.3. Efecto de la exclusión del ganado en la diversidad vegetal (objetivo 1).....	45
7.3.1. Efecto de la ganadería en la biomasa de las hierbas y arbustos (objetivo 1) .....	49
7.3. Efecto de la ganadería en la diversidad de las plantas útiles (objetivo 2) .....	51
7.4. Efecto de la ganadería en la biomasa de las plantas útiles (objetivo 2) .....	57
7.5. Efecto de la ganadería en la diversidad de las plantas forrajeras (objetivo 2) .....	58
7.5.1. Efecto de la ganadería en la biomasa de las plantas forrajeras .....	60
7.6. Las sinergias y disyuntivas entre la ganadería, las plantas útiles y la diversidad vegetal .....	61
7.7. Características socioeconómicas de los ganaderos (objetivo 3) .....	62
7.7.1. Tenencia de la tierra.....	63
7.8. Preferencias de los ganaderos por los terrenos con y sin carbón vegetal (objetivo 3) .....	64
7.9. Costos y beneficios netos de la ganadería según Submuestra (Objetivo 4) .....	67
7.9.1. Costos y beneficios económicos de los predios según Submuestra (objetivo 4).....	69
<b>8. Discusión.....</b>	<b>71</b>
8.1. Las áreas manejadas pueden mantener la diversidad vegetal. ....	71
8.2. ¿Son compatibles la conservación de la diversidad vegetal, la ganadería y la colecta de plantas útiles? .....	72
8.2.1. Interacción Ganadería-Diversidad vegetal .....	72
8.2.2. Interacción Ganadería- Plantas útiles .....	75
8.2.3. Potenciales disyuntivas entre las plantas útiles-y su colecta .....	76
8.3. Disyuntiva entre la ganadería y la provisión de forraje .....	77
8.4. La lógica del manejo del ganado tiene motivos económicos.....	80
8.5. Sinergias y disyuntivas sociales .....	81
8.6. Recomendaciones .....	84
<b>9. Conclusiones .....</b>	<b>85</b>
<b>Literatura citada.....</b>	<b>87</b>

ANEXO 1. Familias y especies de plantas de la zona de estudio .....	100
ANEXO 2. Coeficientes promedio de AIC.....	108
ANEXO 2.1. Valores de importancia de AIC y proporción de modelos que incluyen cada factor.....	109
ANEXO 3. Entrevista .....	111

## Índice de Figuras

Figura 1. Ejemplos de marcos conceptuales sobre sistemas socio-ecológicos.....	8
Figura 2. El suministro de los servicios ecosistémicos .....	10
Figura 3. La producción de servicios ecosistémicos múltiples .....	14
Figura 4. Interacciones potenciales entre los cuatro servicios dentro de un sistema de manejo con preferencia para carbón vegetal, ganado y plantas útiles. ....	18
Figura 5. Localización de la zona de estudio . ....	23
Figura 6. Mapa del predio con la cuadrícula utilizada para la línea base.....	26
Figura 7. Método de muestreo utilizado en cada uno de los sitios .....	27
Figura 8. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de la línea base. ....	28
Figura 9. Predio donde se realizó el estudio ecológico. ....	29
Figura 10. Muestreo de las parcelas.....	31
Figura 11. Factores que influyen en la variable de respuesta.....	33
Figura 12 Localidades de la Cuenca de Cuitzeo donde se realizaron las entrevistas.....	37
Figura 13. Curvas de rarefacción por zona de las parcelas de excluidas y no excluidas.. ....	45
Figura 14. Diversidad por zona para las plantas herbáceas y arbustivas.....	47
Figura 15. Curvas de rango abundancia para la zona Bosque.....	48
Figura 16. Curvas de rango-abundancia a través del tiempo para zona Pastizal .....	49
Figura 17. Biomasa de plantas herbáceas y arbustivas por zona.....	50
Figura 18. Especies que contribuyen a la biomasa .....	51
Figura 19. Diversidad de las plantas útiles. ....	53
Figura 20. Curvas de rango abundancia de las especies de plantas útiles.....	54
Figura 21. Biomasa de las plantas útiles por zona. ....	57
Figura 22. Curva de rango-biomasa de las especies de plantas útiles. ....	58
Figura 23. Diversidad de las plantas forrajeras por zona .....	59
Figura 24. Biomasa de plantas forrajeras por zona.....	60
Figura 25. Las interacciones entre los servicios ecosistémicos estudiados .....	61
Figura 26. Temporalidad en el ingreso del ganado a los predios.....	62
Figura 27. Tenencia de la tierra de los ganaderos de la Submuestra A y B.....	64
Figura 28. Razones por las cuales prefieren los terrenos donde no se produce carbón .....	65
Figura 29. Razones por las cuales ingresan a su ganado en sitios donde se produce carbón. ....	66
Figura 30. Costos y beneficios por cada temporada del año y por Submuestra de ganaderos.....	68
Figura 31. Otros usos que tienen los terrenos ganaderos .....	69

## Índice de Tablas

Tabla 1. Servicios ecosistémicos estudiados y su abordaje .....	21
Tabla 2. Fechas de instalación y de muestreo de las parcelas .....	29
Tabla 3. Cuadrantes donde se realizó el muestreo de biomasa .....	31
Tabla 4. Mejores modelos para cada variable de respuesta de las plantas herbáceas y arbustivas. ....	46
Tabla 5. Mejores modelos para cada variable de respuesta de las plantas útiles.. ....	52
Tabla 6. Lista de plantas útiles encontradas en las parcelas excluidas y no excluidas .....	55
Tabla 7. Mejores modelos para cada variable de respuesta de las plantas forrajeras.. ....	59
Tabla 8. Características de los ganaderos en el área de estudio.....	63
Tabla 9. Costo y beneficio medio anual según Submuestra (por cabeza).....	67

## Resumen

La producción de carbón vegetal muy pocas veces es la única actividad que ocurre en los sitios donde se realiza. También hay otras actividades que ocurren simultáneamente como son la colecta de leña, la ganadería, el cultivo de algunos cereales, la caza, y la colecta de plantas medicinales y alimentos silvestres. No obstante, nuestra comprensión de los sistemas productivos de carbón vegetal raramente incorpora los efectos de interacción de las actividades conjuntas y su efecto en la prestación de los múltiples servicios ecosistémicos que generan a niveles local, nacional o global. Para explorar las implicaciones sociales y ecológicas de manejar el sistema para múltiples fines, se estudiaron las interacciones entre plantas (intereses para la conservación de la diversidad), las plantas útiles (medicinales, comestibles, ornamentales) y el forraje (para la ganadería) en bosques donde se produce carbón vegetal. Específicamente, se midieron los efectos de excluir al ganado en la diversidad y biomasa tanto de las plantas herbáceas y arbustivas, como de las plantas útiles y su implicación socioeconómica para los ganaderos.

En un predio en la Cuenca de Cuitzeo, en el oeste de México, inmediatamente después del corte de los árboles para producir carbón vegetal se instalaron 18 parcelas (10 x 10 m), la mitad excluidas y la otra mitad no excluidas del ganado. Durante un periodo de 15 meses se monitorearon la riqueza de especies, abundancia y biomasa de las plantas trimestralmente en todas las parcelas. Para entender el costo y beneficio del libre pastoreo, así como la percepción de las zonas donde se produce el carbón vegetal se realizaron entrevistas a ganaderos. También se entrevistaron a colectores y usuarios de plantas útiles, y ganaderos para conocer cuáles eran las plantas con algún uso en las comunidades.

El presente trabajo se desarrolló mediante un enfoque interdisciplinario: desde la perspectiva de la ecología experimental en el método de la exclusión de ganado y el muestreo de la vegetación, y desde la perspectiva de la economía ecológica en el diseño, implementación y análisis de las entrevistas con los ganaderos.

Los resultados revelan que el pastoreo ocurre a lo largo del año, aunque es más común durante la temporada de lluvias y representa un importante alivio financiero para los ganaderos por no tener que comprar alimento para ganado en la temporada de lluvias. El pastoreo en su forma actual no afecta la diversidad de las plantas, pero sí su biomasa. De igual manera, el pastoreo no afecta la diversidad ni la biomasa de las especies de plantas útiles, al menos no en los primeros 15 meses de monitoreo. Tampoco afecta la diversidad de plantas forrajeras, pero sí disminuye su biomasa.

Dichos resultados sugieren que no hay disyuntivas (trade-offs) entre el pastoreo y la provisión de plantas útiles, la diversidad y la biomasa vegetal fueron similares tanto en las parcelas de tratamiento como en las de control. Como podría esperarse, la presencia de ganado disminuyó la biomasa forrajera en las parcelas de control, sin embargo, los efectos fueron más fuertes en las áreas de pastizal donde no se produce carbón, lo mismo ocurre con todas las plantas presentes. Los beneficios de mantener al ganado en áreas donde se produce carbón vegetal son substanciales para los ganaderos cuyos costos de alimentación del ganado disminuyen casi tres veces, especialmente en la temporada de lluvias. En conclusión, la ganadería y la recolección de plantas son usos compatibles de la tierra, pero sus interacciones con la producción de carbón vegetal necesitan investigación adicional.

## Abstract

Very seldom is charcoal production the only activity occurring in the places where it is produced. More often than not, there are numerous other activities occurring simultaneously, such as firewood collection, cattle herding, cultivation of cereals, hunting, and gathering of medicinal plants and wild foods. Nevertheless, our understanding of charcoal production systems rarely considers the interactions between these co-occurring activities and their effects on the multiple ecosystem services that they provide at local, national or global levels. To explore the social and ecological implications of managing the system for multiple objectives, a study was conducted in forests managed for charcoal production on the interactions between plants in general (in the interest of biodiversity conservation), useful plants (i.e., with medicinal, nutritional or ornamental value) and pasture and forage for livestock. Specifically, the effects of excluding cattle on the diversity and biomass of herbaceous and shrubby vegetation was studied, its effects on useful plants, and the socioeconomic implications of this for ranchers.

In one property in the charcoal producing area of Cuitzeo Basin located in Western Mexico, Michoacán, 18 plots (10 x 10 m) were installed immediately after harvesting the trees for charcoal, half of which excluded cattle entry while the other half was open to cattle. In the course of 15 months plant species richness, abundance and biomass were monitored every four month in all plots. A survey of ranchers was also conducted in order to understand the costs and benefits of free ranging cattle and ranchers' perception of charcoal production areas. Collectors and users of plants, including ranchers, were also interviewed to identify those plants that had specific use for local communities.

The present work was developed through an interdisciplinary approach: from the perspective of the ecology in the method of the exclusion of cattle and the sampling of the vegetation; And from the perspective of the ecological economy in the design, implementation and analysis of interviews with farmers.

The results revealed that grazing occurs throughout the year, although it is more common during the rainy season and represents a substantial financial relief for livestock keepers by not having to purchase cattle feed in the rainy season. Grazing, in its current form does not seem to be affecting the diversity or biomass of usable plants species, at least not in the first 15 months of monitoring. Nor is it exerting a change in the diversity of fodder plants, but it does decrease its biomass.

These results suggest that there are no tradeoffs between grazing and ecosystem supply of usable plants; species diversity and biomass of plants were the same across treatment and control plots. Unsurprisingly, the presence of livestock decreased forage biomass in control plots, however, the effects is stronger in pasture areas where no charcoal production occurs. The benefits of maintaining livestock in charcoal productional areas are substantial for ranchers whose costs of cattle feed drops three-fold, especially in the dry season. In conclusion, livestock keeping and plant collection are compatible land uses, but their interactions with charcoal production need further investigation.

## 1. Introducción

Actualmente en 7.500 millones y aumentando, la población humana demanda cada vez más servicios ecosistémicos mientras la extensión de los ecosistemas capaz de generar algunos de estos servicios está disminuyendo. Consecuentemente, el cómo mejorar los sistemas de producción de los servicios para satisfacer la demanda actual y futura de manera sostenible, constituye un reto importante para la humanidad cuyas soluciones determinaran el futuro ecológico, económico y cultural del planeta (Bennett y Balvanera, 2007; Bennett *et al.*, 2009). Entre los retos que tienen los ecólogos y los gestores de ecosistemas están el poder entender las interacciones entre los servicios ecosistémicos, que suceden dentro y entre diferentes regímenes de manejo, las contribuciones de estas interacciones en asegurar un flujo continuo y sustentable de múltiples servicios ecosistémicos, y entender sus implicaciones económicas y socio-culturales (Bennett y Balvanera, 2007; Raudsepp-Hearne *et al.*, 2010).

Históricamente, el manejo de ecosistemas se ha focalizado en la entrega de solo un servicio del ecosistema (Bennett *et al.*, 2009). Sin embargo, en la mayoría de los casos el ecosistema provee servicios múltiples, que a la vez interactúan entre ellos a través de procesos complejos no lineales, algunas veces predecibles y deseables, y otras veces no (Carpenter *et al.*, 2009). Algunos servicios se asocian positivamente, pero otros presentan asociaciones negativas con otros. Un manejo enfocado a la provisión o maximización de un único servicio implica entonces minimizar o perder otros (Bennett *et al.*, 2009). Este enfoque ha simplificado nuestro entendimiento del funcionamiento de los ecosistemas, resultando en sistemas de manejo y políticas públicas igual de simples, que ignoran las interrelaciones entre diferentes componentes del sistema. Tal es el caso de la producción de alimentos en monocultivos realizada a costa de la calidad del agua, la diversidad genética y la polinización (Millenium Ecosystem Services, 2005).

Para poder proporcionar cambios de manejo que permitan el suministro sustentable de servicios múltiples, es necesario contemplar más de un servicio a la vez, conocer las interacciones entre ellos, entender las disyuntivas (“*tradeoffs*”) y sinergias que pueden existir, así como el efecto que tienen sobre el sistema y sobre los actores involucrados (Galicia y Zarco-Arista, 2014). Las prácticas que van a asegurar el suministro sustentable y continuo de los servicios son aquellas que van a amplificar las sinergias positivas, reducir las disyuntivas y eliminar las sinergias negativas.

Los estudios sobre servicios ecosistémicos en bosques templados de las regiones tropicales, en la cual se encuentran los bosques de encino mexicanos, se han enfocado principalmente en la extracción de madera (Galicia y Zarco-Arista, 2014; Galicia *et al.*, 2015). No obstante, hay otros servicios ecosistémicos que se

encuentran interactuando entre ellos. La interacción entre servicios ecosistémicos es una situación en la que la provisión de un servicio tiene un impacto directo sobre otro servicio (Bennett *et al.*, 2009). Se ha mencionado que es necesario un acercamiento socio-ecológico que reconozca la coproducción de los servicios entre procesos ecológicos y sociales, y que tome en cuenta los actores distintos que participan en el manejo del sistema (Carpenter *et al.*, 2009).

### 1.1. Servicios ecosistémicos múltiples en bosques de encino de México

Los bosques de encino en los trópicos del continente americano se distribuyen desde el centro de México hasta Centroamérica, justo al norte de Ecuador (Kappelle, 2006). En México los bosques de encino ocupan el 5.5 % del territorio (Rzedowski, 2006). Además, cuenta con la mayor riqueza de especies nativas de encinos, entre 160-165 (Valencia, 2004). Se estima que alrededor de 109 son especies endémicas (Rzedowski, 2006; Galicia *et al.*, 2015). Estos bosques proveen un amplio rango de servicios ecosistémicos a niveles regional y global. Sin embargo, uno de los principales servicios ecosistémicos es la extracción de madera (Galicia y Zarco-Arista, 2014) para leña y la elaboración de carbón vegetal.

La población mexicana está aumentando junto con la demanda para varios bienes que se encuentran en los bosques de encino, específicamente el carbón vegetal, las plantas silvestres y la carne y leche de los bovinos. La capacidad del sistema actual para seguir suministrando estos tres servicios al mismo tiempo está en duda; no sabemos mucho sobre la compatibilidad de estos servicios en el sistema actual y las implicaciones de cambiarlo, tanto para los procesos ecológicos como para aquellos sociales.

En las comunidades rurales mexicanas, la madera de encino se utiliza para las construcciones, la elaboración de muebles, de postes, y de artesanías locales, entre otros usos. El principal uso de la madera es como combustible, ya sea directamente o bien transformada a carbón vegetal (Pérez-Olvera *et al.*, 2000; Rzedowski, 2006). Entre otros servicios ecosistémicos que proveen los bosques de encino es el brindar forraje para el ganado, la provisión de plantas medicinales, plantas alimenticias y plantas ornamentales, el almacenamiento de carbono en los suelos y en la biomasa leñosa, un hábitat para la biodiversidad y la regulación del ciclo hidrológico (Galicia y Zarco-Arista, 2014). Así como prestador de empleo, y un baluarte de la identidad, la tradición y el conocimiento tradicional. Este trabajo se enfoca en tres de los servicios ecosistémicos asociados al manejo de los bosques de encino de México: el mantenimiento de la diversidad vegetal, la provisión de forraje para la actividad ganadera, y la provisión de plantas útiles.

La leña es usada para cocinar por cerca de 25 millones de personas la mayoría en áreas rurales de México, pero también en forma de carbón vegetal es utilizado en muchas industrias de pequeña escala y tiendas, ya sea para asados comerciales como residenciales, hornos de ladrillos y tejas, panaderías, mezcal, cerámica, tortillas, entre otros. (Masera, 2006; García *et al.*, 2015). Se estima que la producción de carbón vegetal en México alcanza las 200,000 toneladas anuales (Masera, 2006), mientras que el consumo anual de carbón vegetal es de 650,000 toneladas (Masera *et al.*, 2011). La mayor parte de la producción, transporte, acopio y venta de carbón vegetal en México es informal (Ghilardi *et al.*, 2012). Sin embargo, el suministro de este beneficio puede resultar en el deterioro de otros procesos que son importantes para la provisión de otros servicios

Amplias extensiones de encinares mexicanos se han perdido debido a la explotación para la obtención de carbón vegetal, sobre todo en el siglo antepasado y en algunas regiones este proceso sigue en auge (Pérez-Olvera *et al.*, 2000; Rzedowski, 2006; Galicia *et al.*, 2015). Las prácticas de manejo en los bosques templados mexicanos han causado la disminución de los servicios de suministro de agua y recursos no maderables (Galicia y Zarco-Arista, 2014). Ha sido maximizada la provisión de servicios, tales como alimento y madera, pero ha disminuido en muchos otros servicios, incluyendo servicios de regulación y culturales como el ciclo de los nutrientes, regulación de inundaciones y oportunidades para la recreación (Galicia y Zarco-Arista, 2014). Grandes superficies de encinares se aprovechan con fines ganaderos, y con el objetivo de estimular la producción de brotes tiernos de plantas herbáceas y arbustivas en muchas partes del país se acostumbra someterlos a la acción periódica del fuego (Rzedowski, 2006). Mediante este mecanismo, se convierten en bosques, matorrales o zacatales secundarios, que a menudo resultan más útiles para la ganadería que el bosque clímax mismo, y debido a esto el hombre procura no crear las condiciones propicias para su restablecimiento (Rzedowski, 2006).

México tiene una alta diversidad de plantas, la cual incluye una de las floras más ricas del mundo y una de las áreas con la mayor cantidad de culturas humanas y de riqueza biocultural del planeta (Boege, 2008). Para el 45% de la población mexicana, las plantas medicinales son el único recurso medicinal con el que cuentan mientras que el resto complementa su uso con medicina occidental (Muñeton, 2009). Se ha señalado que un incremento en la pobreza está asociado con un incremento en la dependencia de productos forestales no maderables, como son las plantas medicinales (Rasul *et al.*, 2008; Gul *et al.*, 2012; Adnan *et al.*, 2015).

El mayor número de especies utilizadas en México son plantas silvestres (Caballero *et al.*, 1998). De las 23,424 especies de plantas vasculares con las que cuenta (Villaseñor, 2004) aproximadamente 7,000

especies son plantas que tienen un tipo de uso (Caballero y Cortés, 2001), es decir, son plantas útiles. La mayor proporción de las plantas útiles de México corresponde a las plantas herbáceas y a los árboles, aunque también es importante el número de arbustos utilizados (Caballero *et al.*, 1998). Las plantas se utilizan para una gran variedad de propósitos, entre los usos más frecuentes están como fuente de alimento y medicina (Caballero *et al.*, 1998; Caballero y Cortes 2001).

Las áreas cercanas a los establecimientos humanos son menos diversas en cuanto a la flora nativa, lo cual se debe en la mayor parte a la sobre recolección y a las actividades de pastoreo (Adnan et al., 2014). Por otra parte, el aumento en la demanda de plantas silvestres útiles resulta en un cambio en los volúmenes necesarios y, de hecho, en las estrategias de cosecha. Algunos de estos cambios han causado extinciones locales, la búsqueda de substitutos, y a veces la decisión de cultivarlas (Bye y Linares, 2016). Para aquellas plantas (que frecuentemente son la mayoría) que se cosechan de los ecosistemas primarios y secundarios, este patrón pone en cuestión la capacidad de los ecosistemas para suministrarlas (Boege, 2008; Chen *et al.*, 2016).

La ganadería bovina es una de las actividades económicas más importantes de México, debido a su gran extensión (abarca 54% de la superficie nacional) (Ceccon, 2013). Dicha actividad se practica en casi todos los ecosistemas terrestres del país (Ceccon, 2013). Además, el ganado bovino es la fuente primordial de proteínas de la dieta mexicana (Ceccon, 2013). En el territorio nacional, los sistemas de producción de ganado van desde los más altamente tecnificados e integrados, hasta los tradicionales. En los primeros, el objetivo es la inversión y la capitalización, mientras que los segundos el ganado representa una opción complementaria de ingresos a quien la práctica (Hernández *et al.* 2011). En varios lugares del país, la alimentación del ganado se basa en el uso de subproductos agropecuarios como el rastrojo de maíz, el pastoreo de pastos nativos, corte y acarreo de forraje. La venta de leche representa el mayor porcentaje de los ingresos de la familia. Estos pueden ser complementados con ingresos generados por otras actividades dentro de la unidad de producción o fuera de esta (Hernández *et al.*, 2013).

Los ganaderos tradicionales del centro de México utilizan varios recursos para alimentar a los rebaños. El pastoreo de pastizales durante la época de lluvias es una práctica común y es considerado como la principal fuente de forraje de bajo costo debido a que no es necesario invertir en su establecimiento o fertilización. El ganado pastorea sin prestar atención a la capacidad de carga, y las vacas lecheras se complementan con concentrados de compuestos comerciales o granos de maíz producidos en la granja (Sainz-Sánchez *et al.*, 2017).

Se ha mencionado que el mantenimiento de la diversidad vegetal tiene interacciones negativas con el manejo del ganado. Sin embargo, la diversidad vegetal es un factor clave para la subsistencia de esta actividad productiva a largo plazo (Alkemade *et al.*, 2013; Trilleras *et al.*, 2015). Algunas de las plantas que el ganado consume, son usadas por los pobladores para preparar medicinas, construir sus casas y como alimento (De la O-Toris *et al.*, 2012), de esta manera, puede llegar a haber una competencia entre el ganado y la sociedad por estos recursos. La investigación sobre las herbáceas útiles que crecen en hábitats modificados por las actividades ganaderas, podría permitir el diseño de programas para los tomadores de decisiones con un mejor entendimiento sobre la importancia que tienen áreas concretas para la sociedad debido a su utilidad para diferentes actividades económicas.

El manejo de la tierra y con ello de los servicios ecosistémicos está influenciado tanto por las condiciones topográficas, climáticas, pero sobre todo por las decisiones de los individuos (Rincón-Ruiz *et al.*, 2014). Los habitantes de las comunidades, entre los cuales están los ganaderos, los carboneros y los colectores de plantas útiles, son los principales usuarios y propietarios de los ambientes naturales. Las comunidades rurales constituyen un sector fundamental en la toma de decisiones sobre los servicios brindados por los ecosistemas (Castillo *et al.*, 2009). El contexto social donde se desarrollan los individuos influye directamente en las percepciones que los actores locales tienen sobre el ambiente. Así, el análisis de las percepciones sociales puede permitir un entendimiento sobre las múltiples visiones de los actores locales sobre sus decisiones e interacciones con los ecosistemas, que podría ser de utilidad para los tomadores de decisiones responsables de planificar e implementar intervenciones de desarrollo rural y conservación (Castillo *et al.*, 2005).

Los habitantes locales, en su necesidad de satisfacer su subsistencia y la de sus familias hacen uso de los servicios ecosistémicos. Para tener un mejor entendimiento de los servicios ecosistémicos es necesario medir el valor de los servicios ecosistémicos (Tallis *et al.*, 2012). El valor se refiere a la importancia relativa que la sociedad le da a un servicio. A menudo el valor de los servicios ecosistémicos es contabilizado en términos monetarios (Balvanera *et al.*, 2016b). En esta investigación el valor será medido en unidades monetarias, por medio de un método de valoración basado en precios de mercado. La teoría económica estándar proporciona el fundamento para la valoración de beneficios asociados a usos alternativos de uno o varios servicios ecosistémicos. Los recursos naturales consumidos y usados por los ganaderos se valoran de acuerdo con el precio de mercado vigente en el mismo periodo y de esta manera es posible evaluar los beneficios a los cuales se renunciaría debido a una potencial restricción al acceso a recursos naturales. El método de precios del mercado se ha utilizado con frecuencia para estimar impactos socio-económicos

por lo que este método permite cuantificar de manera directa la magnitud de uso de los servicios ecosistémicos.

Dado este panorama, el presente estudio busca entender las interacciones entre tres servicios ecosistémicos de los encinares mexicanos: el mantenimiento de la diversidad vegetal, forraje para la actividad ganadera, las plantas silvestres localmente útiles dentro del sistema de producción de carbón vegetal. Mediante un enfoque interdisciplinario se busca determinar si el sistema actual de manejo de estos bosques genera sinergias y/o disyuntivas entre los servicios ecosistémicos. Por lo que este estudio explora simultáneamente: a) como el pastoreo afecta los atributos de la comunidad de herbáceas y arbustivas, y de plantas útiles (medicinal, comestible, ornamental, forrajero); b) cuales son las percepciones de los ganaderos a cerca del manejo del bosque; y c) cuales son los costos y beneficios económicos obtenidos por las practicas ganaderas.

## 2. Marco conceptual

### 2.1. La integración del sistema ecológico con el sistema social

Contemplar más de un servicio a la vez requiere reconocer al sistema en su totalidad. El reconocimiento del sistema se logra incorporando tanto los componentes ecológicos como aquellos socioeconómicos, socioculturales y sociopolíticos. Este tipo de pensamiento sistémico para los estudios de servicios ecosistémicos implica considerar a los “socioecosistemas” o “sistemas socio-ecológicos o socioambientales” (Nicholson *et al.*, 2009; Binder *et al.*, 2013) como un conjunto a estudiar, a entender y para generar políticas públicas que favorezcan su manejo sustentable. Lo anterior motivado por el marco conceptual de la Evaluación Milenio de los Ecosistemas (Figura 1) el cual mostró la estrecha dependencia entre la sociedad y la naturaleza, así como la dependencia indiscutible de la naturaleza en las decisiones y las acciones de la sociedad, por lo que hoy en día el concepto de socio-ecosistemas es inevitable en estudios sobre los servicios ecosistémicos.

El acercamiento socio-ecológico proporciona un marco que permite el reconocimiento y la contabilidad de las interacciones recíprocas que ocurren entre el componente social del sistema y el ámbito biofísico en donde sucede (Carpenter *et al.*, 2009; Ostrom, 2009; Binder *et al.*, 2013). Un sistema socioecológico se define como un sistema complejo adaptativo de humanos en la naturaleza en el que los componentes o sistemas sociales y ecológicos están íntimamente acoplados (Berkes y Folke, 1998). El sistema social compuesto por los individuos, los grupos locales y las instituciones a mayor escala, así como por las relaciones que se establecen entre ellos. Mientras que el sistema ecológico este compuesto por las distintas escalas de la biodiversidad, que se encuentran en constante interacción y retroalimentación. Ambos sistemas están conectados y se relacionan de forma constante (Martín-López *et al.*, 2009; Binder *et al.*, 2013). El sistema social se beneficia de los servicios generados por el sistema ecológico en la medida en que el flujo de estos tiene influencia sobre el bienestar humano o en las intervenciones sobre el territorio lo que, a su vez, genera un impacto sobre la estructura, patrones y funciones de los ecosistemas son alterar su integridad o su valor ecológico (Rincón-Ruiz *et al.*, 2014).

Una de las virtudes del concepto de servicios ecosistémicos es que permite integrar los aspectos ecológicos y los aspectos sociales que los generan y permiten su aprovechamiento (Maass *et al.*, 2005; Binder *et al.*, 2013). A una escala nacional y sub-nacional, los servicios ecosistémicos pueden ser una herramienta efectiva para informar las decisiones acerca del uso y manejo de los recursos del planeta, especialmente cuando las interacciones entre ellos son tomadas en cuenta (Balvanera *et al.*, 2016a). De hecho, el éxito del uso y aplicación del concepto de los servicios ecosistémicos fuera de la academia y por

el público general, ha sido por su forma sencilla de dar a conocer a los usuarios y a los tomadores de decisiones la dependencia humana estrecha de los ecosistemas y la necesidad de estrategias de su manejo sustentable (Maass *et al.*, 2005). Bennett *et al.* (2009) señalan que las relaciones entre múltiples servicios ecosistémicos se encuentran mejor identificadas y evaluadas mediante aproximaciones socio-ecológicas integrales (Figura 1).

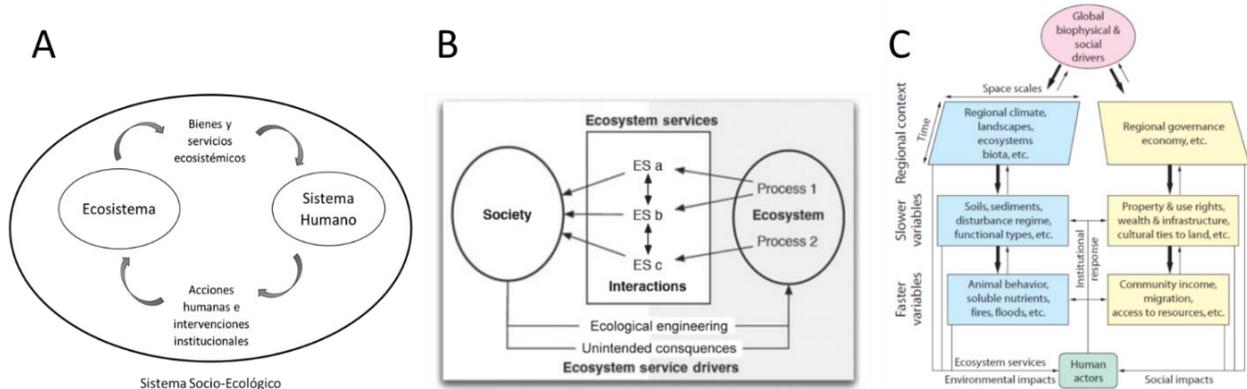


Figura 1. Ejemplos de marcos conceptuales sobre sistemas socio-ecológicos. Independientemente de la definición que se usa para describir a los servicios ecosistémicos, el concepto demuestra la codependencia entre el sistema ecológico (los ecosistemas) y el sistema humano o social para generar y gestionar los servicios. Varios marcos conceptuales existen sobre estas interrelaciones encapsulados en sistemas socioecológicos (SSE). Los marcos son de A) Martín-López *et al.*, 2009; B) Bennett *et al.* 2009 y; C) Carpenter *et al.* 2009.

## 2.2. Servicios ecosistémicos

Uno de los resultados claves del ejercicio de la evaluación de los ecosistemas del milenio (EEM) que se llevó a cabo entre 2003 y 2005 por más de 1300 científicos fue el reconocimiento de que, a nivel mundial, 16 de los 24 servicios ecosistémicos que investigaron estaban en un estado de deterioro (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005) distinguió cuatro categorías de servicios ecosistémicos: 1) Los servicios de provisión que son los bienes que pueden ser extraídos y consumidos de los ecosistemas, 2) Los de regulación, que son los beneficios derivados de los procesos de los ecosistemas, que modulan las condiciones que experimentamos; 3) Los servicios culturales, los cuales no son beneficios físicos, son intangibles, que emergen de las interacciones entre los humanos y los ecosistemas; 4) los servicios de soporte que son los procesos fundamentales de los ecosistemas que permiten la entrega de las tres categorías anteriores y así la sociedad encuentra los beneficios a través de estos. Por otra parte, el concepto de servicios ecosistémicos y hasta la misma tipología de servicios han ido evolucionando rápidamente desde la publicación de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005).

### 2.2.1. Compensaciones y sinergias entre servicios ecosistémicos

Las interacciones entre los servicios ecosistémicos pueden ir en diversas direcciones (Bennett *et al.*, 2009). Esta puede ser unidireccional, cuando la provisión de un servicio A afecta el nivel de provisión de un servicio B, pero no viceversa. Puede ser bidireccional, cuando la provisión del servicio A afecta el nivel de provisión del servicio B, el cual a su vez afecta la provisión del servicio A. También puede ser positiva, cuando la provisión del servicio A incrementa la provisión del servicio B, y negativa cuando la provisión del servicio A inhibe la provisión del servicio B (Bennett *et al.*, 2009, Figura 2). Las actividades o intervenciones de manejo pueden afectar solo un servicio ecosistémico o pueden tener efectos en múltiples servicios a la vez (se muestra a lo largo del eje x de la Figura 2). Aunado a los efectos de dichas actividades, las relaciones entre los servicios pueden ser causadas por la interacción directa entre los servicios (se muestra a lo largo del eje Y de la Figura 2, Bennett *et al.*, 2009).

El suministro de los servicios ecosistémicos depende de la capacidad del paisaje de ofrecer los recursos, y de la demanda social por estos (Yahdjian *et al.*, 2015). Generalmente, no es posible manejar los ecosistemas para maximizar simultáneamente todos los servicios (Bennett *et al.*, 2009). De hecho, muchos ecosistemas se han transformado en sistemas intensivos de producción de bienes, por ejemplo, en sistemas agropecuarios para producir alimentos, por lo que se han privilegiado la obtención de ciertos tipos de servicios a costa de otros (Bennett *et al.*, 2009). Así, una consecuencia no intencional de la “domesticación del ecosistema” ha sido la inesperada o indeseable disminución de otros servicios ecosistémicos (Bennett *et al.*, 2009) lo cual es nombrado como “*tradeoffs*” (o “*trade-offs*”) en inglés. La traducción de “*tradeoffs*” al español puede ser “compensaciones”, “disyuntivas” o “dilemas” pero ninguna de las tres realmente captura la esencia equivalente de “*tradeoffs*” (Cord *et al.*, 2017). Por eso, muchas veces se aplica la versión en inglés en la literatura en español.

El término “disyuntiva” entre servicios ecosistémicos describe cuando el aumento en el suministro de un servicio causa una disminución de algún otro u otros servicios (Bennett *et al.*, 2009; King *et al.*, 2015). Esto puede ser debido a la respuesta simultánea al mismo factor de cambio o debido a la interacción entre servicios (Bennett *et al.*, 2009). Es decir, parece imposible que dos servicios existían a niveles máximos al mismo tiempo. Las compensaciones ocurren particularmente entre los servicios de provisión y los servicios de regulación, ya que hay una reducción cuando la integridad de los procesos ecológicos se compromete conforme los servicios de provisión incrementan (Rodríguez *et al.*, 2006; Bennett *et al.*, 2009; Howe *et al.*, 2014; King *et al.*, 2015).

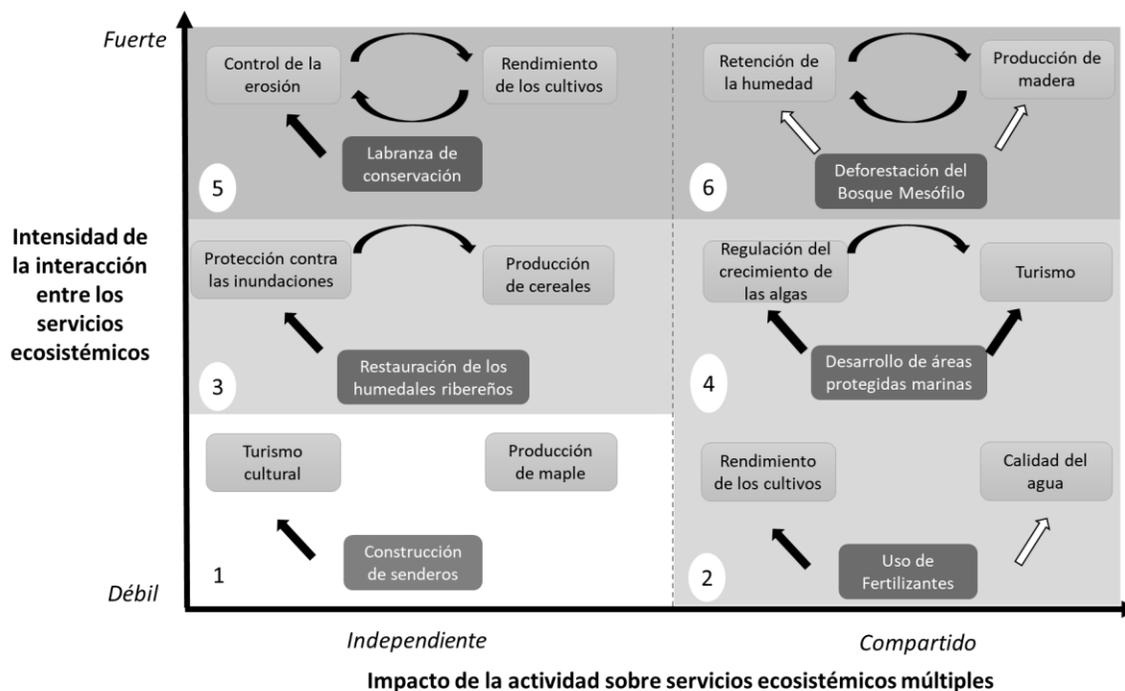


Figura 2. El suministro de los servicios ecosistémicos puede estar relacionado debido con las interacciones entre los servicios, o a la respuesta a una misma actividad. Las flechas negras indican un efecto positivo (sinergia), las blancas un efecto negativo (disyuntiva). En el sector de la esquina inferior izquierda (sector 1), una actividad (construcción de senderos) afecta el turismo cultural (Servicio A), el cual no tiene interacción con la producción de maple (Servicio B). En el sector 2, la actividad afecta a ambos servicios, pero estos servicios no tienen interacción entre ellos. Sin embargo, la actividad puede también afectar a ambos positivamente o negativamente. Moviéndose a lo largo del eje X, los sectores 3 y 4 muestran ejemplos en los cuales los servicios tienen una interacción unidireccional. Esto es, que el nivel de provisión del servicio A afecta el nivel de provisión del servicio B, pero no viceversa. Los sectores 5 y 6 muestran que la interacción bidireccional entre los servicios en los cuales el nivel de provisión del servicio A afecta la provisión del servicio B y el nivel de provisión del servicio B afecta la provisión del servicio A. En todos los casos, esta interacción puede ser positiva o negativa. Modificado de Bennett *et al.*, 2009.

Aunque las disyuntivas ocurren debido a las restricciones de los sistemas biológico, ecológico y físico (King *et al.*, 2015), el reconocimiento consiente de su existencia en los sistemas de manejo normalmente es por el interés de obtener más de un servicio al mismo tiempo. El hecho de que no se puede aumentar un servicio sin afectar el otro puede generar conflictos en el manejo de recursos naturales, en el desarrollo y en la planificación (Martín-López *et al.*, 2012). Los conflictos pueden surgir como resultado de divergencias entre las preferencias que tienen los diferentes usuarios de los servicios y los usuarios de otros servicios (Cavender-Bares *et al.*, 2015; Martín-López *et al.*, 2012; González-Esquivel *et al.*, 2015). Aunado a ello, los actores locales sostienen percepciones fuertes acerca de los factores críticos que mantienen los cambios en los servicios deseados y, en particular, los relacionados al rendimiento, que son esenciales para la toma de decisiones (González-Esquivel *et al.*, 2015). Consecuentemente, el desafío para el manejo sustentable de ecosistemas no solo es entender que las disyuntivas entre los servicios existen, sino poder cuantificarlos, monitorearlos, controlarlos y negociar sus niveles aceptables entre actores distintos.

La disminución de las disyuntivas entre servicios forma una meta clave para gestionar los ecosistemas sustentablemente, pero igual de importante es la necesidad de conocer las sinergias entre los servicios ecosistémicos. Las sinergias son situaciones en las que ambos servicios aumentan o disminuyen. Ya sea debido a la respuesta simultánea al mismo factor de cambio, o por la interacción entre servicios (Bennett *et al.*, 2009; Raudsepp-Hearne *et al.*, 2010). Tanto las disyuntivas como las sinergias pueden ser manejadas si ambas interacciones reducen su costo asociado a la sociedad o aumentan la multifuncionalidad del paisaje y el bienestar humano (Raudsepp-Hearne *et al.*, 2010).

Los actores sociales eligen unas opciones sobre otras a la hora de gestionar el territorio. Por ello, se puede decir que las disyuntivas son un balance logrado entre dos rasgos contrapuestos, contradictorios o incompatibles. Emanan de las elecciones de gestión o las acciones que, intencionalmente o no, alteran la cantidad o la calidad de un servicio ecosistémico con el fin de alcanzar un objetivo (Rincón-Ruiz *et al.*, 2014).

Hay varios tipos de disyuntivas que pueden ser útiles como insumo para la gestión del territorio, estos son: Las disyuntivas espaciales, cuando hay beneficios en un lugar y costos en otra parte; las disyuntivas entre beneficiarios, donde unos individuos ganan y otros pierden a partir de una decisión sobre los servicios ecosistémicos; las disyuntivas temporales, que representan beneficios presentes contra costos futuros (Raudsepp-Hearne *et al.*, 2010; Rincón-Ruiz *et al.*, 2014).

### 3. Antecedentes

#### 3.1. Potenciales interacciones entre la producción de carbón vegetal, la ganadería y la colecta de plantas útiles

Los impactos de la producción de carbón en los ecosistemas suceden en cada etapa de la cadena de producción-consumo (Chidumayo y Gumbo, 2013). En casi todos los países donde se produce carbón vegetal, hay reportes referentes a la deforestación y degradación que acompañan al proceso de producción (Chidumayo y Gumbo, 2013). La deforestación es la pérdida de la cobertura forestal a largo plazo, mientras la degradación es la remoción temporal de toda o una parte de la biomasa forestal (Grainger, 1999; Mwampamba *et al.*, 2013). La degradación representa la reducción temporal o permanente en la densidad, la estructura de las especies o la productividad de la cobertura vegetal. Debido a que el corte de los árboles para producir carbón vegetal varía a través de un continuo de corta selectiva y aclareo, es difícil distinguir el impacto de la producción de carbón entre deforestación y degradación forestal (Chidumayo y Gumbo, 2013).

La extracción para carbón puede ser el primer paso de la degradación del bosque. La degradación ocurre cuando es seguida de un intenso pastoreo, por la conversión a campos agrícolas o cuando la extracción de carbón es muy frecuente. La extracción de carbón en bosques nativos puede causar pérdida de la biodiversidad y puede producir una pequeña disminución de los niveles de biomasa del bosque (Maes y Verbist, 2012). A una escala espacial pequeña, la ausencia de la selección de especies para la producción de carbón vegetal implica una deforestación temporal. A una gran escala la producción da como resultado una degradación del bosque (Chidumayo y Gumbo, 2013).

Chidumayo y Gumbo (2013) señalan que muchas especies de los bosques tropicales tienen el potencial de regenerarse vegetativamente después de la corta para carbón. Aparentemente, la tasa de regeneración del bosque está en función del tipo de bosque, el sistema de corta, la precipitación, el manejo del fuego y la intensidad de pastoreo (Hosier, 1993; Chidumayo y Gumbo, 2013). Los factores que influyen en la recuperación del bosque son de dos tipos principalmente: factores naturales y factores humanos. Los factores humanos son aquellos procesos sobre los cuales el humano tiene control, mientras que los factores naturales son aquellos sobre los que el humano tiene poco o ningún control (Hosier, 1993).

Los factores humanos determinantes de la recuperación del bosque están relacionados a las técnicas de aprovechamiento y al manejo post-aprovechamiento. La intensidad de aprovechamiento refleja la intensidad del disturbio ecológico. Generalmente, entre mayor es la intensidad de aprovechamiento, más largo es el tiempo de recuperación del bosque (Hosier, 1993). Entre los factores humanos se encuentran:

la altura a la cual los árboles son cortados, el manejo de los rebrotes, la aplicación de fertilizantes y la protección de tallos o rebrotes. También retardan la recuperación del bosque, el corte del sotobosque, la quema de la hierba, la quema por medio de los hornos y el pastoreo intensivo en el sitio de aprovechamiento (Hosier, 1993). Las características ambientales, la naturaleza de la interferencia humana y la historia del área donde habitan los pobladores, todas interactúan para determinar la habilidad del bosque de regenerarse después del aprovechamiento para la producción de combustibles leñosos (Hosier, 1993; Chidumayo y Gumbo, 2013).

Hay una actitud negativa hacia la producción de carbón como medio de vida (Jones *et al.*, 2016; Mwampamba *et al.*, 2013). La caricatura generalizada de un productor de carbón vegetal es la de un hombre, pobre tanto en conjuntos productivos como en terrenos (Arnold *et al.* 2006; Jones *et al.*, 2016), con menor acceso a los mercados de agricultura y sin ingresos alternativos (Zulu y Richardson, 2013). Sin embargo, hay un conjunto de literatura reciente sobre carbón vegetal que comienza a considerar el papel del carbón en los medios de subsistencia rurales desde una perspectiva más optimista (Jones *et al.*, 2016; Mwampamba *et al.*, 2013; Zulu y Richardson, 2013). La gente que hace carbón tiene una amplia gama de niveles de ingresos, lo cual le permite tener mayores ingresos que son comparables con los hogares no productores. También permite menores tasas de pobreza entre los productores (Jones *et al.*, 2016).

Tanto en México como en otras partes del mundo donde se produce carbón vegetal, la coincidencia de esta actividad con la ganadería casi siempre es predecible (Chidumayo y Gumbo, 2013; Maya-Elizarrarás y Schondube *et al.*, 2015; Woollen *et al.*, 2016). Las razones para la coexistencia son múltiples y forman parte de investigaciones actuales. Una de ellas es que, una vez que se cosechan los árboles grandes, debido a la eliminación de la sombra un lugar donde se produce carbón vegetal, este terreno se convierte a una superficie dominada por pasto, hierbas y árboles en diferentes fases de regeneración, los cuales sirven para el ganado (Maya-Elizarrarás y Schondube *et al.*, 2015) (Figura 3). La ida y la vuelta del ganado entre superficies dominadas por cobertura densa a aquellas dominadas por el pastoreo hacen que el terreno siga siendo útil en todas sus fases, generando servicios de manera continua. Durante las temporadas secas, muchos ganaderos ingresan su ganado donde hay encinos por la sombra, y para que puedan alimentarse de los arbustos y hierbas que se encuentran en el sotobosque. Consecuentemente, en muchos casos, el ganado se encuentra dentro del bosque mientras es denso, aunque haya menos pasto.

Los bosques encinares aprovechados para carbón vegetal en México recuperan su biomasa en un periodo estimado de entre 10 y 15 años (Aguilar *et al.*, 2012), que representa el ciclo de corta para producir carbón, o cuando los rebrotes alcanzan un diámetro a la altura del pecho (DAP) de 15 cm o más. Según las

percepciones de la gente, después de siete ciclos de corta los tocones de los encinos no rebrotan y los árboles mueren (Camou-Guerrero *et al.*, 2014).

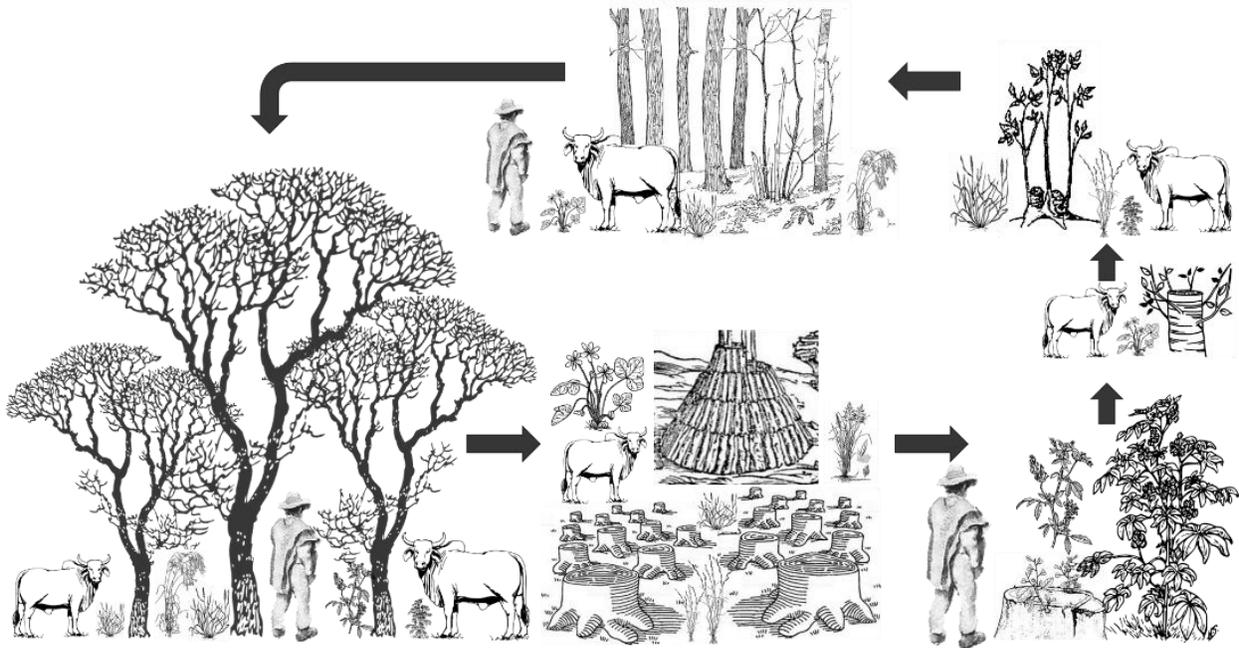


Figura 3. La producción de servicios ecosistémicos múltiples durante diferentes fases de recuperación del bosque después del aprovechamiento de la biomasa arbórea para producir carbón vegetal. Durante todas las fases hay pasto y hierbas que sirven como forraje para el ganado y a veces como plantas útiles para el consumo humano. La ida y vuelta entre un sistema dominado por cobertura densa, a uno dominado por hierbas, pastos y arbustos asegura un suministro continuo de servicios ecosistémicos en el territorio (Modificado de Tuyeni H Mwampamba)

Los ciclos de corte favorecen tanto a la provisión de madera para elaborar carbón vegetal, como al espacio abierto para que crezca el forraje. En este caso se presenta una disyuntiva que es temporal, debido a que una mayor densidad de ganado y con ello una mayor provisión de carne o leche en un tiempo  $t_1$ , implica una posterior reducción de la tasa de recuperación de la madera para carbón y con ello el tiempo  $t_2$  se hace más lejano. Es decir, el favorecer la provisión de forraje reduce la provisión a largo plazo del carbón vegetal. En cambio, las plantas útiles pueden o no responder a este gradiente temporal. También puede presentarse una disyuntiva espacial, debido a que el ganado puede preferir dentro del predio, los sitios con sombra y que son aquellos en los que se está elaborando el carbón vegetal (Figuras 3 y 4).

### 3.1.1. La interacción carbón vegetal- plantas útiles no maderables

El aprovechamiento de los recursos vegetales involucra plantas bajo diferentes técnicas de manejo por las poblaciones locales. De acuerdo con Caballero *et al.* (1998) y Camou-Guerrero *et al.* (2016) se pueden reconocer tres categorías de plantas de acuerdo a la forma de manejo y el grado de manipulación por las poblaciones humanas. Estas categorías son: a) plantas recolectadas, b) plantas bajo manejo incipiente y c) plantas cultivadas. De este modo, muchas especies son recolectadas o cosechadas en la vegetación

natural, pero su explotación involucra algún grado de manejo del hábitat, con el fin de incrementar su disponibilidad. Existe una amplia gama de formas de manejo incipiente, las cuales intensifican la acción humana sobre las plantas útiles (Caballero *et al.*, 1998). El 9% de las plantas útiles se obtiene por medio de la extracción o cosecha de las partes útiles (Camou-Guerrero *et al.*, 2016).

La remoción de los árboles puede conducir a descensos locales de algunas especies de plantas, lo cual podría originar una disminución. Además, la extracción de madera también puede tener efectos negativos sobre la diversidad vegetal, debido a los daños físicos causados a la regeneración natural de las plántulas, durante el aprovechamiento de la madera (Rana *et al.*, 2016, Figura 4). En un estudio realizado en Mozambique, Woollen *et al.* (2016) realizaron entrevistas en varias localidades con el objetivo de entender las disyuntivas entre la producción de carbón vegetal y otros servicios ecosistémicos, y encontraron que para las plantas medicinales y alimenticias no fue percibida ninguna disminución a causa de la elaboración de carbón vegetal. Por otra parte, los servicios relacionados a los pastos, como son techos de paja y el pastoreo, no fueron mencionados en ninguna de las comunidades.

### 3.1.2. La interacción ganadería-plantas silvestres no maderables

En México, la ganadería se practica en casi todos los ecosistemas terrestres del país, se le considera una de las principales causas de la reducción de los ecosistemas naturales (Guevara, 2001; Ceccon, 2013). Después del fuego, el pastoreo es el disturbio más importante de la vegetación en términos de pérdida de área y biomasa (Olf y Rithie, 1998). El efecto principal de los ungulados sobre los ecosistemas se deriva de la remoción de gran cantidad de tejidos vegetales, la cual puede afectar directamente la riqueza de especies (Rooney y Waller, 2003; Tahmasebi *et al.*, 2008, Figura 4). La pérdida de tejido puede ser un efecto negativo directo sobre el crecimiento de la planta e indirecto sobre los procesos de producción de flores, la polinización y la producción de semillas viables (Baraza y Valiente-Banuet, 2012). No obstante, hay algunas especies cuya respuesta a la pérdida de tejido por los herbívoros se da mediante una compensación con un aumento en el crecimiento respecto a las plantas no consumidas (Kimball y Schiffman, 2003; Fortes *et al.*, 2004).

Frecuentemente el pastoreo provoca la compactación del suelo debido al peso de los animales y a las fuerzas mecánicas que el ganado aplica cuando camina sobre el suelo. Esta compactación trae consecuencias negativas, ya que reduce la infiltración de la lluvia, aumenta la erosión del suelo y degrada la vegetación herbácea (Blanco-Sepúlveda y Nieuwenhuyse, 2011). El pisoteo y el estiércol pueden modificar la disponibilidad de recursos resultando en cambios en las jerarquías competitivas (Tahmasebi

*et al.*, 2008). Cuando la carga de ganado es muy alta, se generan parches de suelo desnudo que favorecen la erosión, especialmente en las pendientes (Gurevitch *et al.*, 2006).

Los estudios disponibles presentan resultados opuestos sobre la diversidad vegetal, muestran efectos que van desde positivos, neutros e incluso negativos (Olf y Rithie, 1998; Tahmasebi *et al.*, 2008). Entre los efectos positivos desde una perspectiva de conservación se encuentra el que los herbívoros mejoran la diversidad vegetal debido al consumo directo de las especies de plantas competitivamente dominantes y tienen efectos indirectos sobre la competencia entre las plantas (Olf y Rithie, 1998). En suelos productivos con alta producción de biomasa, los herbívoros pueden disminuir la exclusión competitiva vegetal, por la altura de las especies dominantes de plantas (Tahmasebi *et al.*, 2008). Los efectos de los herbívoros sobre la riqueza de especies de plantas parecen depender del tipo y la abundancia de las especies de herbívoros en un ambiente particular (Olf y Rithie, 1998).

La diversidad vegetal se incrementa cuando los grandes herbívoros domesticados son manejados a una baja capacidad de carga en los pastizales productivos, pero una alta tasa de carga puede ocasionar una disminución en la diversidad (Olf y Rithie, 1998). Adicionalmente, el efecto del pastoreo en la estructura y diversidad de la comunidad depende fuertemente de la escala espacial (Olf y Rithie, 1998). A pequeña escala que corresponde a individuos y sus vecinos inmediatos, se predice que el pastoreo dará como resultado un aumento de la diversidad. A gran escala los modelos predicen una disminución de la riqueza, debido al consumo selectivo de las especies tolerantes al pastoreo dentro del conjunto de especies (Olf y Rithie, 1998). Con un pastoreo intensivo, hay una disminución en la abundancia de las plantas preferidas por el ganado, es decir, de las especies apetecibles y de los pastos nutritivos, que son reemplazados por especies menos comestibles, cambiando drásticamente la composición y la apariencia de la comunidad (Gurevitch *et al.*, 2006; Díaz *et al.*, 2007).

El ganado bovino es un herbívoro generalista selectivo, se alimenta de muchas especies, prefiere algunas y evita otras. Usualmente evita las especies leñosas y con espinas, así como las tóxicas o que cuentan con defensas químicas no tóxicas (Gurevitch *et al.*, 2006; Sánchez, 2013). Esta selección altera la competencia entre las especies y ejerce una presión de selección que favorece a las plantas más leñosas, espinosas y tóxicas, así como a las formas postradas y rastreras con tasas de crecimiento altas, y un cociente brote/raíz pequeño (Gurevitch *et al.*, 2006; Sánchez, 2013). Los herbívoros generalistas buscan alimento siguiendo un esquema jerárquico: moviéndose preferentemente por unos sitios más que por otros dentro del paisaje, visitando preferentemente determinadas manchas de vegetación dentro de los rodales, y finalmente comiendo determinadas plantas individuales dentro de las manchas seleccionadas. Para un

herbívoro generalista se presenta una variada oferta de especies en un mismo parche. No obstante, la probabilidad de que una planta sea comida por un herbívoro no depende sólo de las características intrínsecas, sino de la calidad nutritiva, o abundancia de plantas que crecen en su entorno (Zamora *et al.*, 2004).

Algunas de las teorías sobre el papel de los herbívoros en la configuración de los ecosistemas de praderas o pastizales nativos y matorrales (Sternberg *et al.*, 2000; Havstad *et al.*, 2006), incluyen la hipótesis autogénica (Noy-Meir, 1979), la teoría de la optimización (McNaughton, 1979) y la teoría de gradientes evolutivos de la historia del ganado (Milchunas *et al.*, 1988). También están la teoría sobre características de las plantas adaptadas a los grandes mamíferos herbívoros (Mack and Thompson, 1982), la teoría de defoliación mediada por las sustancias químicas de las plantas (Bryant *et al.*, 1992), y la teoría de grupos de especies que explotan los mismos recursos (Keystone guilds) (Brown y Heske, 1990). Además, se han propuesto varias hipótesis relacionando la intensidad de pastoreo y la biodiversidad (Connell, 1978; Grime, 1979; Grubb, 1986) las cuales convergen en el contexto general de la teoría de dominancia-disturbio (Noy-Meir, 1998).

Con respecto a las plantas herbáceas, las gramíneas son las que se ven más favorecidas por la exclusión de ganado, mientras que las graminoides (Cyperaceae y Juncaceae) y las demás herbáceas, particularmente las anuales, presentan mayor riqueza y abundancia en los sitios pastoreados (Hayes y Holl, 2003; Altesor *et al.*, 2006; Díaz *et al.*, 2007). Estas respuestas positivas de las plantas anuales al pastoreo son más marcadas en los sistemas húmedos (Díaz *et al.*, 2007). Sin embargo, Díaz *et al.* (2007) señalan que las plantas herbáceas no graminoides y las plantas leñosas responden con mayor frecuencia al pastoreo de manera neutra o negativa, y las plantas perennes de una manera negativa. En sitios pastoreados hay una mayor abundancia de plantas pequeñas, postradas y estoloníferas (Milchunas *et al.*, 1988; Díaz *et al.*, 2007), mientras que las especies graminoides cespitosas disminuyen (Díaz *et al.*, 2007) y casi siempre se perjudican los pastos perennes (Milchunas & Lauenroth, 1993). El pastoreo también a menudo favorece a los pastos anuales exóticos, los cuales tienen tasas de crecimiento y de dispersión de semillas más altas que los pastos perennes (Holmes y Rice, 1996). Mientras que en sitios no pastoreados hay una mayor abundancia de especies de crecimiento lento y de mayor tamaño (Milchunas *et al.*, 1988). La biomasa también se ve reducida debido al ganado (Floyd *et al.*, 2003; Díaz *et al.*, 2007). Hayes y Hall (2003) señalan que existe una pérdida proporcional de la biomasa con respecto a la presión del ganado.

La exclusión de ganado es un método útil para el análisis de los efectos que los herbívoros tienen sobre la comunidad vegetal (Baraza y Valiente-Banuet, 2012; Baraza y Valiente-Banuet, 2017). El efecto que el

consumo por herbívoros pueda tener en una especie, depende del impacto de los mismos sobre sus competidoras, de tal modo que la exclusión de los herbívoros puede resultar en un efecto negativo indirecto al aumentar la competencia (González *et al.*, 2007; Schultz *et al.*, 2011; Baraza y Valiente-Banuet, 2012).

### 3.1.3. Interacción ganadería-carbón vegetal

El ganado ejerce efectos tanto positivos como negativos sobre los bosques de encino. Los efectos positivos incluyen: la reducción de la competencia entre los encinos y el material herbáceo (Hall *et al.*, 1992), la reducción del área foliar en las plántulas lo cual contribuye a conservar la humedad en la estación de crecimiento (Welker y Menke, 1990). Al cortar los encinos aumenta la cantidad de forraje (Standiford, 2002). Entre los efectos negativos están: que el ganado consume las plántulas de encinos (Adams *et al.*, 1992; Hall *et al.*, 1992; Swiecki *et al.*, 1997). Del mismo modo el pastoreo puede incrementar la compactación del suelo, causando que el crecimiento de la raíz para el desarrollo de las plántulas de encino sea más difícil (Gordon *et al.*, 1989), y la materia orgánica del suelo puede ser reducida (Figura 4).

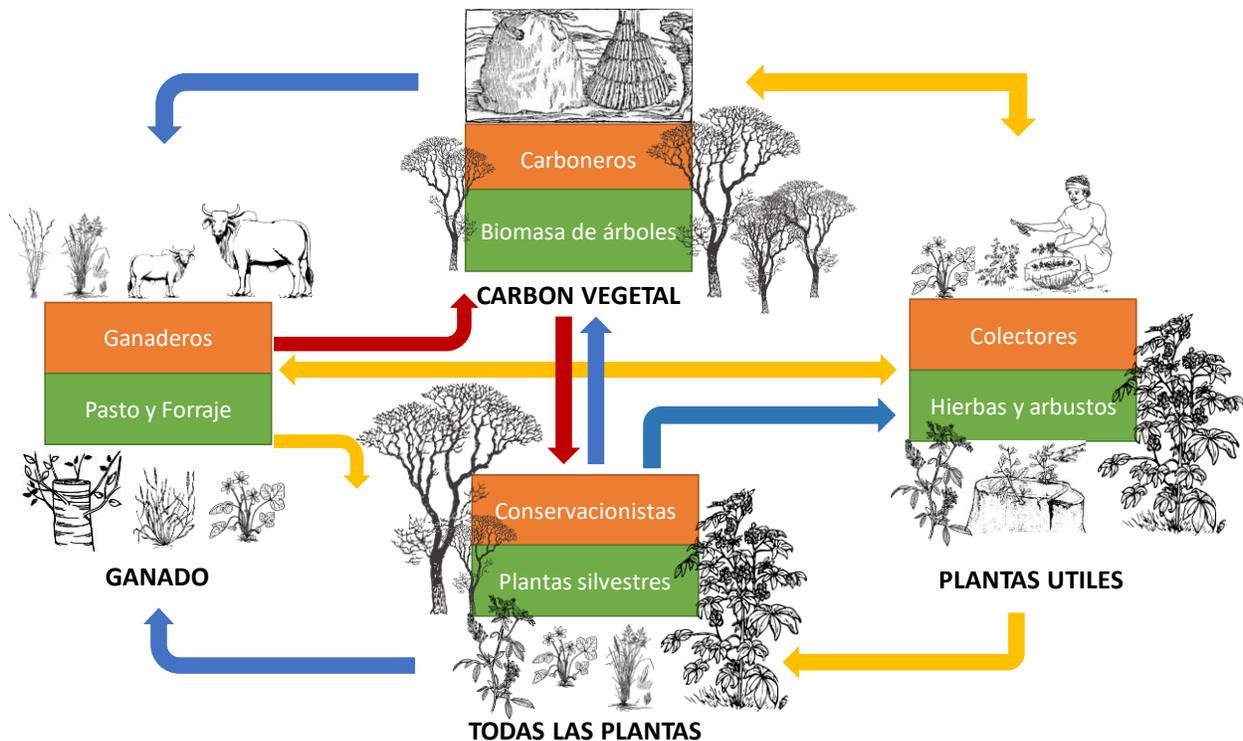


Figura 4. Interacciones potenciales entre los cuatro servicios dentro de un sistema de manejo con preferencia para carbón vegetal, ganado y plantas útiles. Las flechas muestran la dirección hipotética de causa-efecto. La flecha azul asume un efecto positivo (el aumento en la cosecha de biomasa de los árboles genera más forraje para el ganado. La diversidad vegetal favorece la provisión de los otros servicios); La flecha roja asume un efecto negativo (entre más pasto y forraje hay – y más ganado– menos biomasa arbórea puede crecer. Al aumentar la producción de carbón se afecta la diversidad vegetal). La flecha amarilla demuestra un efecto impredecible (la presencia de ganado puede disminuir o incrementar la abundancia de las plantas útiles y la diversidad vegetal, la colecta de plantas útiles puede incrementar o disminuir la biomasa de los árboles o la abundancia de forraje). La evidencia que sustenta estos supuestos se encuentra en el texto. (Ilustración de Tuyeni H Mwampamba).

## 4. Objetivos

### **Objetivo General**

Determinar el efecto del ganado bovino, como parte integral de manejo de bosques para producir carbón vegetal, sobre los distintos servicios ecosistémicos y analizar si su presencia genera sinergias o disyuntivas entre los servicios.

El objetivo general se desglosó en cuatro objetivos particulares:

**Objetivo particular 1:** Evaluar el efecto de la exclusión de ganado en la diversidad, biomasa de plantas del sotobosque (Estratos herbáceo y arbustivo).

**Objetivo particular 2:** Estimar el efecto de la exclusión de ganado sobre la diversidad y biomasa de plantas con algún uso tradicional.

**Objetivo particular 3:** Evaluar la percepción que los ganaderos tienen acerca de la complementariedad entre la producción de carbón vegetal y la ganadería.

**Objetivo particular 4:** Estimar el valor económico de la actividad ganadera en dos áreas: a) áreas en las que se produce carbón vegetal; y en b) áreas en las que no se produce carbón.

## 5. Hipótesis

**Hipótesis para los objetivos particulares 1 y 2.** Al restringir o impedir el ingreso del ganado a las parcelas se espera un efecto sobre ciertos atributos de la comunidad vegetal, específicamente en la diversidad y la biomasa vegetal, así como también en la diversidad y la biomasa de las plantas útiles.

Para ambos objetivos puede suceder que, al restringir el acceso del ganado al predio, el efecto del ganado sobre la biomasa sea negativo, debido a que las plantas dejan de recibir el estímulo para rebrotar. Mientras que el efecto sobre la diversidad puede ser negativo debido a que el ganado deja de forrajear, por lo cual algunas plantas pueden aumentar en altura, disminuyendo la cantidad de luz que llega a nivel del suelo y con ello excluyendo a las especies que son heliófilas.

Por otra parte, el efecto de excluir el ganado sobre la biomasa puede ser positivo debido a que las especies vegetales tienden a aumentar su altura y biomasa debido a la supresión del forrajeo. Mientras que el efecto positivo sobre la diversidad puede deberse a que varias especies que estaban suprimidas pueden establecerse, germinar o ser más abundantes. Además, dejan de haber factores como el pisoteo, que afectan el establecimiento vegetal. En cuanto a los pastos y especies palatables, éstas aumentarán su abundancia y biomasa al suprimir el ganado.

**Hipótesis para el objetivo particular 4.** Bajo el supuesto de que los individuos son maximizadores de sus beneficios, los ganaderos tenderán a mantener y a manejar su ganado en los sitios donde obtengan más ganancias. Al obtenerse más beneficios en la época de lluvias, los ganaderos tenderán a ingresar al ganado durante esta época en los predios donde hay encinos o se produce carbón vegetal.

## 6. Método

### 6.1. Acercamiento metodológico general

Las actividades de producción de carbón vegetal, la provisión de forraje para el ganado y la colecta de plantas útiles, son parte de las relaciones que componen al sistema socioecológico de aprovechamiento de los bosques de encino, en el que se reconocen tres grandes subsistemas: 1) el ecológico que tiene que ver con los encinares donde se obtiene la madera para producir carbón vegetal y que junto con los pastizales son los lugares donde se alimenta el ganado y se extraen las plantas útiles; 2) los carboneros, los ganaderos y los usuarios de plantas útiles en sus contextos sociales; y 3) el económico en el cual los carboneros, los ganaderos y algunos colectores de plantas útiles se relacionan con el mercado. Para poder tener una mejor comprensión de este sistema, el presente trabajo se desarrolló mediante un enfoque interdisciplinario: desde la perspectiva de la ecología en el método de la exclusión de ganado y el muestreo de la vegetación y desde la perspectiva de la economía ecológica en el diseño, implementación y análisis de las entrevistas con los ganaderos (Tabla 1).

*Tabla 1. Servicios ecosistémicos estudiados y su abordaje*

<b>Servicio Ecosistémico</b>	<b>Tipo general de servicio</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Instrumento metodológico</b>	<b>Indicadores</b>
<b>Diversidad vegetal</b>	Cultural	1	Muestreo de vegetación	Diversidad de las plantas presentes en las parcelas de exclusión.
	Soporte	1	Muestreo y colecta de biomasa	Biomasa de las plantas presentes en las parcelas
<b>Forraje</b>	Provisión	2	Entrevista semi-estructurada y taller	Nombre de las especies de las cuales el ganado se alimenta
		2	Muestreo de la vegetación	Diversidad y biomasa de las plantas consumidas por el ganado
		3, 4	Entrevista semi-estructurada	Costos e ingresos obtenidos por ganado.
<b>Plantas útiles:</b> plantas medicinales, ornamentales, comestibles.	Cultural	2	Entrevista semi-estructurada y taller. Recorridos	Nombre y uso de las especies que son útiles para la gente.
	Provisión	2	Muestreo de la vegetación	Diversidad y biomasa de las plantas útiles

## 6.2. Descripción de los servicios ecosistémicos estudiados

### Servicio Ecosistémico 1: Diversidad vegetal

La biodiversidad está relacionada a los servicios ecosistémicos a través de una variedad de mecanismos que operan a diferentes escalas espaciales (Mace *et al.*, 2012; Balvanera *et al.*, 2016b). La diversidad vegetal regula el estado, las tasas y en muchos casos la estabilidad de los procesos ecosistémicos fundamentales para muchos servicios ecosistémicos (Quijas *et al.*, 2010; Balvanera *et al.*, 2016b). En las áreas manejadas para producir carbón vegetal hay diversas plantas, muchas de ellas sin una utilidad conocida por los habitantes locales. Sin embargo, la presencia de estas plantas y el hábitat que generan está reconocido como un servicio ecosistémico apreciado por su valor intrínseco, especialmente para los conservacionistas (Oksanen, 1997; Ghilarov, 2000; Justus *et al.*, 2009; Mace *et al.*, 2012). También la diversidad vegetal es apreciada tanto por el disfrute estético como por la identidad (Mace *et al.*, 2012; Balvanera *et al.*, 2016b). En este trabajo se consideró la diversidad de las especies herbáceas y arbustivas (Servicio cultural y soporte) y la biomasa (servicio de soporte).

### Servicio Ecosistémico 2: Forraje

La provisión de forraje es un servicio clave del sistema de manejo ganadero (Trilleras *et al.*, 2015). Se define como forraje a todos los tejidos vegetales y los granos que crecen en aquellos tipos de vegetación pastoreados, así como las pasturas que se cultivan en los campos agrícolas para alimentar al ganado. El suministro es la cantidad de biomasa disponible como forraje (tanto pastura como forraje). El valor económico de ese servicio es dado el precio del mercado del forraje (Balvanera *et al.*, 2016b). En este estudio lo consideramos como la cantidad de biomasa herbácea aérea.

El forraje es consumido por el ganado, que son todos los animales de los cuales se obtienen diversos productos como son: la carne, la leche, la piel, entre otros. La entrega consta de la producción total de carne, leche, y otros productos ganaderos, así como la proteína cruda de todos los productos ganaderos. La contribución al bienestar, es el porcentaje de la población dependiente de la ganadería para obtener ingresos o alimento, y trabajo derivado de esta actividad. El valor económico es el precio del mercado de todos los productos derivados de la ganadería (Balvanera *et al.*, 2016b).

### Servicio Ecosistémico 3: Plantas útiles (plantas medicinales, comestibles y ornamentales)

Los bienes silvestres son todos los bienes recolectados o cosechados de los ecosistemas, como son las plantas medicinales, comestibles y ornamentales. El suministro es la biomasa o abundancia de todo lo que potencialmente sea un producto cosechable silvestre, ya sea como medicina o como alimento u

ornamento (Balvanera *et al.*, 2016b). En este estudio consideramos la identidad y el uso de plantas útiles (Servicio cultural), y la diversidad y biomasa de las plantas con algún uso tradicional (servicio de provisión).

### 6.3. Zona de estudio

Este estudio se realizó en la Cuenca de Cuitzeo, localizada en la Faja Volcánica Transmexicana (19°30'-20°05'N; 100°35'-101°30'W). La cuenca comprende un área de 4,026 km<sup>2</sup>, incluyendo 23 municipios del estado de Michoacán y cinco del estado de Guanajuato. El rango altitudinal varía entre 1,830 y 3,420 msnm (Aguilar *et al.*, 2012). El clima es templado sub-húmedo con lluvias en verano. Las características climáticas varían dependiendo de la altitud. La temperatura promedio en las partes altas es de 10°C, de 15°C en las partes medias y de 20° en las partes bajas. La precipitación promedio anual en las partes altas es de 1,500 mm, de 1,000 en las partes medias y de 600 mm en las partes bajas; los meses más lluviosos van de julio a septiembre, y los más secos de noviembre a abril (Leal-Nares *et al.*, 2010; Mendoza *et al.*, 2010, Figura 5).

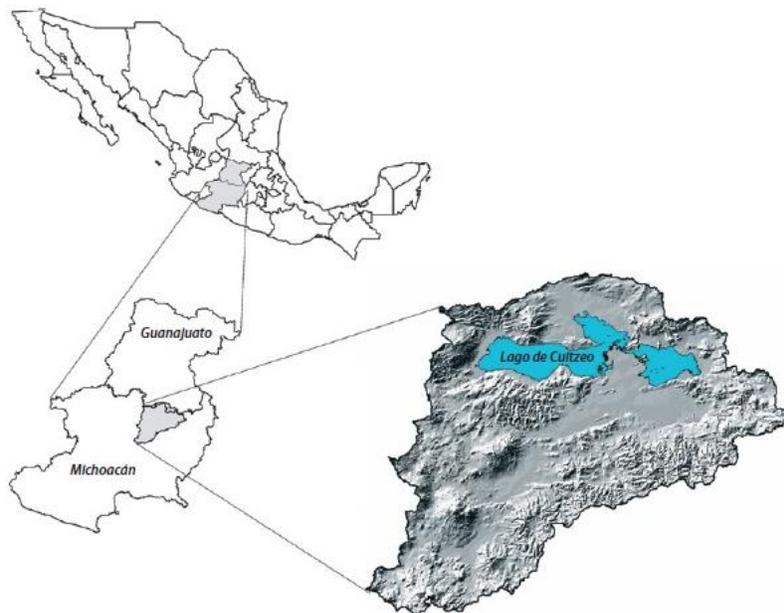


Figura 5. Localización de la zona de estudio (Tomado de Carlón y Mendoza, 2007).

#### 6.3.1. Vegetación y uso de suelo

La cuenca de Cuitzeo presenta entre ocho y 14 tipos de vegetación (Bocco *et al.*, 2012; Maza-Villalobos *et al.*, 2014). De acuerdo con la superficie que ocupan en la cuenca, el matorral subtropical es el tipo de vegetación dominante (24%), seguida de bosque de pino-encino (13%), el bosque de encino (7%), el bosque de pino (1%), y el bosque de oyamel (0.1%). El bosque de encino en la cuenca presenta un grado alto de alteración debido a la tala y a los incendios, lo que dificulta determinar si se trata de vegetación

primaria o secundaria (Bocco *et al.*, 2012). Las especies más comunes son *Quercus crassipes*, *Q. deserticola*, *Q. obtusata*, *Q. glaucooides*, *Q. obtusata*, *Q. castanea* y *Q. resinosa*. Estos bosques en la cuenca se desarrollan entre los 2,000 y 2,6000 msnm, en donde se intercala formando mosaicos con el pastizal, matorral subtropical y el bosque de pino. Debido al cambio de uso de suelo de ecosistemas naturales a agricultura, los campos agropecuarios (40%) son un elemento importante del paisaje (Bocco *et al.*, 2012; Maza-Villalobos *et al.*, 2014). A pesar de la conversión, en la cuenca han sido registradas alrededor de 2,359 especies de plantas vasculares (Bocco *et al.*, 2012).

### 6.3.2. Condiciones sociales

En cuanto a la población humana, en el año 2005 era de 1,213,120 habitantes distribuidos en 387 comunidades, siendo Morelia la de mayor población, que en 2010 contaba con 684 mil habitantes. La población rural la conforman el 29.3% de la población total de la cuenca. La población mixta rural está conformada por el 6% de la población. De los 374 030 habitantes económicamente activos de la cuenca en 2000 (32.2 % del total de la población), 12.1% laboraba en el sector primario, 24.9% en el secundario y 60.2% en el terciario (Sánchez-Salazar y Casado-Izquierdo, 2010a).

### 6.3.3. Producción de carbón vegetal en la Cuenca del lago de Cuitzeo

En la zona de estudio se realiza de manera informal el manejo intensivo de los bosques de encino para la producción de carbón vegetal, tema que ha sido estudiado por diversos autores (p.e. Aguilar *et al.*, 2012; Castillo-Santiago *et al.*, 2013, Camou-Guerrero *et al.*, 2014). La producción de carbón vegetal usando técnicas tradicionales es una de las principales actividades económicas de las comunidades rurales de la cuenca, para la venta en las ciudades como Morelia (Aguilar *et al.*, 2012; Camou-Guerrero *et al.*, 2014; Maya-Elizarrarás y Schondube, 2015). Los bosques manejados para la producción de carbón vegetal tienden a formar paisajes con mosaicos de hábitats complejos y diversos (Maya-Elizarrarás y Schondube, 2015). Por lo general, los paisajes incluyen fragmentos de bosque de diferentes edades, los cuales son generados por la rotación en el corte de la madera entre los parches de bosque (Maya-Elizarrarás y Schondube, 2015). Además de la extracción de madera, otra actividad productiva es la ganadería bovina, que tiende realizarse dentro de estos paisajes de producción de carbón (Maya-Elizarrarás y Schondube, 2015).

### 6.3.4. La ganadería en la Cuenca del Lago de Cuitzeo

En 2005, la importancia económica de la ganadería en la cuenca superaba a la de la agricultura en un 39.32%, con un valor de la producción que alcanza los \$1,287 millones, frente a los \$923 millones de esta

última. Las mayores extensiones dedicadas a la ganadería dentro de la cuenca se ubican en los municipios de Morelia, Zinapécuaro y Pátzcuaro. Morelia aglutina en 10.9% de la población bovina total. La importancia de la producción de leche y carne, ocupan el tercer y cuarto lugar en el conjunto de la cuenca, solo después de la carne de aves y carne de porcino, esto refleja la doble especialización regional en la cría de ganado bovino, también se asocia a la cercanía de centros urbanos importantes como la capital michoacana y otras ciudades del estado de Guanajuato (Sánchez-Salazar y Casado-Izquierdo, 2010b). Actualmente de las 5 millones 883 de hectáreas que constituyen en territorio del estado de Michoacán, casi el 44% se dedica a la producción pecuaria. Sin embargo, la contribución de la ganadería al Producto Interno Bruto (PIB) estatal ocupa el segundo lugar en importancia (Conejo-Nava *et al.*, 2005). En el predio donde se realizó el análisis ecológico, la presencia del ganado durante el primer año fue intermitente, pero durante toda la temporada de lluvias de 2015 (final de junio-final de noviembre) e inicio de la temporada seca (noviembre de 2016) estuvo presente.

#### 6.3.5. Uso de plantas silvestres en la Cuenca del Lago de Cuitzeo

Para la cuenca de Cuitzeo, Rzedowski (2010) estimó un total de entre 2000 y 2200 especies vegetales, de las cuales señaló que probablemente dos terceras partes de los componentes de esta flora tenían algún uso local. Pero si se excluyen las que sólo se aprovechan como forrajeras, melíferas y/o a manera de combustible, esta cantidad se reduce a 25-30%. Mientras que en las comunidades rurales de las sierras altas de la Cuenca de Cuitzeo se consumen y comercializan 160 especies de plantas con flores (Angón *et al.*, 2005).

**Pasos metodológicos.** Para realizar el presente trabajo se siguieron varios pasos, divididos desde dos enfoques. para el enfoque ecológico, primero se realizó un muestreo de la vegetación del predio para generar la línea base, posteriormente se instalaron las parcelas de exclusión de ganado, y finalmente se realizaron los muestreos de la vegetación en dichas parcelas (objetivos 1 y 2). Para el enfoque social y económico se realizó un reconocimiento de la zona de estudio con entrevistas piloto, posteriormente se diseñó la entrevista para los ganaderos, se realizaron pruebas de la misma y se aplicó en las localidades (objetivos 3 y 4).

#### 6.4. Métodos para el objetivo particular 1

Primero para abordar el objetivo particular 1, durante los meses de agosto a octubre de 2014 se realizó un muestreo de la vegetación de un predio de 35 ha. Con la finalidad de elaborar la línea base de las plantas presentes. Posteriormente se realizó la experimentación de las parcelas de exclusión.

### 6.4.1. Elaboración de la línea base del predio

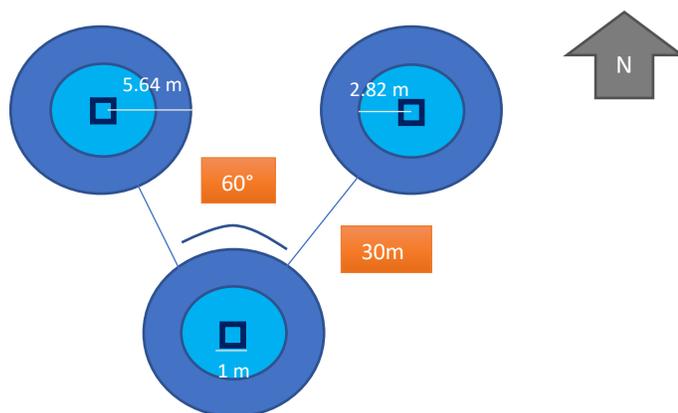
Para el proyecto en el cual se incluye gran parte de esta tesis, el objetivo de realizar la línea base fue tener el estatus sobre la riqueza y la abundancia de las plantas que estaban presentes en el predio antes de que los encinos fueran aprovechados para producir carbón vegetal. La línea base servirá de referencia sobre los cambios que ocurrirán a través del tiempo. También permite caracterizar el predio en términos de vegetación, así como tener un acercamiento al número de especies que se pueden encontrar.

Para el presente trabajo, se utilizó para caracterizar la vegetación y delimitarla por zonas. Para la caracterización se realizó un muestreo sistemático entre los meses de septiembre y octubre de 2014. Con ayuda de una cuadrícula se dividió el predio en cuadrantes de 100 x 200 m. El muestreo se realizó en cada una de las intersecciones que se encontraban dentro del predio, en total fueron 23 puntos (Figura 6).



Figura 6. Mapa del predio con la cuadrícula utilizada para elegir cada sitio a muestrear para la línea base. En color blanco se indican los límites del predio

Para caracterizar cada punto se aplicó el diseño de muestreo utilizado en el INFyS (Inventario Nacional Forestal y de Suelo, modificado de CONAFOR (2010) (T. Mwampamba, *com. pers.*). El diseño está integrado por un conglomerado dentro del cual se localizan tres unidades de muestreo secundarias o sitios, dispuestas en forma de "V" orientada al norte. Las unidades de muestreo secundarias son círculos de 100 m<sup>2</sup> (5.64 m de radio) en cuyo interior se localizan dos sub-sitios, uno circular de 24.98 m<sup>2</sup> (2.82 m de radio) y otro cuadrado de 1 m de lado al interior de este último (Figura 7).



*Figura 7. Método de muestreo utilizado en cada uno de los sitios* Las unidades de muestreo secundarias son círculos de 5.64 m de radio en cuyo interior se localizan dos sub-sitios, uno circular de 2.82 m de radio y otro cuadrado de 1 m de lado al interior de este último.

En cada sitio se registraron tanto a la identidad como la abundancia de las especies de los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo. Para este trabajo solo nos interesó registrar las plantas herbáceas y algunas arbustivas. En las parcelas de 24.98 m<sup>2</sup> se muestrearon los arbustos, y anidado en las parcelas de 1m<sup>2</sup> las hierbas. Las unidades de muestreo secundarias se encontraban separadas 30 m de distancia de la primera, con aproximadamente 60° de separación entre ellas (Figura 7). Se realizaron algunas colectas de ejemplares de plantas que se identificaron posteriormente.

Posteriormente se realizó un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), con la medida de distancia ecológica de Bray-Curtis, en el paquete Vegan del programa R (Oksanen, 2015, R versión 3.2.4), para evaluar si las zonas que habíamos delimitado con la vista satelital tenían una composición florística diferente y se agrupaban dentro de las 3 categorías (Pastizal, Transición, Bosque) (Figura 8).

El predio quedó dividido en tres asociaciones vegetales: bosque de encino denso (13 ha), una zona que se denominó transición (12 ha), es decir donde se mezclan el pastizal y el bosque, además de que el dosel de los encinos es más abierto (Figura 9) y pastizal (10 ha), en esta última zona el pasto no se siembra, está conformado en su mayoría por especies nativas. Hace aproximadamente 42 años fue la última vez que se realizó carbón vegetal en el predio. Desde el año 2014 de nuevo se lleva a cabo el aprovechamiento de los encinos para la elaboración de carbón vegetal. Acompañado de la ganadería bovina durante alguna temporada de año.

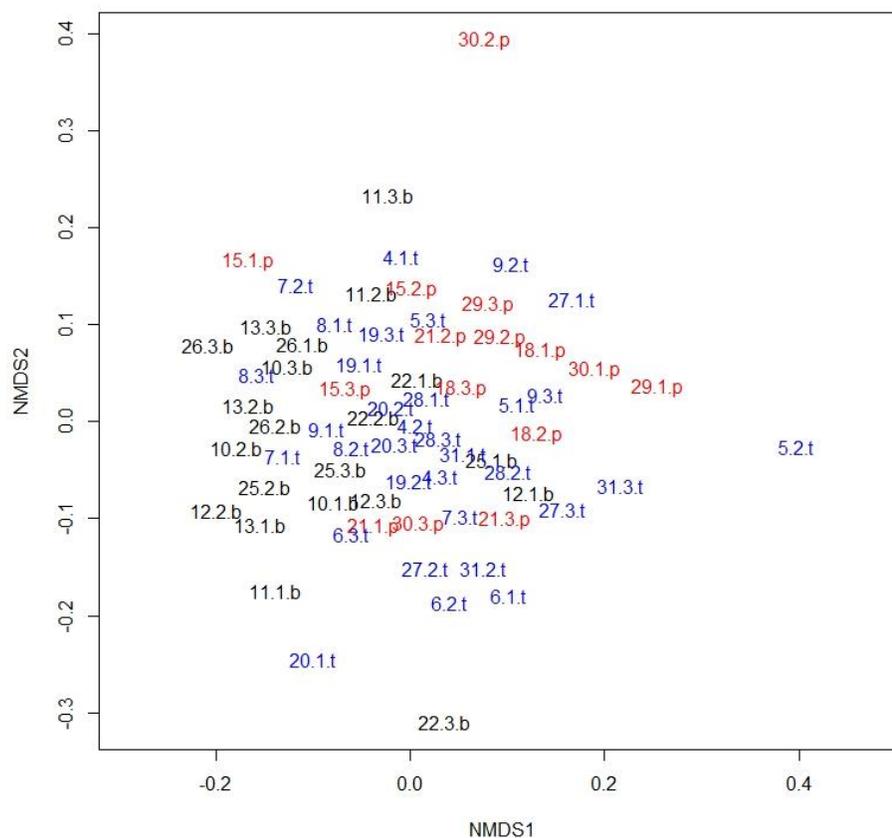


Figura 8. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de la línea base. El color rojo representa las parcelas de la zona de pastizal, el azul las de la zona de transición y las de negro las parcelas de la zona de bosque denso (Stress = 0.19).

#### 6.4.2. Establecimiento de las parcelas de exclusión (objetivo particular 1)

Para probar el efecto del ganado se realizó un diseño experimental anidado, en el que se establecieron parcelas con y sin exclusión de ganado en cada uno de los nueve sitios. Los sitios se distribuyeron entre los tres tipos de asociación vegetal (Pastizal, transición y bosque de encino denso), con tres sitios por asociación (Figura 9). El tamaño de las nueve parcelas varió, tres midieron 5 x 10 m (50 m<sup>2</sup>) y seis 10 x 10 m. Las parcelas se cercaron con dos hileras de alambre de púas para evitar la entrada del ganado (Parcela de exclusión). Contiguo a las parcelas se delimitó por medio de unas estacas de madera una zona con las mismas medidas, siendo la zona en la cual el ganado vacuno se alimenta (Parcela de no exclusión). Sin embargo, las parcelas de la zona de transición y bosque se instalaron después de que fueron aprovechados los encinos para elaborar carbón vegetal (Tabla 2). La fecha de realización de los muestreos coincidió con alguna de las dos temporadas del año, temporada seca (noviembre-mayo) y temporada de lluvias (junio a final de noviembre).

Tabla 2. Fechas de instalación y de muestreo de las parcelas

Tipo de vegetación	Fecha de instalación de la parcela	Mes de muestreo			
		2014	2015		2016
		Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4
Pastizal	27-oct-2014	Nov-Dic	Abr	Oct	Abr-May
Pastizal	10-nov-2014	Nov-Dic	Abr	Oct	Abr-May
Pastizal	15-dic-2014		Abr	Oct	Abr-May
Transición	23-ago-2014	Nov-Dic	Abr	Oct	Abr-May
Transición	19-feb-2015		Abr	Oct	Abr-May
Transición	24-oct-2015			Oct	Abr-May
Bosque	15-may-2015		May	Oct	Abr-May
Bosque	27-jun-2015		Jun	Oct	Abr-May
Bosque	27-jun-2015		Jun	Oct	Abr-May

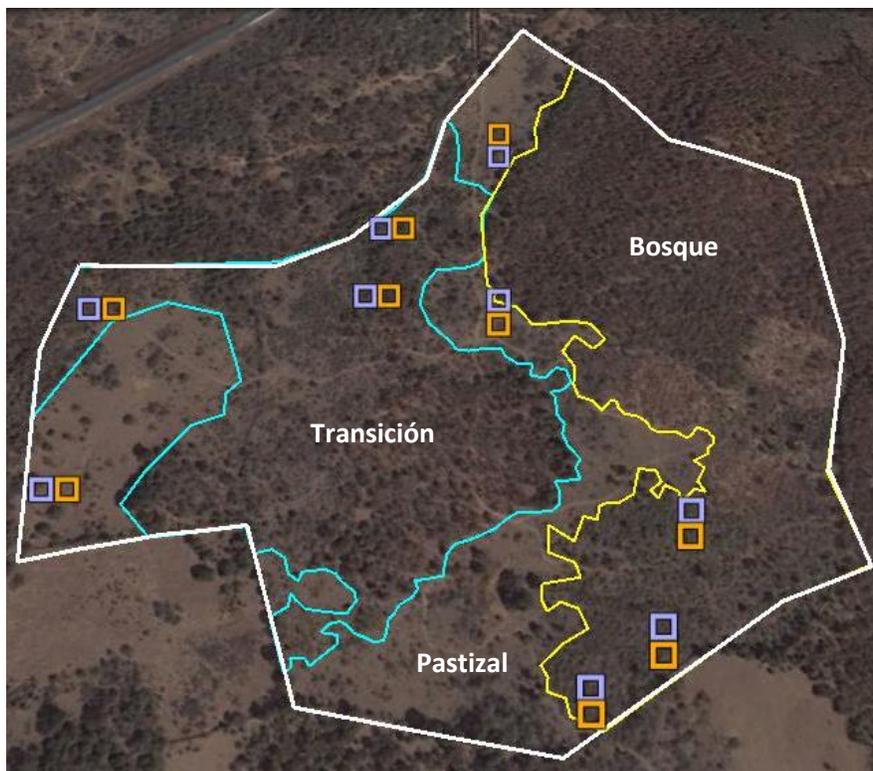


Figura 9. Predio donde se realizó el estudio ecológico. Se indican las tres zonas en las que quedó dividido el predio, también se muestra la localización de las parcelas excluidas y no excluidas (Elaborado en Google Earth 7.1.7).

### 6.4.3. Riqueza y abundancia de las especies de plantas

Al interior de cada parcela tanto excluida como no excluida, se establecieron aleatoriamente 4 cuadros de 1 m<sup>2</sup> (Figura 10), en los cuales se tomaron datos de la identidad y abundancia de cada una de las especies de hierbas y arbustos que estaban presentes. En el caso de las plantas gramínoideas o que crecen postradas, se consideró la cobertura. Esos mismos cuadros fueron muestreados en cada uno de los muestreos

mencionados en la Tabla 2. Afuera de las parcelas se colectaron ejemplares de algunas de las especies, también se tomaron fotografías, que posteriormente fueron identificadas con literatura especializada, como son: la guía de la flora del Cerro del Águila, Morelia (Cornejo-Tenorio e Ibarra-Manríquez, 2011), el inventario florístico del cerro El Águila (Cornejo-Tenorio *et al.*, 2013), claves taxonómicas de la Flora del Bajío y Regiones Adyacentes (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 1985-2013), páginas electrónicas (Jstor.org; Tropicos.org), consulta de los ejemplares del Herbario Nacional de México (MEXU) del Instituto de Biología de la UNAM y consulta con especialistas en la vegetación de la región (Ver agradecimientos). La nomenclatura botánica está de acuerdo con Cornejo-Tenorio *et al.* (2013).

Con los datos de riqueza y abundancia de las especies de plantas se calcularon los siguientes índices de diversidad por cada parcela y por cada muestreo:

El índice de Shannon ( $H'$ ) expresa la uniformidad a través de todas las especies de la muestra. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de  $S$  (la riqueza), cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 2004). Para su cálculo se utilizó el logaritmo natural.

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Por otra parte, el índice de diversidad de Simpson es obtenido del inverso de  $D$ , índice de Simpson (Dominancia), su fórmula es:

$$D = \sum p_i^2$$

Donde  $D$  es el índice de Simpson, y  $p_i$  es la proporción de individuos de cada especie. Este índice mide la probabilidad de que dos individuos tomados al azar sean de la misma especie. Por lo que  $1/D$  toma valores de 1 a  $S$ , el número de especies en la muestra. Está influido por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 2004).

El índice de equidad de Pielou ( $J$ ), mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, donde 1 se refiere a situaciones en las que todas las especies son igualmente dominantes (Magurran, 2004).

$$J = H' / \ln(S)$$

#### 6.4.4. Biomasa de plantas

Con el fin de elegir los cuadrantes de los cuales se tomaría la biomasa, se estableció una cuadrícula (Figura 10). En cada muestreo se recolectó la biomasa de diferentes cuadrantes (Tabla 3). En cuatro cuadrantes, de 50 x 50 cm cada uno, se cortó al ras de suelo la vegetación que se encontraba presente, se separó la biomasa por morfoespecie (gramíneas y graminoides en una misma muestra, y por separado cada especie de hierbas y arbustos), cada muestra se colocó en bolsas de plástico herméticas, se transportó al laboratorio y posteriormente se colocó en bolsas de papel estraza, se secó en un horno a 80°C por 48 horas, y posteriormente se obtuvo el peso seco.

Tabla 3 Cuadrantes donde se realizó el muestreo de biomasa

Número de muestreo	Cuadrantes de biomasa
1	Otros cuadrantes no señalados en la figura
2	17, 21, 24, 34
3	5, 9, 22, 28
4	10, 12, 13, 32

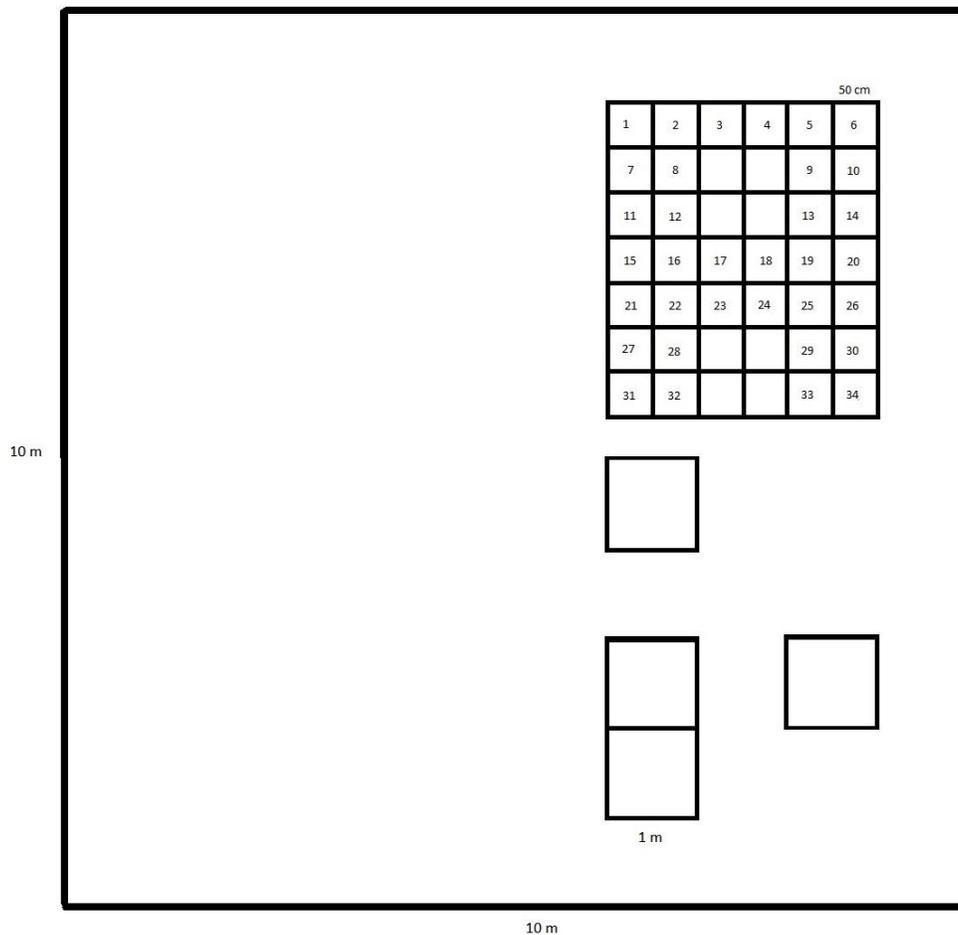


Figura 10. Muestreo de las parcelas. Se muestran los cuadrantes en los que se tomaron las muestras de biomasa (parte superior, 50 x 50 cm) y los datos de las identidad y abundancia de las especies (parte inferior 1 x 1 m)

## 6.5. Reconocimiento de las plantas útiles (Objetivo particular 2)

En mayo de 2016 se realizaron tres entrevistas-talleres, con tres ganaderos y usuarios de plantas útiles, así como también con un colector de plantas útiles, para identificar las plantas que tienen algún uso tradicional en la zona de estudio. En cada taller se mostraron cada uno de los ejemplares herborizados, complementándolos con fotografías tomadas en campo, así como la guía de la flora del Cerro del Águila (Cornejo-Tenorio y Ibarra-Manríquez, 2011). Con cada una de los ejemplares, fotografías e imágenes, las personas nos iban contando: el nombre común, así como su uso tradicional (forraje, tóxico para el ganado, medicamento para el ganado, medicinal, ornamental, comestible, y cultural (Anexo 1) y en algunos casos también la forma en que se administraba el tratamiento o de su consumo.

De los datos obtenidos durante los muestreos de diversidad y biomasa del objetivo particular 1, se separaron las especies que fueron mencionadas como útiles en dos grupos: uno conformado por las plantas útiles para los humanos (medicinales, ornamentales, alimenticias) y otro solo de las forrajeras.

## 6.6. Análisis ecológicos para los objetivos particulares 1 y 2

Con los datos de la abundancia de las especies encontradas en las parcelas de control y tratamiento, se realizó una curva de rarefacción de especies, en el programa Estimates 9.1.0 (Colwell, 2013). Con cada muestreo fue incrementando el número de individuos registrados. Se utilizó como variable independiente el número de individuos del conjunto de especies, y como variable dependiente la riqueza de especies (*Sobs*).

Con el fin de evaluar patrones de cambio en la abundancia, composición y dominancia de las especies a través del tiempo se realizaron curvas de rango-abundancia para cada una de las zonas con las que cuenta el predio, y por cada uno de los muestreos realizados en las dos temporadas del año. Las curvas fueron elaboradas graficando en el eje vertical el logaritmo de la abundancia de cada especie en función de su rango de abundancia en cada asociación vegetal (Feinsinger, 2004). Se realizó una exploración gráfica de la abundancia relativa de las especies más abundantes en las diferentes asociaciones vegetales para identificar la afinidad por algún tratamiento y cómo cambia a través del tiempo.

Para poner a prueba el efecto de la asociación vegetal (bosque denso, transición o pastizal) y de la exclusión del ganado sobre los atributos de la comunidad vegetal (biomasa, riqueza de especies y diversidad), se ajustaron modelos lineales mixtos. En éstos se incluyeron como factores fijos la asociación vegetal y la exclusión del ganado, así como el tiempo transcurrido como covariable (Figura 11). Se incluyó tanto un efecto lineal como un efecto cuadrático de la variable tiempo, con el fin de modelar

adecuadamente la tendencia temporal no lineal observada en los datos. El modelo ajustado incluyó la interacción entre todos los factores fijos puesto que el efecto de exclusión del ganado podía cambiar a través del tiempo y depender de la asociación vegetal. Dado el diseño experimental empleado, se incluyeron como efectos aleatorios en el modelo, el sitio y el tratamiento de ganado anidado en el sitio. Los efectos aleatorios fueron definidos con respecto a la variable tiempo (Figura 11). Los modelos fueron ajustados empleando las funciones `lmer` y `glmer` de la librería `lme4` para R (Bates *et al.*, 2015).

Con el fin de identificar los factores relevantes para explicar las variables de respuesta se empleó un procedimiento de reducción de modelos usando criterios de información (Anderson, 2008). Para cada variable de respuesta se ajustaron modelos usando todas las combinaciones posibles de subconjuntos de los factores fijos. Los mejores modelos (aquellos para los cuales hay mayor evidencia a su favor) son aquellos que minimizan el valor del criterio de información de Akaike modificado para muestras pequeñas (AICc). Los factores aleatorios fueron puestos a prueba siguiendo el mismo procedimiento. La reducción de modelos se realizó empleando la función `dredge` de la librería `MuMIn` para R (Barton, 2016).

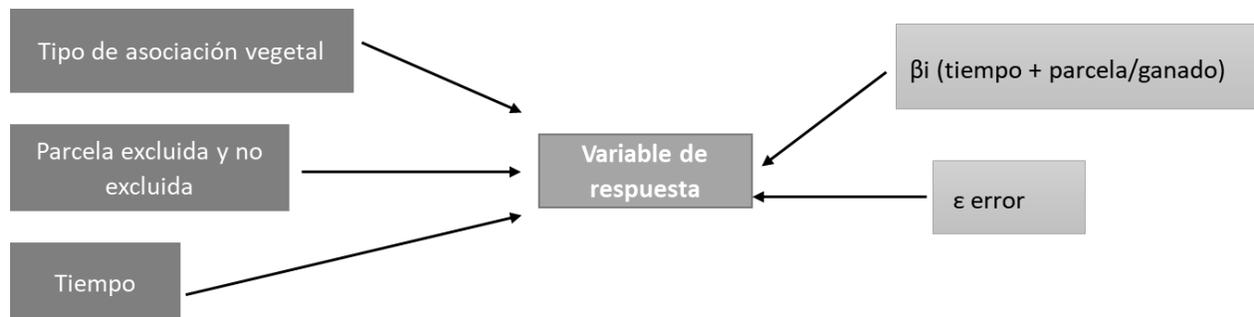


Figura 11. Factores que influyen en la variable de respuesta

Con el fin de cumplir con los supuestos de homogeneidad de la varianza y normalidad de los errores, se realizaron las siguientes transformaciones para las variables de respuesta: raíz cuadrada (biomasa), logaritmo (de Inverso de Simpson), y logit (índice de equitatividad). Para la riqueza y biomasa de plantas útiles se emplearon modelos lineales mixtos generalizados con distribución Poisson y Gamma, respectivamente. Para la riqueza de especies el modelo incluyó el término aleatorio (1|id) para eliminar la sobre dispersión de los datos. Las gráficas de cada una de las variables se realizaron con el modelo promedio basado en AIC (Anexos 2 y 2.1).

## 6.7. Diseño del Cuestionario (objetivos particulares 3 y 4)

Se diseñó un cuestionario para obtener información precisa y detallada sobre las características del manejo de la tierra que se dedica simultáneamente a actividades de ganadería y de producción de carbón vegetal. El cuestionario se diseñó con el objetivo de obtener información sobre ciertos aspectos relacionados con el patrón de uso y el patrón consumo de recursos naturales por ganaderos en la zona de estudio. Las preguntas permitieron recabar información relacionada con el manejo que se le da al ganado dentro de estos predios, es decir, cuánto tiempo estaban en un terreno determinado y como era la rotación del ganado entre los terrenos durante un período de un año. Este instrumento también permitió conocer cuáles eran los principales acuerdos o conflictos que tenía el ganadero con otros actores del sistema ganadero (ej. dueños de los predios, carboneros, colectores de plantas útiles) pues estos acuerdos o conflictos podrían tener repercusiones para los costos y/o podrían tener implicaciones para el manejo del ganado y del bosque. El instrumento también admitió generar información que permitió conocer a detalle todos los gastos anuales y actividades en los cuales incurrió el ganadero para mantener a su ganado (objetivo 4); por último, el instrumento facultó conocer la percepción de los ganaderos acerca del efecto que tiene el ganado en los bosques, y también sobre su percepción con respecto a la producción de carbón vegetal, ya que esto pudo haber influido en las decisiones del manejo ganadero y en la elección, o no, de llevar su ganado a pastar en sitios donde se produce carbón vegetal (objetivo 3).

El cuestionario se dividió en ocho secciones que se explican brevemente a continuación. La entrevista puede consultarse en el Anexo 3 de esta tesis. Se inició con una pequeña presentación que introducía a los entrevistadores como estudiantes de la Universidad y explicaba brevemente el motivo de la entrevista, asegurando el anonimato de las respuestas, y asegurando que éstas serían tratadas confidencialmente.

La primera parte incluía preguntas para asegurar que, el entrevistado cumplía con las características para formar parte de la población relevante para este estudio; por ejemplo, si se trataba de propietarios de ganado que solían tener su ganado libre en el campo por lo menos una temporada del año (temporada de lluvia y temporada seca) y también que fueran usuarios de terrenos que reunían las características físicas para producir carbón, es decir contar con predios donde habían encinos y/o se produce o produjo carbón.

La segunda y tercera sección recopilaban información específica sobre tres aspectos principalmente: a) Principales características del ganado (cantidad total de ganado según el tipo, raza a la que pertenecía el ganado, principales productos que se obtienen del ganado, si habían sido víctimas de robo de ganado y la manera de afrontarlo, principal alimentación del ganado, entre otras.); 2) Características físicas de la superficie destinada al uso de ganado y su manejo (régimen de tenencia de la tierra, distancia desde los

hogares hasta los potreros, superficie total que usaban para el pastoreo del ganado, rotación del ganado,...); c) Características del individuo en relación al ganado (tiempo que dedicaban al cuidado del ganado y otros cuidados).

La cuarta sección abordaba aspectos sobre los posibles acuerdos que tenía el ganadero con el dueño o dueños de los predios que usaba para llevar su ganado, en el caso de que los terrenos fuesen rentados, o bien, si fueron terrenos prestados. Además, se hacía referencia a otras actividades que podían desarrollarse simultáneamente en los mismos predios que ellos utilizaban para llevar su ganado - enfatizando el uso para producción de carbón vegetal-. En la quinta sección se preguntó sobre su percepción (desde el punto de vista de un ganadero) sobre la influencia que podía generar la producción de carbón en los mismos terrenos que ellos usaban para llevar el ganado o bien, para el crecimiento de algunas plantas que tienen un uso específico. Esta sección fue utilizada para el objetivo particular 3.

La sexta sección constó de una descripción detallada del costo monetario anual que suponía el cuidado del ganado como su alimentación y gastos relacionados con la seguridad o medidas de higiene y sanitarias del ganado, la periodicidad de cada una de las actividades que realizó el ganadero para mantener a su ganado y también sobre el uso potencial de plantas medicinales para el ganado. La sección 7 capturaba otros ingresos recibidos por parte del gobierno como es el caso de subsidios o algún apoyo recibido para alguna actividad específica.

La última sección fue la dedicada a la información sociodemográfica de los individuos entrevistados, que incluía su edad, género, nivel máximo de escolaridad, número de integrantes en el hogar, nivel de ingresos, entre otros. Para poder obtener este cuestionario fue necesario hacer pruebas de cuestionarios preliminares que se detallan a continuación.

#### **6.7.1. Aplicación del cuestionario (objetivos particulares 3 y 4)**

Al inicio del año 2015 se visitaron las localidades productoras de carbón vegetal de la Cuenca de Cuitzeo que se habían identificado previamente con base en Caballero (2015), y se entregaron cartas a los jefes de tenencia con el fin de que conocieran los motivos por los cuales estábamos visitando las localidades. En este mismo periodo, se realizaron 14 entrevistas preliminares con ganaderos de siete comunidades (Cuto de la Esperanza, El pino, La Tuna, Jerécuaro, Resumidero, San Bernabé, Zajo Chico, Figura 12). El objetivo de las entrevistas fue la identificación de las variables relevantes a considerar en el diseño del cuestionario y otras características relacionadas con la percepción de la población relevante para este estudio.

En el segundo trimestre del año 2015 se obtuvo la primera versión de la entrevista, misma que se envió a varios investigadores expertos en el tema, para tener la posibilidad de mejorar la redacción de las preguntas, de acuerdo con sus sugerencias. Tras varias pruebas de campo y algunas modificaciones, se obtuvo otra versión del cuestionario al inicio del segundo semestre del mismo año. En el último semestre se realizó la prueba piloto con algunos ganaderos, tras lo cual se ajustaron detalles para obtener la versión final del cuestionario.

### 6.7.2. Selección del entrevistado

Para seleccionar a los ganaderos entrevistados, se preguntaba a actores clave como los jefes de tenencia de la tierra y en ocasiones se preguntaba al último entrevistado si tenía un conocido o familiar que tuviese ganado en terrenos donde se producía carbón vegetal. Además, se abordaba a algunos ganaderos directamente al encontrarlos en el camino y se les preguntaba si tenían ganado en sitios con encinos y/o donde se producía carbón vegetal. Algunas veces se recurrió a la tienda de la comunidad y otras veces se aplicó la técnica de bola de nieve, para localizar más ganaderos. El muestreo “bola de nieve” consiste en que un informante clave puede identificar e introducirnos con otros informantes clave (Castillo y Peña-Mondragón, 2015).

Las entrevistas fueron realizadas por tres personas, de los cuales dos eran estudiantes que recibieron un entrenamiento previo. El entrenamiento duró aproximadamente dos horas y este en tiempo se resolvieron algunas dudas relacionadas con algunas preguntas y con el tipo de entrevista que se aplicaría. Cada semana se concretaban reuniones con los entrevistadores para resolver nuevas dudas o aclarar preguntas ante problemas que surgieron durante la fase de aplicación de las entrevistas y discutir las soluciones potenciales ante cada situación.

Cada entrevista realizada con los campesinos tuvo una duración aproximada de 30 minutos. Las entrevistas se realizaron de forma personal en el sitio donde se contactaba al ganadero, que podría variar entre la casa de los entrevistados, en el camino, en los predios donde pasteaban sus vacas o donde se encontraban reunidos por alguna actividad laboral, como fue durante el sacrificio de una vaca. La muestra se compone de un total de 100 entrevistas a ganaderos de 18 comunidades situadas en la Cuenca de Cuitzeo, zona donde se elabora carbón vegetal tradicionalmente (Figura 12).

Todas las entrevistas realizadas durante el trabajo de campo fueron grabadas principalmente con teléfonos móviles, previo consentimiento de cada uno de los ganaderos entrevistados. Las entrevistas se

realizaron de lunes a domingo en un horario de 10 a 14 horas y se retomaba el trabajo de campo después de las 18 horas hasta que el horario de los ganaderos lo permitía.

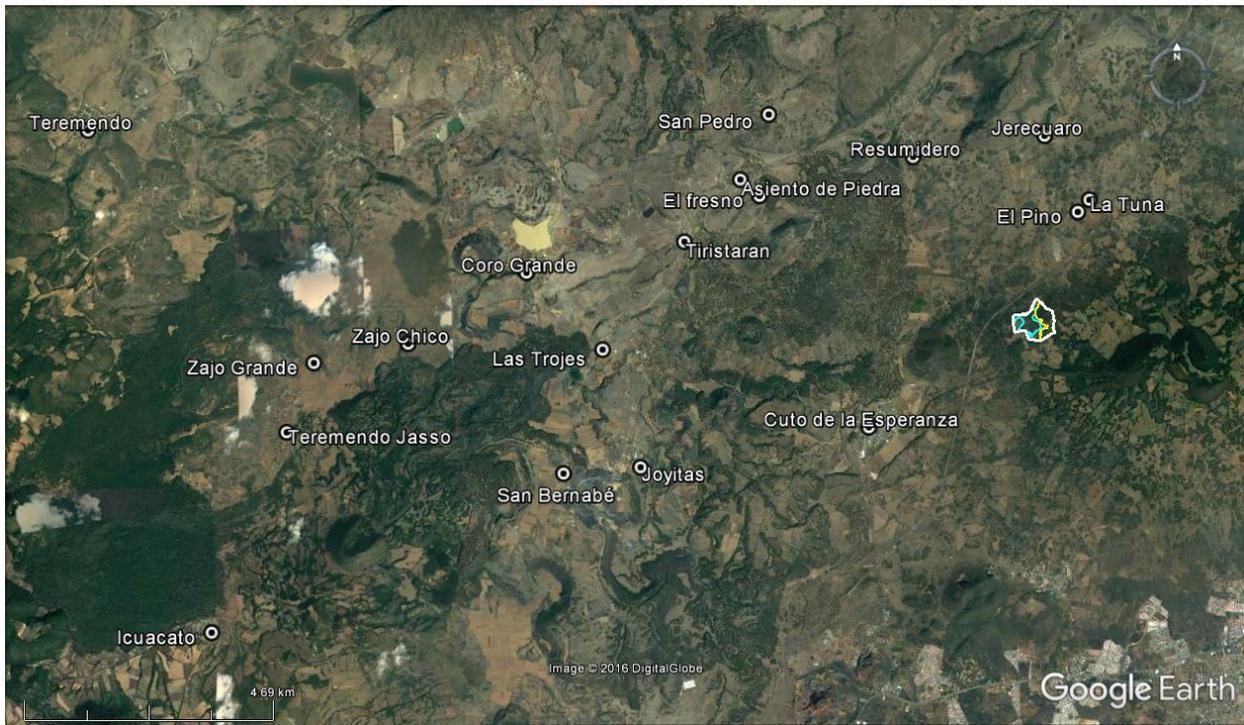


Figura 12 Localidades de la Cuenca de Cuitzeo donde se realizaron las entrevistas (Zona donde se elabora carbón vegetal en la Cuenca) También se observa el predio donde se realizó el muestreo de vegetación. Elaborado en Google Earth 7.

#### 6.8. Manejo de datos y análisis de la información de las entrevistas (objetivos particulares 3 y 4)

Todas las respuestas a las entrevistas se vaciaron en un formulario de Google Forms, y posteriormente la hoja de cálculo fue exportada al programa Excel de Microsoft Office. Es necesario resaltar que la mayor parte de la información obtenida a partir de las respuestas es de carácter cuantitativo, por lo que este programa permitió tener un orden sistemático y facilitó el análisis.

Para el análisis de datos según el método de precios de mercado se siguieron dos pasos: Primero, todas las cantidades capturadas, fuesen costos o ingresos, se convirtieron a unidades de consumo o producción anual. Para esto se recurrió a la información del cuestionario que indicaba la periodicidad y los meses de principal consumo o producción de cada bien. El segundo paso consistió en convertir esas unidades anuales de consumo o producción a unidades monetarias. Esta conversión se realizó tomando en cuenta los precios de mercado en el área de estudio para cada insumo o producto registrado en el cuestionario. Para ello, se realizaron preguntas en los mercados locales que se visitaban con frecuencia para verificar si

había fluctuaciones en los precios y también se complementó con información de precios de productos o insumos obtenida en las entrevistas preliminares.

Una vez que todos los registros correspondían a unidades monetarias (pesos del año 2016) en un periodo de un año se hizo la distinción entre las variables que correspondían a costos de aquellas que hacían referencia a ingresos y con esa distinción se creó una nueva matriz. Finalmente, se crearon dos Submuestras que permitiera distinguir entre los beneficios de aquellos usuarios que habitualmente ingresaban su ganado en áreas donde se produce carbón vegetal y de aquellos que lo hacen en superficies en las que no se produce carbón vegetal. En las siguientes secciones las sub-muestras quedarán denotadas como Submuestra A para referirse aquellos productores que llevan su ganado a superficies en las que simultáneamente se produce carbón vegetal, y Submuestra B para aquellos productores que llevan su ganado a áreas donde no se produce carbón vegetal.

#### 6.8.1. El estudio de las percepciones sociales sobre la naturaleza (Objetivo 3)

El análisis de las percepciones ambientales implica el entender cómo los grupos humanos construyen imágenes sobre el ambiente que les rodea y cómo le dan significado a su relación con los ecosistemas (Castillo *et al.*, 2005). A partir de un problema se genera un proceso social de comprensión que se va construyendo utilizando, asimismo, información proveniente de los individuos y por distintos medios (Arizpe *et al.*, 1993). Dependiendo de los contextos culturales particulares en los que en este proceso se construyen distintas percepciones sobre las relaciones entre las sociedades y los ecosistemas, se adquieren determinadas posturas, se desarrollan estrategias y se llevan a cabo acciones (Castillo *et al.*, 2009).

A través de las percepciones podemos acercarnos a conocer lo que los grupos sociales piensan sobre los problemas ambientales, cómo comprenden y valoran el mundo natural y como visualizan su responsabilidad y la de otros actores al tratar de resolver un problema o negociar un acuerdo. No obstante, la relación entre los humanos y su naturaleza es cambiante, las percepciones deben verse como imágenes en movimiento (Castillo *et al.*, 2009). De acuerdo con Castillo *et al.* (2009), el análisis y evaluación de las percepciones permite contar con información valiosa para la formulación de estrategias alternativas de manejo de ecosistemas y facilita el proceso de participación social en la toma de decisiones.

Aunado a lo anterior, en los últimos años el análisis de las percepciones sociales sobre el uso de los recursos naturales se ha convertido en una herramienta valiosa para conocer la demanda de servicios que brindan los ecosistemas; ya que comprender cómo las poblaciones perciben y dan valor a los servicios

ecosistémicos es tan fundamental como la comprensión de las funciones ecológicas que subyacen a estos servicios (Briceño *et al.*, 2016).

Las transcripciones de las preguntas abiertas de la quinta sección fueron codificadas revisando línea por línea los textos, creando categorías a medida que surgían para reducir la información a formatos más manejables para su análisis e interpretación.

#### 6.8.2. El Método de Precios de Mercado (Objetivo particular 4)

Para estimar el impacto socio-económico que supone la exclusión de ganado para la población relevante de esta investigación se eligió un método de valoración basado en precios de mercado. El uso de este método permite calcular el valor mínimo (i.e. beneficio mínimo) al cual debe renunciar un agente debido a la restricción del libre acceso a ciertos recursos naturales, en este caso, la renuncia al uso libre del bosque donde también se produce carbón y donde se asume una situación hipotética de excluir ganado temporalmente. Por tanto, la metodología requiere una información precisa y detallada de todos los recursos naturales consumidos y utilizados por los agentes en el período de referencia.

El uso de este método tiene fundamento en la observación de preferencias reales (i.e. decisiones) que los individuos realizan en los mercados. Si asumimos que los agentes son consumidores de recursos naturales es relativamente simple observar los precios de mercado como un indicador del valor de ese recurso. La aplicación de este método que observa precios de mercado es conocido como la Técnica del Comportamiento Observado (Adamowickz *et al.*, 1997), aunque también recibe el nombre de Método del Coste de Oportunidad (Yazhen, 2003) y algunos autores hacen referencia al Método de Precios de Mercado (IIED, 2003). Para efectos de esta investigación la metodología será referida como el Método de Precios de Mercado (MPM). La metodología MPM se ha utilizado con frecuencia para estimar impactos socio-económicos en las últimas décadas porque este método de valoración permite cuantificar de manera directa la magnitud del uso de los servicios ecosistémicos.

Pese a los problemas que presenta el método en las últimas décadas, algunos estudios han aplicado el MPM para identificar los beneficios de los hogares que viven en las proximidades de recursos forestales y que dependen de ellos para subsistir (Peters *et al.*, 1989; Peters, 1996). Otros estudios han utilizado el método para analizar la contribución de las actividades comerciales y el uso de recursos forestales para mitigar las condiciones de pobreza de la población local o bien, para evaluar la contribución de los productos forestales no maderables como medio de subsistencia (Ambrose-Oji, 2003). Bahuguna (2000) aplica el método para evaluar la contribución de un bosque a los ingresos de las familias en India y

Khackelton *et al.*, (2002) utiliza este método para el patrón de uso de los recursos naturales en comunidades rurales en África. Existen otros estudios que han aplicado este método para la valoración de productos forestales específicos como la extracción de leña, de champiñones o plantas medicinales (Balick and Mendelsohn, 1992; Brown, 1992; Evans y Sengdala, 2002; van Dijk *et al.*, 2003).

La aplicación del MPM también se ha aplicado para identificar el coste de oportunidad de hogares que tienen políticas de restricción al acceso a estos recursos. Estos resultados suelen incorporarse a análisis tipo coste-beneficio para identificar el manejo de los recursos naturales más eficientes o bien, para evaluar potenciales pagos para compensar a los usuarios del bosque como una manera de disminuir la pérdida de bienestar (Yazhen, 2003).

Se enfatiza que un correcto diseño del instrumento de mercado que incorpora las decisiones y condiciones culturales o sociales en el ámbito local, permite que los resultados de su aplicación puedan ser fiables y útiles para planeadores forestales y para el diseño de política pública

Como la mayoría de los métodos, el MPM presenta problemas que deben ser tomados en cuenta antes de la aplicación del método especialmente cuando se intenta utilizar para la evaluación y diseño de política ambiental. A continuación, se discuten algunos aspectos generales del MPM y se mencionan los principales problemas y dificultades.

El método tiene fundamento en los precios observados en el mercado, es decir, los valores observados siguen el supuesto de que los mercados son competitivos, de esta manera reflejan la escasez de bienes en un mercado real (Adamowicz *et al.*, 1997); en caso contrario, los precios de mercado habrían de corregirse hasta obtener los precios sombra correctos. Con el precio sombra se pretende medir la importancia de la escasez (característica imprescindible en todo problema económico), es decir, de una restricción que impide alcanzar un mejor resultado. Para una exposición completa y rigurosa de la teoría de los precios sombra se puede consultar Londero (1992) y Londero (1998). La estimación de los precios sombra requiere de nuevos datos que provea información sobre las distorsiones de los mercados. Otro problema asociado a este método es que los precios de los productos forestales podrían variar considerablemente entre períodos, de manera que los resultados pueden estar sobrevalorados, o bien, infravalorados (Bodmer, 1990; Pinedo-Vásquez *et al.*, 1990).

El uso de entrevistas para recabar información puede ser incierta dado que los individuos entrevistados pueden tener dificultad al recordar detalles sobre su consumo de recursos naturales, o bien, pueden existir diferentes interpretaciones respecto al *uso* de recursos naturales, además puede haber diferencias en la

definición del concepto de *actividades extractivas* desde el punto de vista del investigador y del entrevistado (Gram, 2001). Otra crítica que ha recibido el método es que la evaluación puede resultar poco fiable cuando se incorporan variables asociadas al uso de productos forestales relacionados con actividades ilegales, que es un caso común en países en desarrollo.

Este tipo de problemas puede solucionarse haciendo varias visitas a los entrevistados para contrastar las respuestas previas y dando un margen razonable de tiempo para pensar en las respuestas a cada cuestión. La información que se solicita al entrevistado puede incluir la cantidad usada o consumida en un período, la frecuencia consumida en el mismo período, la distancia recorrida para el consumo o venta del recurso natural consumido, el tiempo requerido para recolectar o reunir los productos consumidos, la disponibilidad del producto en distintas estaciones del año, o el período concreto del año en que se hace uso del recurso natural relevante. Es habitual incluir otras preguntas relacionadas con el número de personas que se requiere para hacer la extracción del recurso natural relevante o del ecosistema. También es habitual preguntar si otros miembros de la misma familia participan de las actividades de extracción.

Como cualquier otro método, el uso del MPM no es un criterio completo como criterio de valoración por los siguientes motivos: (1) el mercado no proporciona una solución única, es decir, cuando se discute sobre el suministro de un bien a través del mercado significa la asignación que se realiza en un mercado concreto, con lo cual, el precio de mercado está en función del tipo de mercado que existe; (2) son precios que pueden estar distorsionados por la presencia de impuestos que hacen que el precio de mercado difiera del coste marginal; (3) es posible que exista distorsión porque una parte de los insumos empleados en un proceso de producción no se pagan en el momento que se utilizan y corresponden a flujos de pagos distorsionados; (4) cuando se trata del suministro de bienes colectivos, el precio de mercado es un pobre indicador del valor de dicho bien, porque el mercado no realiza la asignación eficiente desde una perspectiva social.

Algunas desventajas del uso del MPM podrían ser las siguientes: el uso de este método puede sobrevalorar o subestimar los beneficios; puede incurrirse en error si se comete un fallo al unificar unidades distintas; es un estudio costoso; y es útil para analizar estudios de caso concreto que posiblemente no sean representativos estadísticamente.

Algunas ventajas del uso del MPM podrían ser las siguientes: proporciona información detallada sobre los patrones del uso y consumo de recursos naturales; se puede relacionar con las tasas de crecimiento de servicios ecosistémicos; permiten la elaboración de un análisis de sensibilidad; y permite el análisis simultáneo de consumo de productos forestales (agregado o desagregado del consumo).

En resumen, la aplicación del MPM para hogares rurales en países en desarrollo se caracteriza por una serie de debilidades y limitaciones. En este escenario, el diseño y su aplicación deben ser muy cuidadosos. El estudio puede mejorar sus resultados considerablemente cuando se planea desde un enfoque multidisciplinar que considera las mejoras no sólo con fundamento en la teoría económica sino también se construye con los últimos avances en las investigaciones que se conozcan desde disciplinas como la sociología, psicología y antropología. Sin un enfoque interdisciplinario, la aplicación del MPM en áreas rurales de países en desarrollo podría resultar en conclusiones débiles que no podrían usarse como un insumo para el diseño de análisis de políticas públicas.

Los supuestos de partida para la aplicación del Método de Precios de Mercado son: (1) los individuos maximizan su utilidad y (2) son agentes racionales; es decir, están en la búsqueda del máximo rendimiento que consiste en explotar los recursos naturales a fin de saciar sus expectativas o satisfacción, sujeta a sus ingresos o su tiempo. Así cada individuo se enfrenta a varias opciones y elegirá aquellas combinaciones que le permitan obtener la máxima satisfacción.

Supongamos que existe una variedad de recursos naturales que denotamos con  $n$ , que representa un número finito de bienes. A continuación, denotamos los recursos naturales como  $l$  donde  $y_l$  será el tiempo disponible.

La decisión de extraer una variedad de recursos naturales puede representarse con un vector de  $n$  componentes. Si un consumidor elige una combinación específica de consumo  $y = [y_1, y_2, \dots, y_l, \dots, y_n]$  indica que el individuo obtiene  $y_1$  beneficios al extraer una cantidad de recursos, por ejemplo, la cantidad de leña,  $y_2$  le proporcionará beneficios al extraer postes para cercar su terreno, etc. Para efectos de este estudio se elimina la posibilidad de elecciones de consumo que arrojen componentes negativos, así las alternativas disponibles de los individuos se componen de vectores de  $n$  recursos naturales donde cada componente es positivo y se denota como  $R_+^n$ . Una vez presentadas las posibles combinaciones de consumo disponibles para el individuo se define el punto óptimo que cada individuo elegirá entre todas las opciones. Las preferencias de los individuos se pueden representar como una función de utilidad  $U(y, w)$  que es creciente en  $y$  y decreciente en  $w$ , atribuido al efecto de saciedad al consumir una determinada variedad de un recurso natural y siendo cuasi-cóncavas en estas variables; así,  $y$  dependerá de las características físicas del recurso natural. Si los beneficios son crecientes y cóncavos en  $q$  cuando los atributos asociados a  $n$  recursos naturales son elegidos de acuerdo a las

preferencias del individuo  $y = f(q)$ , decrecientes y convexos en  $q$  para aquellos recursos naturales asociados  $n$  que son menos preferidos de acuerdo a las preferencias  $w(q)$ .

Los individuos elegirán de acuerdo a  $Max_y U(y, w(y))$  sujetos a  $y = f(q)$  donde  $q = (q_1, q_2, \dots, q_l, \dots, q_n)$  es el vector que contiene las características de cada recurso natural. La decisión optima de consumo depende de las características de los  $n$  recursos naturales disponibles. La función que mide la proporción de beneficios obtenidos de acuerdo con cada recurso natural consumido vendrá dada por  $y^*(q)$ .  $y^*(q) = [y_1(q), y_2(q), \dots, y_l(q), \dots, y_n(q)]$ .

Típicamente el cálculo de la rentabilidad anual neta sigue el esquema del valor presente neto (VPN). Este esquema supone que el valor de cada parcela dedicada a uso de actividades primarias es igual al flujo de ingresos netos anuales de la parcela y que el valor comercial (de venta) de la parcela es igual al flujo descontado de ingresos netos que se espera que genere esa parcela en el futuro.

Cuando la tierra está situada en áreas muy remotas, donde el riesgo de conversión a tierra para uso urbano no supone un problema, o bien, cuando los subsidios otorgados por el gobierno no generan incentivos, el valor de las rentas corresponden únicamente a los precios de los insumos (madereros, agrícolas o ganaderos), a los precios del producto y a la productividad de la siembra.

En este estudio, se observa el número de terrenos relevantes asumiendo que el uso tradicional (actual) es el mejor uso para la porción de tierra estudiada. En un período determinado, el rendimiento anual esperado ( $R_t$ ) capturará la rentabilidad asociada al uso ganadero  $k$  ( $R_{itk}$ ) donde  $i$  corresponde a un terreno concreto,  $k$  es el tipo de actividad que se realiza en la parcela (i.e. uso del suelo) y  $t$  es el período de tiempo. De esta manera, la rentabilidad esperada viene dada por

$$R_t = \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I R_{itk}$$

( 1 )

de esta manera, el valor capitalizado (VC) esperado de ese terreno concreto es la suma del rendimiento descontado esperado a través del tiempo (donde la tasa de descuento =  $r$ )

$$R_t = \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I \sum_{t=0}^T R_{itk} + \frac{1}{(1+r)^t}$$

( 2 )

la expresión (2) corresponde a la sumatoria del valor capitalizado de cada parcela acumulado para todos los terrenos observados y para todos los usos relevantes en este estudio. En este análisis, el valor total de los rendimientos se calcula con la información de las ganancias obtenidas por terreno y con un valor determinado de una tasa de descuento. La ecuación 2 corresponde a la ecuación utilizada para los cálculos en esta investigación.

Esta ecuación sigue algunos supuestos que podrían relajarse de la siguiente manera:

(1) Se asume que el valor de otros terrenos que no se les da un uso agrícola o ganadero es de cero. En caso contrario, la ecuación (2) habría de reformularse para incorporar el valor de otra tierra que no tiene uso agrícola o ganadero.

(2) Se asume que el costo de conversión a otros usos es nulo, en caso contrario, la ecuación (2) habría de expandirse para incorporar el costo de conversión de tierra para otros usos no agrícolas o ganaderos ( $NoAG_{itk}$ ).

(3) La expresión para calcular el valor capitalizado requiere que el rendimiento por uso agrícola o ganadero no sufra cambios a través del tiempo, en caso contrario, se requeriría reformular la ecuación (2) para ajustar dichos cambios ( $C_i$ ).

(4) No se incorporan otros valores no monetarios, como los valores sociales o culturales que podrían influir en las decisiones sobre el uso de suelo en la región. Además, no es posible incorporar actitudes que podrían influir para que los agentes no busquen la maximización de su bienestar.

## 7. Resultados

### 7.1. Resultados generales sobre la riqueza florística

La riqueza florística del predio estudiado constó aproximadamente de 46 familias, 111 géneros y 215 morfoespecies de plantas herbáceas y arbustivas. La familia con la mayor cantidad de especies fue la familia Asteraceae (15%), seguida de Poaceae (11%), Fabaceae (9%), Solanaceae (4%), Euphorbiaceae, Convolvulaceae, Rubiaceae, Pteridaceae, Cyperaceae y Malvaceae (con el 3% cada una), el resto de las familias conformó el 43%. En cuanto a los géneros más diversos se encontraron: *Desmodium* y *Erigeron* con siete especies cada uno, seguido de *Cyperus* y *Oxalis* con seis especies.

### 7.2. Riqueza en las parcelas experimentales (objetivo 1)

Durante los muestreos realizados en las parcelas experimentales se registraron 161 especies en las parcelas no excluidas y 147 en las excluidas, en total fueron 198 especies (Anexo 1). Las curvas de rarefacción mostraron que en total en la zona denominada bosque denso durante aproximadamente 11 meses y 3 muestreos se registraron 77 especies de plantas (975 individuos) y 74 especies (831 individuos), en las parcelas no excluidas y excluidas, respectivamente. Mientras que, en la zona de transición en aproximadamente 16 meses y 4 muestreos, se encontraron 80 especies (1190) en las parcelas sin excluir y 77 (1555) en las excluidas. Por otra parte, en la zona de pastizal se hallaron 87 (786) y 62 (909) especies, en las parcelas no excluidas y excluidas, respectivamente (Figura 13).

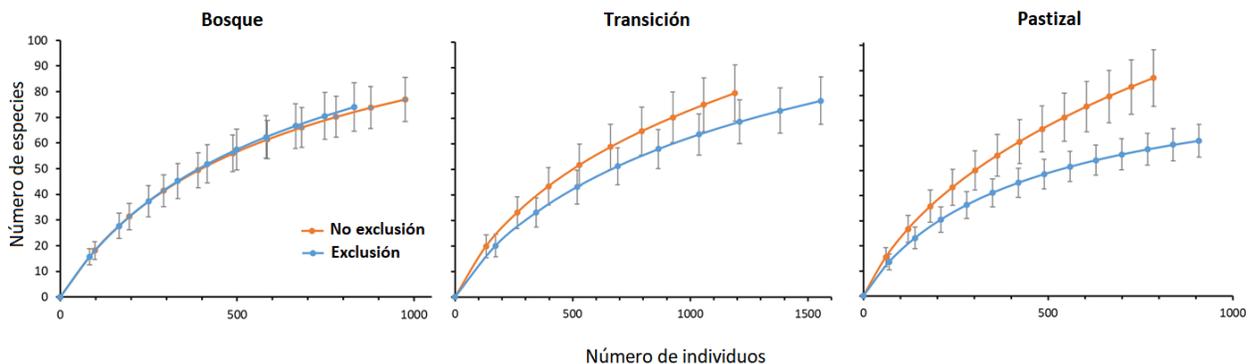


Figura 13. Curvas de rarefacción por zona de las parcelas de excluidas y no excluidas. Con cada muestreo realizado aumentaba el número de individuos. En cada caso, se muestra el valor medio y la desviación estándar, barras de error, al 95% de confianza del número de especies (S (est) Mao Tao).

### 7.3. Efecto de la exclusión del ganado en la diversidad vegetal (objetivo 1)

Los mejores modelos estadísticos para cada variable de respuesta de la diversidad vegetal incluyen los factores o variables explicativas, así como las interacciones entre dos o tres de estos factores (Tabla 4, anexos 2 y 2.1).

Tabla 4 Mejores modelos para cada variable de respuesta de las plantas herbáceas y arbustivas. Se indican los valores de AICc, delta ( $\Delta AICc$ ) y peso (Weight) de AIC. Las letras indican cada uno de los factores: T=tiempo, T<sup>2</sup>=tiempo al cuadrado, G=ganado (Exclusión y No exclusión), Z=zona.

Variable de Respuesta	Factores				Interacciones entre factores						AICc	$\Delta AICc$	Weight	
	T	T <sup>2</sup>	G	Z	T*G	T*Z	T <sup>2</sup> *Z	G*T <sup>2</sup>	G*Z	T*G*Z				G*T <sup>2</sup> *Z
<b>Riqueza</b>	✓	✓		✓				✓				1180.7	0.00	0.316
	✓	✓	✓	✓				✓				1180.9	0.25	0.279
	✓	✓	✓	✓	✓			✓				1181.1	1.13	0.179
	✓	✓	✓	✓				✓		✓		1182.5	1.87	0.124
<b>Inverso de Simpson</b>	✓	✓	✓									359.1	0.00	0.163
	✓	✓										359.6	0.42	0.132
	✓	✓	✓	✓								359.7	0.60	0.121
	✓	✓	✓					✓				359.9	0.75	0.112
	✓	✓	✓		✓							360.0	0.84	0.107
	✓	✓		✓								360.1	0.98	0.100
	✓	✓	✓	✓				✓				360.5	1.39	0.081
	✓	✓	✓	✓	✓							360.6	1.48	0.078
<b>Shannon</b>	✓	✓	✓	✓				✓				344.2	0.00	0.125
	✓	✓		✓				✓				344.6	0.43	0.100
	✓	✓	✓	✓								344.8	0.61	0.092
	✓	✓	✓	✓				✓	✓			345.0	0.86	0.081
	✓	✓	✓	✓								345.2	1.07	0.073
	✓	✓	✓	✓				✓				345.3	1.16	0.070
	✓	✓	✓	✓	✓			✓				345.5	1.36	0.063
	✓	✓	✓	✓						✓		345.7	1.48	0.059
	✓	✓	✓									345.7	1.49	0.059
	✓	✓		✓	✓							345.7	1.59	0.056
	✓	✓	✓	✓				✓				345.8	1.96	0.047
	✓	✓	✓	✓						✓		346.1	1.99	0.046
<b>Equitatividad</b>	✓		✓									18.0	0.00	0.167
		✓	✓									18.5	0.48	0.131
	✓											18.5	0.52	0.129
		✓	✓	✓				✓				18.7	0.67	0.119
		✓										19.1	1.05	0.167
		✓		✓				✓				19.1	1.10	0.131
	✓		✓		✓							19.8	1.79	0.129
			✓	✓				✓				19.8	1.80	0.119
			✓	✓								19.9	1.92	0.099
	✓	✓	✓									20.1	2.07	0.059
<b>Biomasa total</b>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	1139.9	0.00	0.502
	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		1140.8	0.91	0.319

Los mejores modelos predicen que la riqueza de plantas es diferente dependiendo de la zona. En la zona de Transición se registraron más especies. La trayectoria de la riqueza cambió conforme transcurrió el tiempo (Figura 14a). La mayoría de los modelos seleccionados incluye el efecto del ganado. No obstante, dentro de estos modelos no parece que la interacción entre el tiempo y el ganado sea importante (Tabla 4). La mayoría de los mejores modelos para el índice inverso de Simpson, mostraron que hay un efecto del ganado. También que hay un cambio en la diversidad que depende de la zona. Además, conforme

transcurrió el tiempo la diversidad cambió disminuyendo hacia los 500 días, muestreo que coincidió con la temporada seca. Sin embargo, la mayoría de los modelos no incluyeron la interacción entre el tiempo y el ganado (Tabla 4, Figura 14b).

En cuanto al índice de Shannon, los mejores modelos para el predicen que hay un efecto del ganado. La trayectoria de la diversidad cambió conforme transcurrió el tiempo. También la diversidad cambió dependiendo de la zona. Por otra parte, la interacción entre el ganado y el tiempo no parece ser importante (Tabla 4, Figura 14c). Dentro de los mejores modelos seleccionados para el índice de equitatividad, la mayoría predicen un efecto del ganado. Por otra parte, la interacción entre el tiempo y la zona, y entre el tiempo y el ganado, no parecen ser importantes (Tabla 4, Figura 14d).

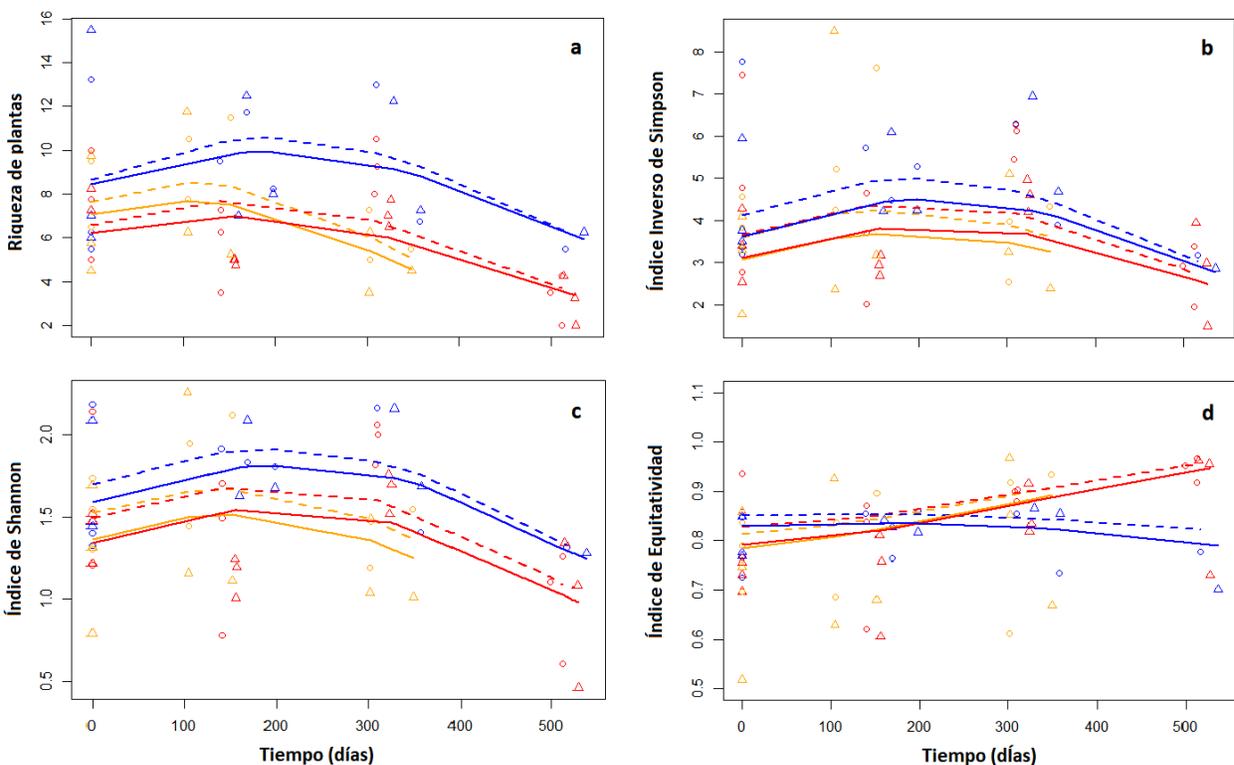


Figura 14. Diversidad por zona para las plantas herbáceas y arbustivas. (a. Riqueza, b. inverso de Simpson, c. Shannon, d. equitatividad). Cada punto representa el promedio de cada una de las parcelas. La línea y los puntos azules representan las parcelas de la zona de Transición, la línea y puntos naranjas las parcelas de la zona de bosque. La línea y los puntos rojos las parcelas de la zona de Pastizal. La línea punteada es la parcela no excluida y la línea continua la parcela excluida.

### Composición de las plantas en las parcelas a través del tiempo (objetivo 1)

La riqueza y la abundancia de las especies de plantas herbáceas y arbustivas, se describe a continuación para la zona de bosque y de pastizal por cada muestreo realizado, que coincidió con las dos temporadas del año (temporada seca y temporada de lluvias):

**Bosque denso.** En las parcelas no excluidas y a lo largo del tiempo, especies de género *Desmodium* presentaron una mayor dominancia. Al inicio de la temporada de lluvias (junio 2015) tres especies fueron altamente abundantes en la no excluida (*Desmodium* sp, *Dioscorea* sp y *Lasianthae* sp). Mientras que, en las parcelas de exclusión, durante los dos primeros muestreos, *Dioscorea* sp, fue la especie más abundante, y para la época seca (mayo 2016) fue *Desmodium uncinatum*. Las gráficas de rango abundancia muestran además que la diversidad para cada temporada presenta poca equitatividad, con curvas abruptas que señalan gran variabilidad en las abundancias para cada especie (Figura 15).

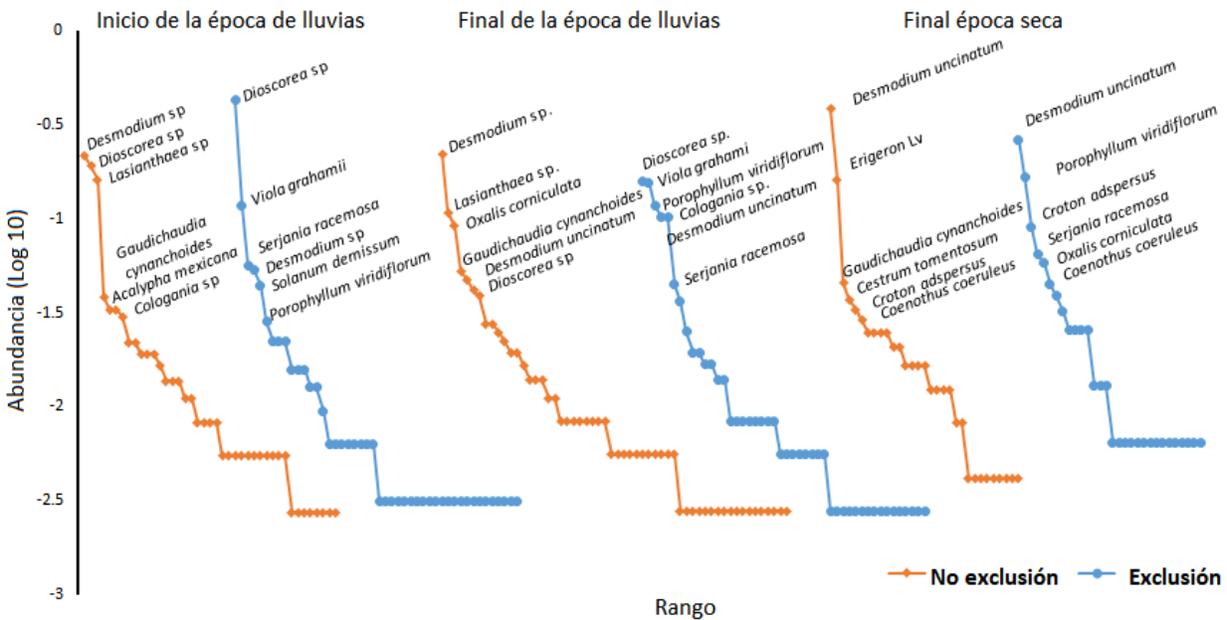


Figura 15 Curvas de rango abundancia para la zona Bosque.

**Pastizal.** Durante los tres primeros muestreos, *Mercadonia procumbens* fue la especie más dominante en las parcelas no excluidas, en el último muestreo se ubicó como la segunda más dominante después de *Bouvardia ternifolia*. Por otro lado, en las parcelas de exclusión hubo diferentes especies que fueron dominantes en cada muestreo como: *Lasianthaeae* sp, *Dicliptera pedundularis*, *Bouchetia arniatera* y *Evolvulus prostratus*. Sin embargo, la mayoría de las seis especies más abundantes estuvieron presentes en todos los muestreos, cambiando solamente su posición en la curva, es decir, su abundancia. Las curvas muestran una equitatividad mayor en las parcelas no excluidas durante los tres primeros muestreos, disminuyendo la equitatividad en el cuarto muestreo (Figura 16).

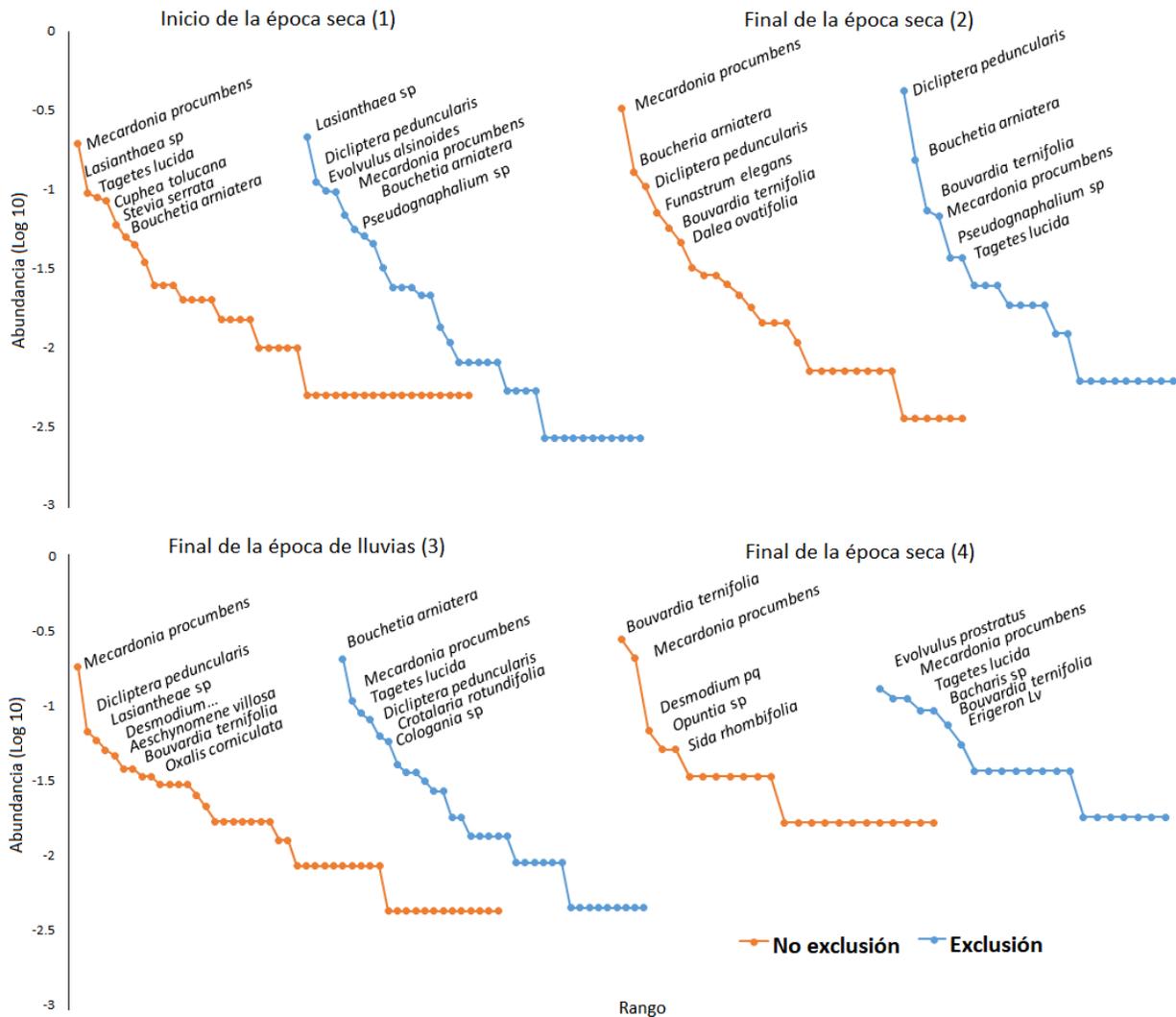


Figura 16. Curvas de rango-abundancia a través del tiempo para zona Pastizal

### 7.3.1. Efecto de la ganadería en la biomasa de las hierbas y arbustos (objetivo 1)

Los mejores modelos indican que la biomasa difirió en general entre los tipos de cobertura vegetal, y cambió a través del tiempo. Los modelos predijeron que la trayectoria temporal de la biomasa cambió dependiendo de la zona (interacción zona: tiempo y zona: tiempo<sup>2</sup>). También la trayectoria temporal de la biomasa cambió con la exclusión de ganado al interior de cada zona (interacción zona: ganadería: tiempo) (Tabla 4, Anexo 2 y 2.1).

Al comparar la cantidad de biomasa por tipos de asociación vegetal (zonas), se observa que en las parcelas no excluidas de la zona de pastizal hay en promedio 64% más biomasa que en la zona de transición y de bosque. Por otra parte, si observamos solo la zona de pastizal, el efecto de la exclusión genera en promedio 75.1 % más biomasa en las parcelas excluidas. Sin embargo, este cambio es notable

aproximadamente a partir de los 300 días de exclusión del ganado, fecha que coincide con el final de la temporada de lluvias (octubre de 2015). A los 500 días de exclusión dicho aumento en la biomasa de las parcelas excluidas en la zona de pastizal se mantiene, la biomasa es 76% mayor (Figura 17).

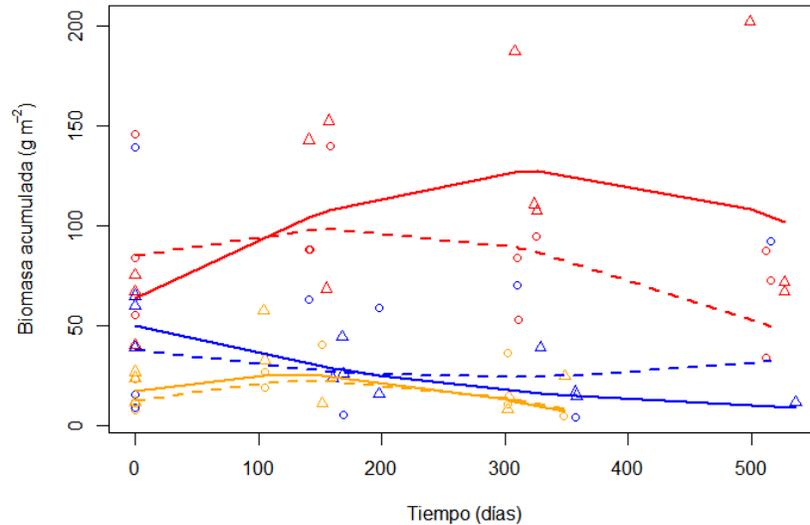


Figura 17. Biomasa de plantas herbáceas y arbustivas por zona. Cada punto representa el promedio de cada una de las parcelas. La línea y los puntos azules representan las parcelas de la zona de Transición, la línea y puntos naranjas las parcelas de la zona de bosque, la línea y los puntos rojos las parcelas de la zona de Pastizal. La línea punteada es la parcela no excluida y la línea continua la parcela excluida.

### Especies de plantas que contribuyen a la biomasa vegetal

Dependiendo de la zona, se encontraron diferentes especies o conjuntos de especies que aportan la mayor cantidad de biomasa. Para ejemplificar las diferencias en la cantidad de biomasa se presentan los datos del muestreo realizado en el mes de octubre de 2015, que coincide con el final de la época de lluvias y el punto a partir del cual se observan las diferencias entre el tratamiento y control para la biomasa. En la zona de bosque en las parcelas no excluidas *Calliandra grandiflora* fue la especie que más biomasa tuvo. Mientras que en la exclusión fue *Desmodium* sp. (Figura 18).

En la zona de pastizal, tanto en la no exclusión como en la exclusión, las especies de pastos fueron las que contribuyeron con más biomasa. Sin embargo, en la exclusión hubo una mayor cantidad de especies (14 especies más).

En las parcelas de no exclusión de la zona de transición las especies de pastos fueron las que contribuyeron con la mayor cantidad de biomasa, seguidas de *Croton adspersus*. Lo contrario sucedió en las parcelas de exclusión, pues *C. adspersus* fue el más abundante, seguido de los pastos. Según los ganaderos entrevistados, *C. adspersus* es una especie toxica para el ganado.

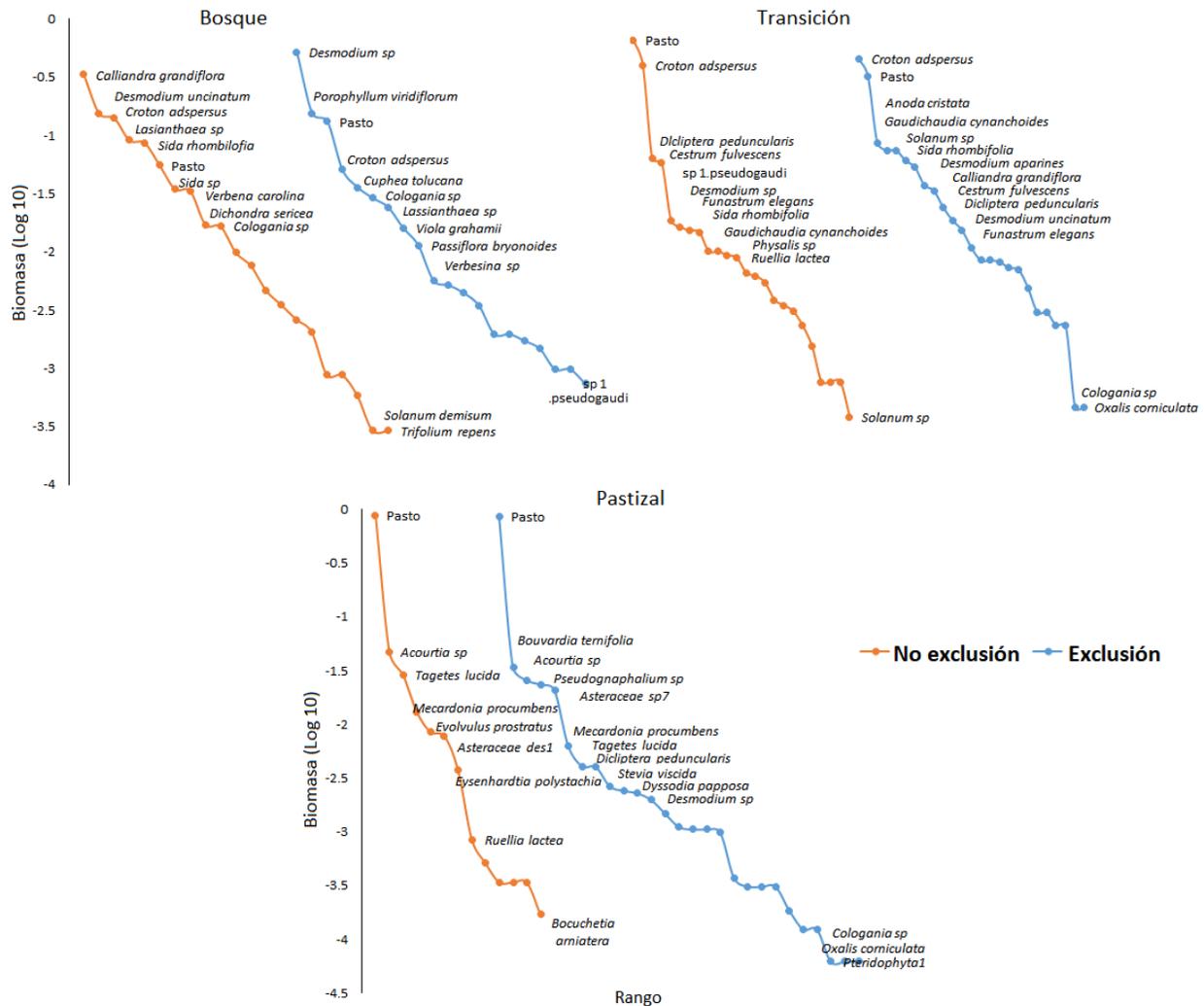


Figura 18. Especies que contribuyen a la biomasa (muestreo a los 300 días de exclusión, octubre de 2015).

### 7.3. Efecto de la ganadería en la diversidad de las plantas útiles (objetivo 2)

Con las plantas registradas en la línea base y que fueron reconocidas por los usuarios de plantas, se encontraron en el predio un total de 36 especies de plantas con algún uso tradicional que se dividen en las siguientes categorías: 22 con uso medicinal, 13 alimentarias, una especie como medicamento para el ganado, y tres con uso ornamental (Anexo 1). Sin embargo, solo 26 de estas estuvieron presentes en las parcelas experimentales (13.13% del total de plantas encontrado en las parcelas, 18 familias): 18 fueron de uso medicinal, 10 alimenticias, y tres de uso ornamental (Tabla 6). Los modelos seleccionados para la diversidad de plantas útiles no incluyeron ninguna interacción entre los diferentes factores (Tabla 5, anexo 2 y 2.1).

En cuanto al efecto de la ganadería en la riqueza de las especies de plantas útiles, los mejores modelos no predijeron que el ganado fuera una variable importante (Figura 19a). También dentro de los mejores modelos para el índice de Shannon, inverso de Simpson y equitatividad no parece que el ganado será un factor importante. La riqueza de plantas útiles cambió dependiendo de la zona (Figura 19a, Tabla 5), este cambio también fue predicho tanto para el índice inverso de Simpson, como por el índice de Shannon (Figura 19b y 19c). Por otra parte, la mitad de los modelos seleccionados para la riqueza, índice Inverso de Simpson y el índice de Shannon muestran que la diversidad de plantas útiles cambió conforme transcurrió el tiempo. Ninguno de los mejores modelos para las variables de respuesta anteriores, incluye la interacción entre el tiempo y el ganado como predictor (Figura 19d, Tabla 5).

Tabla 5. Mejores modelos para cada variable de respuesta de las plantas útiles. Se indican los valores de AICc, delta ( $\Delta$ AICc) y peso (Weight) de AIC. Las letras indican cada uno de los factores: T=tiempo, T<sup>2</sup>=tiempo al cuadrado, G=ganado (Exclusión y No exclusión), Z=zona.

Variable de Respuesta	Factores				Interacciones							AICc	$\Delta$ AICc	Weight
	T	T <sup>2</sup>	G	Z	T*G	T*Z	T <sup>2</sup> *Z	G*T <sup>2</sup>	G*Z	T*G*Z	G*T <sup>2</sup> *Z			
<b>Riqueza</b>				✓								612.9	0.00	0.231
												613.9	0.96	0.143
		✓		✓								614.3	1.41	0.114
	✓	✓		✓								614.9	1.99	0.085
	✓			✓								614.9	2.01	0.084
			✓									614.9	2.02	0.084
<b>Shannon</b>				✓								272.5	0.00	0.212
	✓	✓		✓								273.0	0.52	0.164
		✓		✓								273.6	1.13	0.121
		✓										274.0	1.55	0.097
	✓	✓										274.2	1.67	0.092
	✓			✓								274.5	2.01	0.077
<b>Inverso de Simpson</b>				✓								253.0	0.00	0.195
	✓	✓		✓								253.3	0.37	0.162
		✓		✓								254.0	1.05	0.115
		✓										254.2	1.22	0.106
	✓	✓										255.0	1.22	0.106
	✓			✓								255.0	1.99	0.072
<b>Equitatividad</b>												-116.7	0.00	0.318
	✓											-115.0	1.69	0.137
				✓								-114.9	1.74	0.134
		✓										-114.8	1.90	0.123
<b>Biomasa</b>				✓								279.3	0.00	0.221
	✓	✓		✓		✓	✓					279.4	0.07	0.214
		✓		✓				✓				280.6	1.30	0.116
				✓	✓							281.0	1.72	0.094

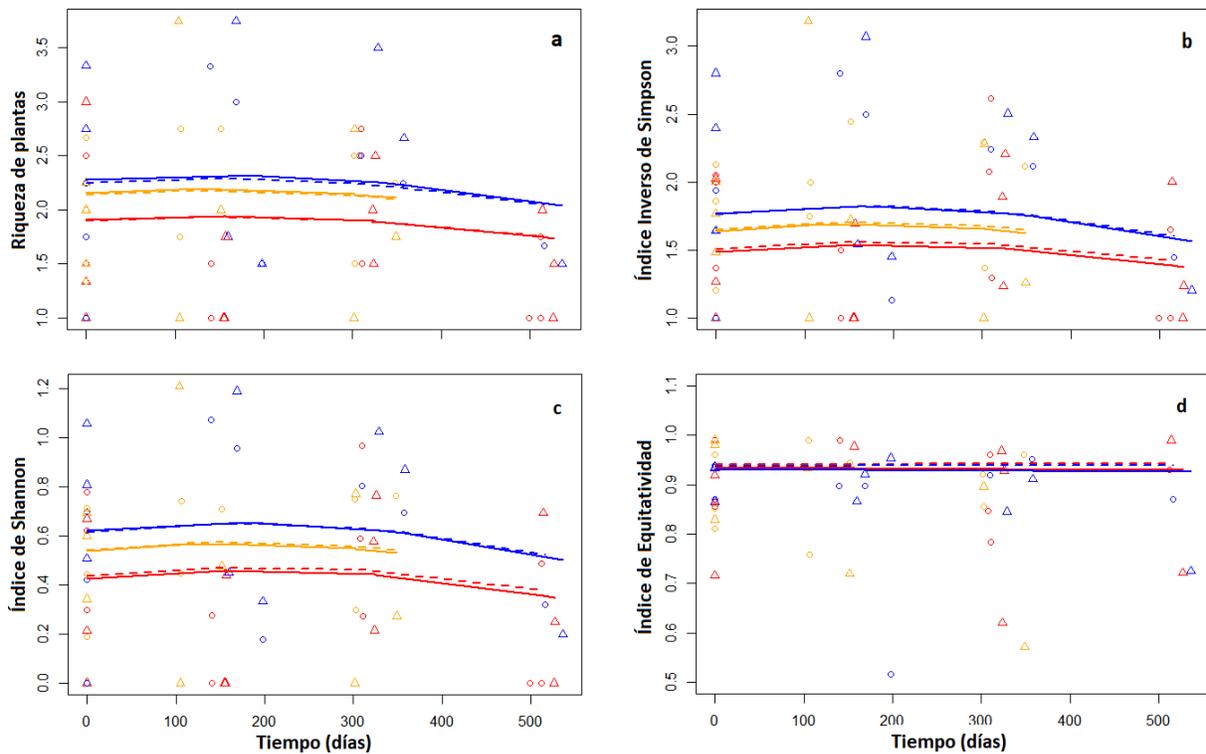


Figura 19. Diversidad de las plantas útiles (a. Riqueza, b. inverso de Simpson, c. Shannon, d. equitatividad). Cada punto representa el promedio de cada una de las parcelas. La línea y los puntos azules representan las parcelas de la zona de Transición, la línea y puntos naranjas las parcelas de la zona de bosque. La línea y los puntos rojos las parcelas de la zona de Pastizal. La línea punteada es la parcela pastoreada y la línea continua la parcela excluida.

En el muestreo realizado en al final de la temporada de lluvias (octubre de 2015), *Oxalis corniculata* (Mayito, Oxalidaceae) fue la especie más dominante en las parcelas no excluidas tanto en la zona de bosque como en la zona de pastizal. En las parcelas de exclusión fue *Porophyllum viridiflorum* (Hierba del venado, Asteraceae) y *Tagetes lucida* (Pericón, Asteraceae) las más abundantes, en el bosque y pastizal respectivamente. Mientras que, en la zona de transición en las parcelas de no exclusión y de exclusión, *Sida rhombifolia* (Guinare, Malvaceae) fue la más dominante (Figura 20).

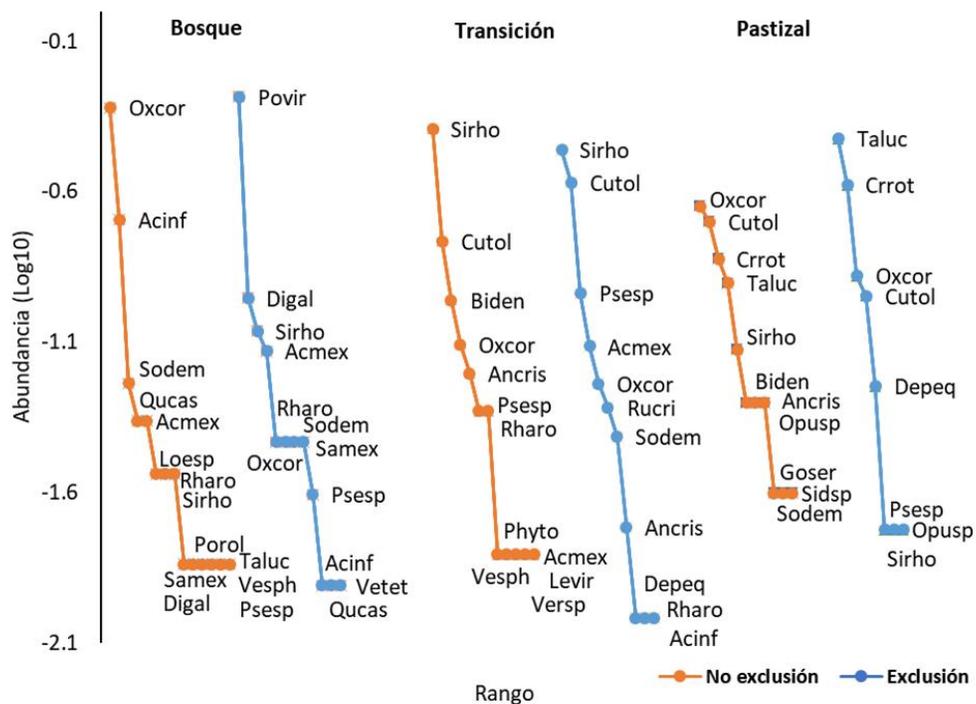


Figura 20. Curvas de rango abundancia de las especies de plantas útiles (octubre 2015) (**Acinf**, *Acalypha infesta*; **Acmex**, *A. mexicana*; **Ancris**, *Anoda cristata*; **Biden**, *Bidens* sp; **Crrot**, *Crotalaria rotundifolia*; **Cutol**, *Cuphea toluicana*; **Dessp**, *Desmodium* sp; **Digal**, *Dioscorea galeottiana*; **Goser**, *Gompherena serrata*; **Levir**, *Lepidium virginicum*; **Lomex**, *Loeselia mexicana*; **Opusp**, *Opuntia* sp; **Oxcor**, *Oxalis corniculata*; **Phyto**, *Phytolacca icosandra*; **Porol**, *Portulaca oleracea*; **Povir**, *Porophyllum viridiflorum*, **Psesp**, *Pseudognaphalium attenuatum*; **Qucas**, *Quercus castanea*, **Rharo**, *Rhus aromatica*; **Rucri**, *Rumex crispus*; **Samex**, *Salvia mexicana* var. *Minor*; **Sirho**, *Sida rhombifolia*; **Sodem**, *Solanum demissum*; **Taluc**, *Tagetes lucida*; **Vesph**, *Verbesina sphaerocephala*; **Vetet**, *Verbesina tetraptera*).

Tabla 6 Lista de plantas útiles encontradas en las parcelas excluidas y no excluidas (M: medicinal, O: ornamental, A: alimenticio).

Especie	Nombre común	Uso	Usos específicos	Forma de preparación
<b>Amaranthaceae</b>				
<i>Gomphrena serrata</i> L.	Hierba de la golondrina	M	Fuegos labiales	
<b>Anacardiaceae</b>				
<i>Rhus aromatica</i> Aiton	Jaripo	A	Se comen los frutos ácidos	
<b>Asteraceae</b>				
<i>Bidens</i> sp	Aceitilla	M	Empacho; Cruda, temperatura	Infusión
<i>Porophyllum viridiflorum</i> (Kunth) DC.	Hierba del venado/Papaloquelite	M, A	Purifica la sangre y enfermedades del corazón. Se come con limón y chile perón	
<i>Pseudognaphalium attenuatum</i> (DC.) Anderb.	Gordolobo	M	Tos y garganta	Infusión
<i>Tagetes lucida</i> Cav.	Pericón, Santa María	M, O	Diarrea, temperatura, alergias	Infusión
<i>Verbesina sphaerocephala</i> A. Gray	Capitaneja	M	Diabetes	
<i>Verbesina tetraptera</i> A. Gray	Andán del Cerro	M	La flor se usa para la tos	Infusión
<b>Brassicaceae</b>				
<i>Lepidium virginicum</i> L.	Huizique, Lentejilla		Empacho, asma, catarro constipado	Infusión
<b>Cactaceae</b>				
<i>Opuntia</i> sp	Nopal	A	Se comen los frutos y las pencas (cladodios)	
<b>Dioscoreaceae</b>				
<i>Dioscorea galeottiana</i> Kunth	Zarcillo; Enredadera; Chicahuaraz.	A, M	“Se preparan como si fueran papas” Anorexia y para controlar el azúcar	Cocido
<b>Euphorbiaceae</b>				
<i>Acalypha infesta</i> Poepp.	Hierba del cáncer; Cancerina	M	Gastritis y lavar heridas	Infusión
<i>Acalypha mexicana</i> Müll. Arg.	Quelitillo silvestre; Cancerina	M	Gastritis y lavar heridas	Infusión
<b>Fabaceae</b>				
<i>Crotalaria rotundifolia</i> J.F. Gmel.	Cascabelito	A	“Se comen las semillas cuando el fruto esta verde”	

<i>Desmodium sp</i>	Hierba de la vibora	M	Piquete de abeja	Machacada
<b>Fagaceae</b>				
<i>Quercus castanea Née</i>	Encino rojo	M	La corteza para la gingivitis. Lavar heridas y para las muelas	
<b>Lamiaceae</b>				
<i>Salvia mexicana var. minor Benth.</i>	Chia silvestre	O, A	Consumo del néctar de las flores. Arreglos florales para sus hogares.	
<b>Lythraceae</b>				
<i>Cuphea tolucana Peyr.</i>	Alfilerillo, Hierba de la golondrina	M		
<b>Malvaceae</b>				
<i>Anoda cristata (L.) Schltld.</i>	Malva	A	Consumo del fruto (Quesillo)	
<i>Sida rhombifolia L.</i>	Malvilla; Guinare	M, O	Picadura de alacranes	Machacada
<b>Oxalidaceae</b>				
<i>Oxalis corniculata L.</i>	Mayito; Gallito de vibora	A	Consumo del fruto acido	
<b>Phytolaccaceae</b>				
<i>Phytolacca icosandra L.</i>	Conguira	M	Mordida de víbora	Raíz machacada
<b>Polemoniaceae</b>				
<i>Loeselia mexicana (Lam.) Brand</i>	Espinosilla	M	Nervios, para el cuidado del cabello	Infusión
<b>Poligonaceae</b>				
<i>Rumex crispus L.</i>	Juan primero/lengua de vaca	M, A	Consumo “como si fuera acelga”	Cocida
<b>Portulacaceae</b>				
<i>Portulaca oleracea L.</i>	Verdolaga; Verdolaga criolla.	A		
<b>Solanaceae</b>				
<i>Solanum demissum Lindl.</i>	Papa silvestre	M	“Sofocamiento de ganado”	Infusión

#### 7.4. Efecto de la ganadería en la biomasa de las plantas útiles (objetivo 2)

Los mejores modelos predicen que la biomasa de las especies de plantas con algún uso tradicional cambió dependiendo de la zona. Sin embargo, la exclusión de ganado no ejerció un efecto en esta variable (Tabla 5). La mitad de los modelos predice que la interacción entre el tiempo y la zona es importante. También, la mitad de los mejores modelos predice que la biomasa de las plantas útiles cambia conforme transcurre el tiempo. En la Figura 21 se observa que las parcelas de pastizal no se registraron plantas útiles para el muestreo realizado alrededor de los 500 días de exclusión.

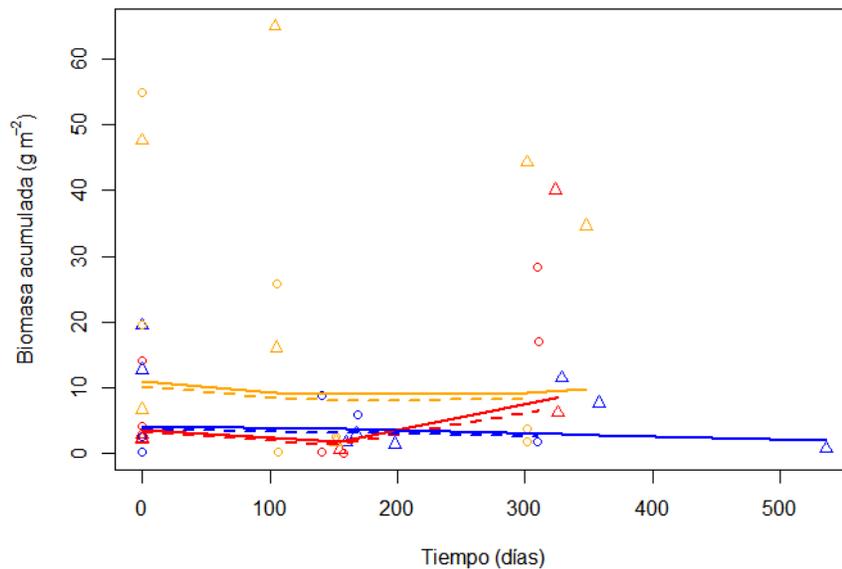


Figura 21. Biomasa de las plantas útiles por zona. Cada punto representa el promedio de cada una de las parcelas. La línea y los puntos azules representan las parcelas de la zona de Transición; la línea y puntos naranjas las parcelas de bosque; la línea y puntos rojos las parcelas de la zona de Pastizal. La línea punteada es la parcela no excluida y la línea continua la parcela excluida

En el muestreo realizado final de la temporada de lluvias (octubre de 2015), se observa que algunas especies contribuyeron con una mayor cantidad de biomasa. En las parcelas no excluidas hubo menor biomasa en comparación con las parcelas de exclusión (Figura 22). En la zona de bosque y transición, en las parcelas de no exclusión *Sida rhombifolia* (güinare, Malvaceae) tiene la mayor biomasa. En la exclusión de la zona de bosque *Porophyllum viridiflorum* (hierba del venado, Asteraceae) es la que presentó más biomasa, esta especie no se presenta en las otras zonas. En la zona de pastizal se presentan otras especies con mayor biomasa, en las parcelas no excluidas es *Tagetes lucida* (pericón, Asteraceae) y en las excluidas es *Pseudognaphalium* sp. (gordolobo, Asteraceae).

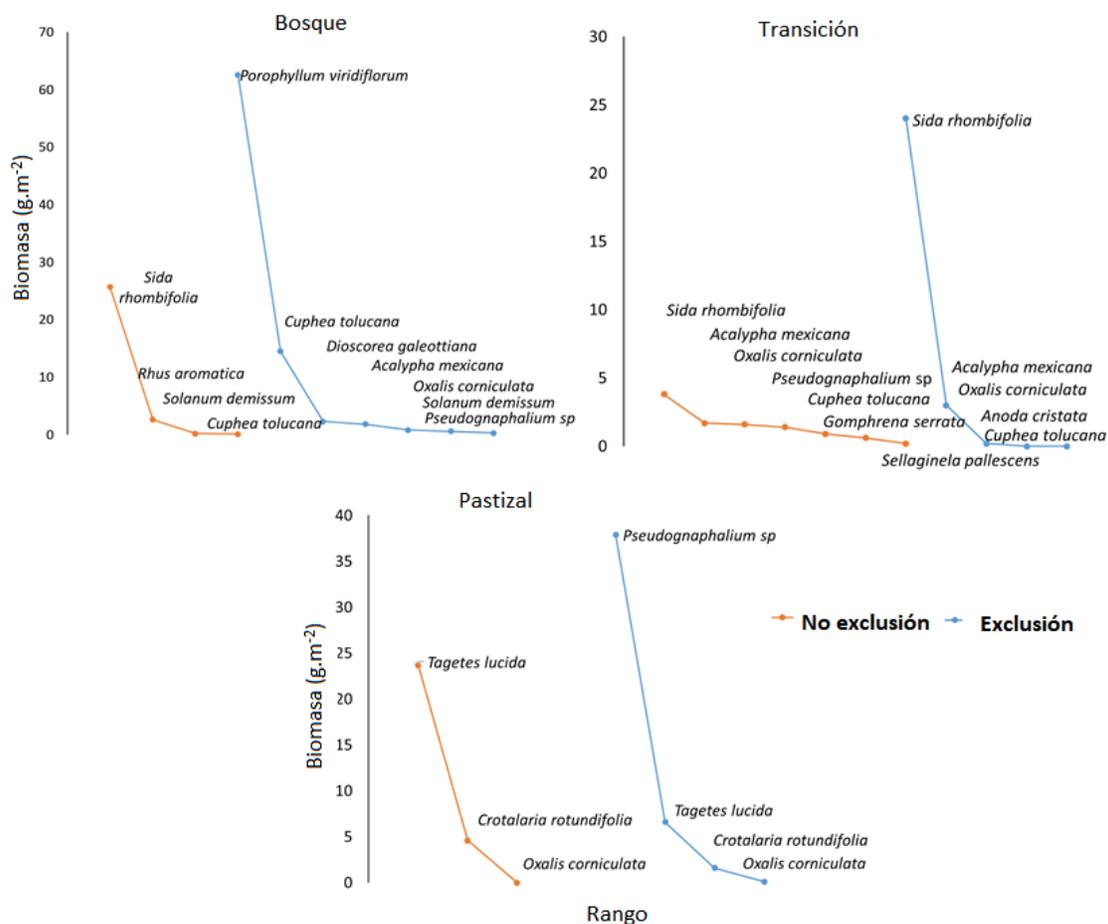


Figura 22. Curva de rango-biomasa de las especies de plantas útiles para finales de la temporada de lluvias (octubre 2015).

### 7.5. Efecto de la ganadería en la diversidad de las plantas forrajeras (objetivo 2)

En cuanto a las plantas que son consumidas por el ganado, es decir las forrajeras, en las parcelas experimentales se registraron 87 especies que fueron señaladas por los ganaderos entrevistados como alimenticias para el ganado, representando en 43.9% del total de todas las especies registradas en las parcelas (Anexo 1).

Los mejores modelos indican que la riqueza de las plantas forrajeras es diferente dependiendo de la zona. En la zona de Transición se registraron más especies. La trayectoria de la riqueza cambió conforme transcurrió el tiempo y depende de la zona (Figura 23a). El mejor modelo no predice que hay un efecto del ganado sobre la riqueza de plantas forrajeras. (Tabla 7).

Tabla 7. Mejores modelos para cada variable de respuesta de las plantas forrajeras. Se indican los valores de AICc, delta ( $\Delta AICc$ ) y peso ( $W_i$ ) de AIC. Las letras indican cada uno de los factores: T=tiempo, T<sup>2</sup>=tiempo al cuadrado, G=ganado (Exclusión y No exclusión), Z=zona.

Variable de Respuesta	Factores				Interacciones entre factores						AICc	$\Delta AICc$	Wi	
	T	T <sup>2</sup>	G	Z	T*G	T*Z	T <sup>2</sup> *Z	G*T <sup>2</sup>	G*Z	T*G*Z				G*T <sup>2</sup> *Z
Riqueza	✓	✓		✓			✓					1086.4	0.00	0.399
	✓	✓	✓	✓			✓					1088.5	2.09	0.140
Inverso de Simpson	✓	✓										384.9	0.00	0.211
	✓	✓		✓			✓					385.3	0.44	0.169
	✓	✓		✓								385.5	0.60	0.157
	✓	✓	✓									386.4	1.55	0.097
	✓	✓		✓		✓						386.6	1.69	0.090
	✓	✓	✓	✓								386.9	2.04	0.076
Shannon	✓	✓		✓								402.5	0.00	0.325
	✓	✓		✓			✓					403.6	1.09	0.189
	✓	✓	✓	✓								404.4	1.95	0.123
Equitatividad	✓											-74.2	0.00	0.251
	✓	✓										-73.3	0.83	0.166
		✓										-72.9	1.22	0.136
			✓									-72.4	1.73	0.106
Biomasa	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	1080.9	0.00	0.414
	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	1081.0	0.16	0.381

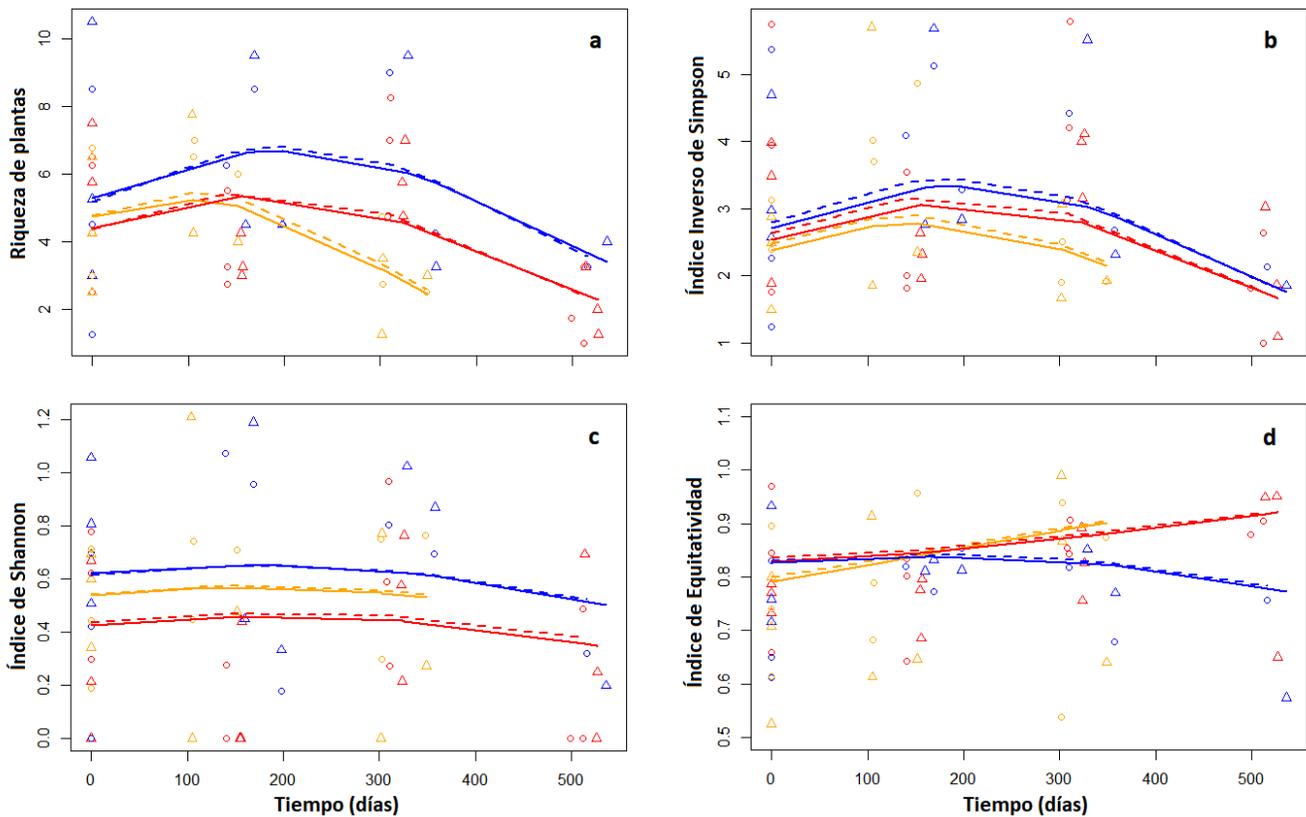


Figura 23. Diversidad de las plantas forrajeras por zona (a. Riqueza, b. inverso de Simpson, c. Shannon, d. equitatividad). Cada punto representa el promedio de cada una de las parcelas. La línea y los puntos azules representan las parcelas de la zona de Transición; la línea y puntos naranjas las parcelas de bosque; la línea y puntos rojos las parcelas de la zona de Pastizal. La línea punteada es la parcela no excluida y la línea continua la parcela excluida

Dentro de los mejores modelos para el índice inverso de Simpson, no pareció que el ganado fuera un variable importante. La diversidad cambió a través del tiempo, y también hubo un cambio que dependió de la zona (Tabla 7, Figura 23b). En cambio, los mejores modelos para el índice de Shannon predicen que hay un cambio a través del tiempo y que depende de la zona. Sin embargo, solo uno de estos modelos predice un efecto de la exclusión del ganado, por lo que no parece ser una variable importante. (Tabla 7, Figura 23c). Por otra parte, los mejores modelos del índice de equitatividad de plantas forrajeras no mostraron que el ganado fuera una variable importante. Solo predijeron que hubo un cambio a través del tiempo (Tabla 7, Figura 23d).

### 7.5.1. Efecto de la ganadería en la biomasa de las plantas forrajeras

Los mejores modelos indicaron que la biomasa de las plantas forrajeras difirió en general entre tipos de cobertura vegetal, y cambió a través del tiempo. Dicha trayectoria temporal cambia dependiendo de la zona (interacción zona: tiempo y zona: tiempo<sup>2</sup>). La ganadería ejerce un efecto sobre la biomasa, el cual dependió de la zona y del tiempo que hubo transcurrido (interacción zona: ganadería: tiempo) (Tabla 7). Este efecto se observa mejor en la zona de pastizal (Figura 24).

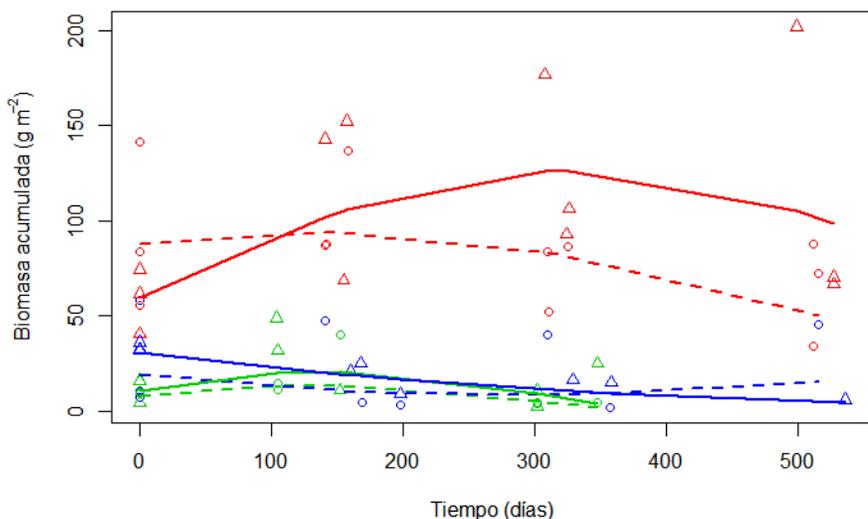


Figura 24. Biomasa de plantas forrajeras por zona. Cada punto representa el promedio de cada una de las parcelas. La línea y los puntos azules representan las parcelas de la zona de Transición; la línea y puntos verdes las parcelas de bosque; la línea y puntos rojos las parcelas de la zona de Pastizal. La línea punteada es la parcela no excluida y la línea continua la parcela excluida.

Al comparar la cantidad de biomasa por tipos de vegetación (zonas), se observa que en las parcelas pastoreadas del pastizal hay en promedio 18 veces más biomasa que en la zona de bosque, y comparado con la zona de transición hay una cantidad 3.5 veces mayor. Por otra parte, si observamos la zona de pastizal el efecto del tratamiento genera en promedio 69 % más biomasa en las parcelas excluidas. Sin embargo, este cambio es notable aproximadamente a partir de los 300 días de exclusión del ganado, fecha que coincide con el final de la temporada

de lluvias (octubre de 2015). A los 500 días de exclusión incrementa la biomasa en las parcelas de exclusión a 75% con respecto a la parcela pastoreada.

### 7.6. Las sinergias y disyuntivas entre la ganadería, las plantas útiles y la diversidad vegetal

Siguiendo la propuesta de Bennett *et al.* (2009), las interacciones entre los servicios ecosistémicos que se encontraron fueron las siguientes: la ganadería no ejerció un efecto sobre la diversidad vegetal (Sector 1 en Figura 25), ni sobre la diversidad de plantas útiles (Sectores 1 y 2 en Figura 25). En lo que respecta a la diversidad de plantas forrajeras está no se vio afectada por la presencia del ganado (Sectores 1 y 2 en Figura 25). En cuanto al servicio de provisión de forraje este se vio disminuido en las parcelas no excluidas a causa del consumo por el ganado (Sector 2 y 3 en Figura 25). Mientras que la biomasa de las plantas útiles no se vio afectada (Sectores 1 y 2 en Figura 25). En todos los casos, la respuesta de los diferentes servicios ecosistémicos a la actividad de la ganadera fue independiente, pues solo se afectó un servicio a la vez. Mientras que la interacción más fuerte puede darse entre la diversidad vegetal y el forraje para ganado.

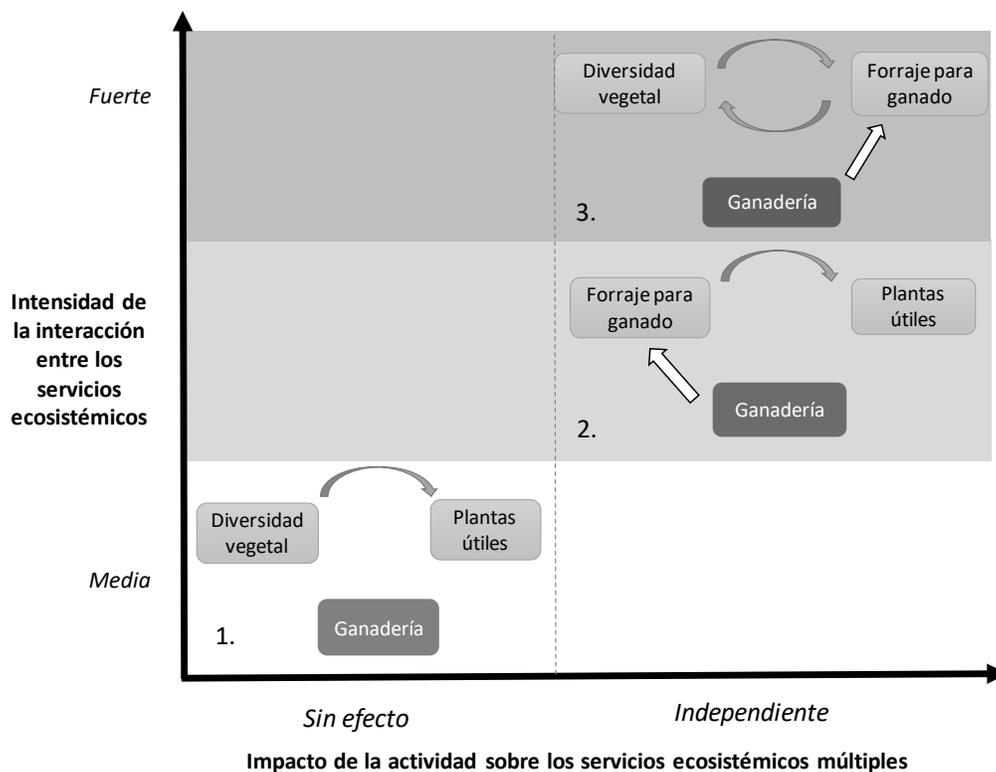


Figura 25 Las interacciones entre los servicios ecosistémicos estudiados dentro del sistema de producción de carbón vegetal. Las flechas blancas un efecto negativo (disyuntiva), las grises muestran un efecto indeterminado, el cual puede ser positivo o negativo, para lo cual se necesitan más estudios. En la esquina inferior izquierda (Sector 1), una actividad (la ganadería) hasta el momento no tiene un efecto en la diversidad vegetal (Servicio A), la cual tiene un efecto en las plantas útiles (Servicio B). Los sectores 1 y 2 muestran que la interacción puede ser unidireccional. El servicio nivel de provisión del servicio A afecta el nivel de provisión del servicio B pero no viceversa. El sector 3 muestra que la interacción que puede ser bidireccional entre los servicios en los cuales el nivel de provisión del servicio A afecta la provisión del servicio B y el nivel de provisión del servicio B afecta la provisión del servicio A.

### 7.7. Características socioeconómicas de los ganaderos (objetivo 3)

En la zona de estudio, la mayor parte de los ganaderos entrevistados (95%) ingresan su ganado para que esté libre en los terrenos durante la temporada de lluvias y la temporada seca. Hay algunos ganaderos (5%) que solo ingresan a su ganado a los predios para que estén libres en el campo, durante la temporada de lluvias (Figura 26).

La mayoría de los terrenos que se utilizan para la ganadería presentan diversas asociaciones vegetales que cambian en cuanto a la proporción de bosque de encino y de pastizal, variando desde una gran extensión de pastizal y poca de bosque, y viceversa, a veces combinándola con alguna superficie donde se cultiva maíz de temporal.

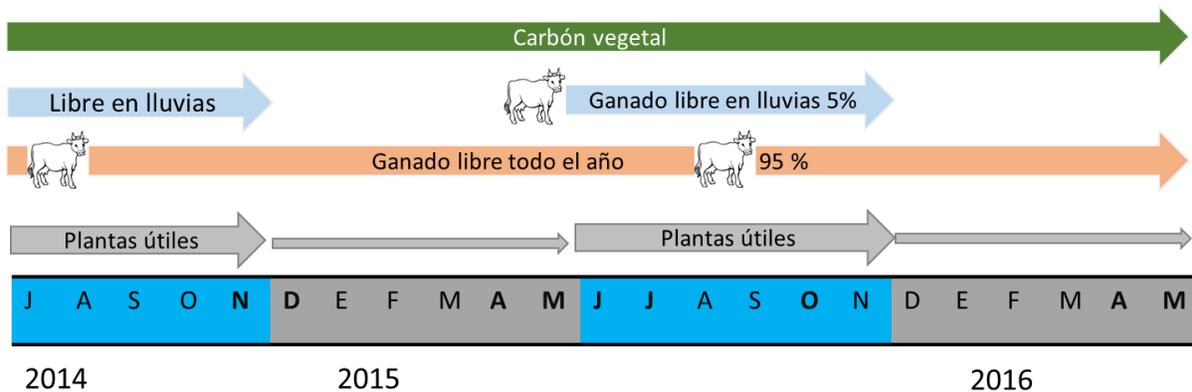


Figura 26. Temporalidad en el ingreso del ganado a los predios. El carbón vegetal se elabora todo el año, como lo indica la flecha roja. Las flechas de color azul y naranja representan el ingreso del ganado a los predios, se indica el porcentaje de ganaderos que realizan esta práctica. Las flechas de color gris representan la colecta de plantas útiles. Los meses señalados con negritas pertenecen a aquellos donde se realizaron los muestreos de la vegetación.

Los resultados muestran que los individuos del sexo masculino comprenden el 100% de los ganaderos entrevistados que ingresan su ganado en sitios donde se produce carbón vegetal (Submuestra A). Los entrevistados del sexo masculino de la Submuestra B (ganaderos que ingresan su ganado en sitios donde no se produce carbón vegetal) comprendían el 92% de esta Submuestra. Tanto en la Submuestra A como en la B, las mujeres fueron menos propensas a declararse como activas en la ganadería; frecuentemente se referían a sí mismas como amas de casa y a sus maridos como los ganaderos, incluso cuando participaban activamente en las actividades ganaderas, como son la ordeña de las vacas y la preparación del alimento en los corrales, entre otras. El tamaño de la familia de la Submuestra A fue en promedio de 5, y la edad promedio de los ganaderos fue de 51, indicando una alta proporción de personas mayores involucradas en el sistema ganadero. Como se muestra, los ganaderos de la Submuestra A son, en promedio ligeramente más jóvenes que aquellos de la Submuestra B. También los productores de la Submuestra A tienen más del doble de la cantidad de animales que los ganaderos de la Submuestra B. Algunas estadísticas descriptivas de los entrevistados se muestran en la Tabla 9.

Tabla 8. Características de los ganaderos en el área de estudio. La Submuestra A, son los ganaderos que tienen a sus animales en sitios donde se produce carbón vegetal. La Submuestra B la conforman los ganaderos cuyos animales no están donde se produce carbón.

Variable	Submuestra A	Submuestra B
Tamaño de la Submuestra (ganaderos)	29	71
Género (% masculino)	100	92.95
Edad (años)	51 ± 16.2	59 ± 15
Miembros por hogar	4.7 ± 3.4	4.2 ± 1.9
Educación (años)	5.2 ± 3.5	4.2 ± 3.2
Animales por productor	52 ± 18.6	22 ± 12.7

En cuanto a la escolaridad de los ganaderos de la Submuestra A, casi la mitad terminó la primaria, y 10% no tiene ningún tipo de estudios. Con respecto a la educación de los ganaderos de la Submuestra B se encontró que casi el 40% terminó la primaria, y el 20% no cuenta con ningún tipo de estudios. Los ganaderos de la Submuestra A tienen en promedio 5 años de educación (ligeramente mayor que el promedio de los ganaderos de la Submuestra B).

Las preguntas finales de la entrevista indagaban sobre otras actividades económicas a las que se dedicaban los productores. El análisis de las respuestas revela que el 55% de los ganaderos de la Submuestra A declararon que se dedicaba exclusivamente a las actividades agropecuarias y casi un 30% también dedicaba su tiempo a la producción de carbón vegetal. Un 15% se dedicaba también a la ganadería y también al comercio (principalmente tienda de abarrotes). En cambio, los ganaderos de la Submuestra B, señalaron que el 80% se dedicaba exclusivamente a las actividades agropecuarias y el resto combina otras actividades relacionada con el comercio, la construcción, transportista o la producción de carbón.

En las mañanas los ganaderos ordeñan a sus vacas y llevan al ganado a los terrenos que tienen libres en el campo, ahí permanecen durante el día y al atardecer van por ellas, esta práctica la realiza el 70% de los ganaderos de la Submuestra B y el 45% de los ganaderos de la Submuestra A. Los ganaderos comentan que esta práctica ha ido en aumento en los últimos años debido a que el abigeato también se ha incrementado.

Durante el último año les han sido robados en promedio tres ( $2.7 \pm 3.5$ ) animales a los ganaderos de la Submuestra B, una cantidad ligeramente mayor si se compara con los ganaderos de la Submuestra A ( $1.7 \pm 2.5$ ). Por lo que regresar al ganado en las tardes es una medida reciente que están adquiriendo para evitar el robo.

### 7.7.1. Tenencia de la tierra

De los ganaderos de la Submuestra A: el 38% son dueños de los predios, el 17% usan tierras que son rentadas, el 10% utilizan terrenos de uso común o ejidal, el 7% son dueños de unos terrenos y rentan otros. Por otra parte, los ganaderos de la Submuestra B: el 24% usan tierras que son rentadas, el 19% son dueños de unos terrenos y

rentan otros, el 10% usan terrenos de uso común o ejidal, y el 9% usan tierras que les son prestadas. Por lo que se presentan varias alternativas entre las diferentes tenencias de la tierra (Figura 27).

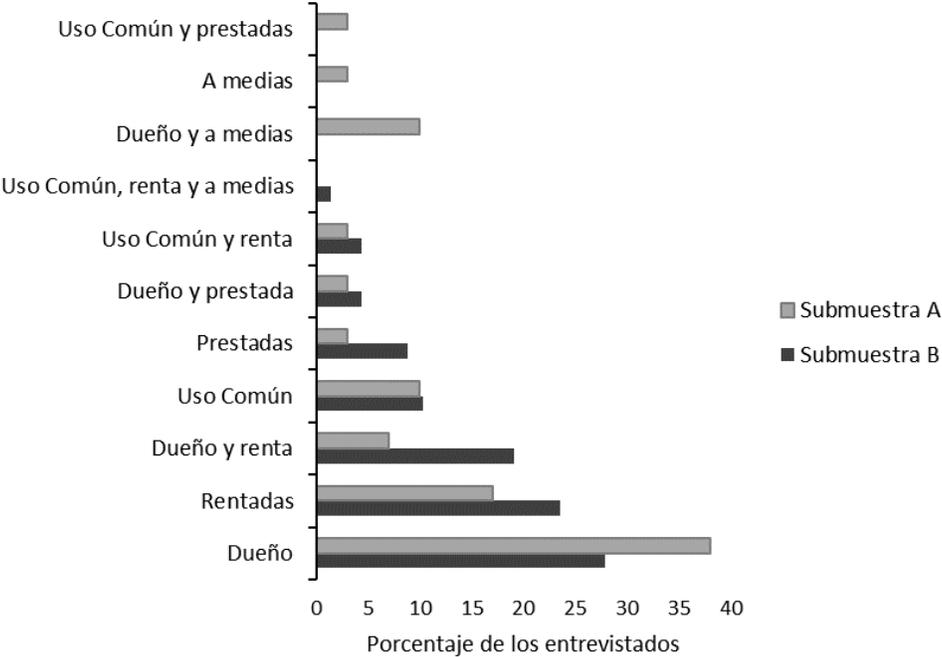


Figura 27. Tenencia de la tierra de los ganaderos de la Submuestra A y B

### 7.8. Preferencias de los ganaderos por los terrenos con y sin carbón vegetal (objetivo 3)

El 40% de los ganaderos de la Submuestra A están satisfechos con el tipo de predio que usan actualmente, es decir, terrenos en los cuales se produce carbón vegetal, un 33% de esta Submuestra preferiría hacer uso de terrenos en los cuales no se produce este recurso, mientras que el resto de los entrevistados de esta Submuestra A son indiferentes entre un tipo de terreno y otro. Comparado con la otra Submuestra, se encontró que tres cuartas partes de los ganaderos de la Submuestra B están satisfechos con el uso actual de los predios, es decir, terrenos en los que no se produce carbón vegetal, el 17% preferiría estar usando terrenos en los que si se produce carbón vegetal y el resto es indiferente entre un tipo de terreno y otro.

La elección de un tipo de predio y otro no es aleatoria y existen motivos muy específicos para que los ganaderos prefieran usar un tipo de predio concreto. A continuación, se explican los principales motivos declarados por los ganaderos para preferir terrenos en los que no se produce carbón y también para preferir terrenos en los que si se produce carbón. Estos resultados se presentan según Submuestra.

La principal razón por la cual el 33% de los ganaderos de la Submuestra A preferirían llevar a su ganado a predios en los que no se produce carbón vegetal es la abundancia de pasto en el sotobosque y la abundancia de árboles

que producen sombra (80% de los entrevistados coincidió con esta opinión) en esos terrenos. Otra razón que mencionaron en las entrevistas para preferir los terrenos sin producción de carbón vegetal es que éstos permiten la siembra y cosecha de maíz que luego será usado para alimentar el ganado (20% de los entrevistados coincidió con esta opinión, Figura 28a).

Por otra parte, los ganaderos de la Submuestra B señalaron razones similares para estar satisfechos con los predios que usan actualmente (i.e. predios en los que no se produce carbón), entre los principales están mayor cantidad de pasto en los terrenos donde no se produce carbón vegetal, mayor vegetación, monte y sombra de los árboles (80%, Figura 28b). Otras ventajas de estos terrenos que los ganaderos de la Submuestra B tomaban en cuenta son aquellas relacionadas con características físicas del terreno como la altitud y la pendiente, porque consideran que son más aptas para el ganado. Un tercer aspecto que enfatizaron era que el uso de estos terrenos no genera daños en la salud (para humanos o ganado), porque no se produce humo dado que no hay producción de carbón vegetal. Con lo cual, es claro que el conocimiento local de las características de los predios en los que no se produce carbón vegetal es importante al momento de elegir donde se llevará al ganado y las opiniones de las ventajas de estos terrenos coinciden independientemente de la Submuestra que lo haya declarado.

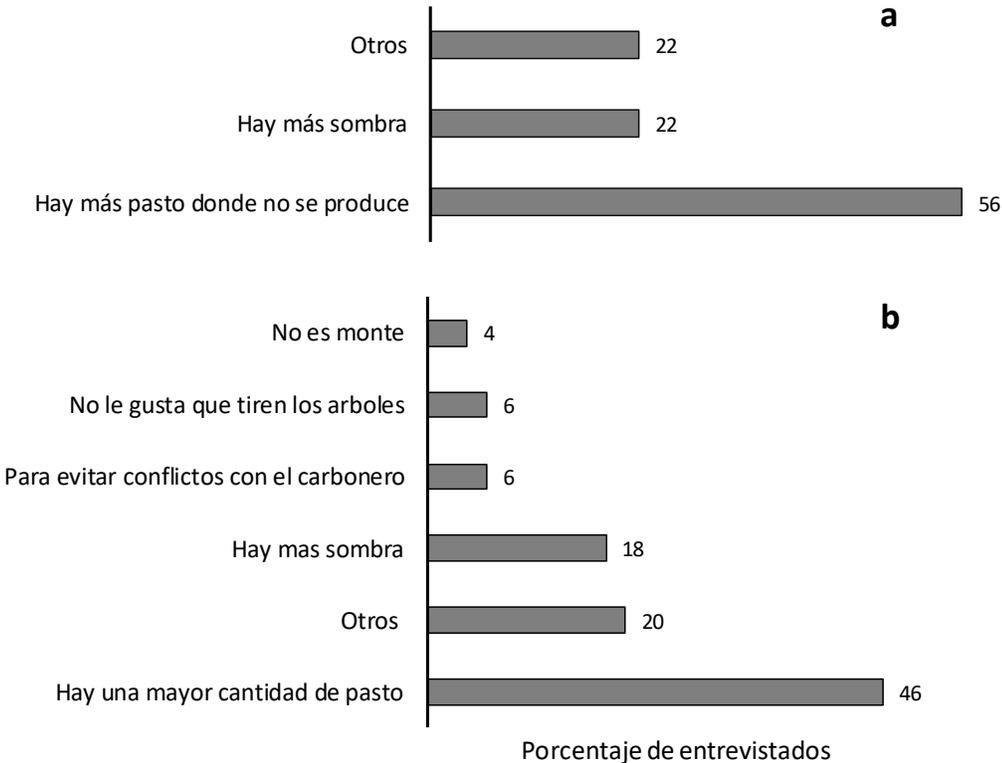


Figura 28. Razones por las cuales prefieren los terrenos donde no se produce carbón: a. ganaderos de la Submuestra A; b, ganaderos de la Submuestra B

El 40% de los ganaderos de la Submuestra A que están satisfechos con los predios que usan sugirieron algunas ventajas al utilizar los terrenos donde se produce carbón vegetal, por ejemplo, los retoños de los encinos sirven de alimento para el ganado (37%), hay una mayor cantidad de sombra (18%) debido a que hay más encinos comparada con otros predios que tienen una mayor proporción de pastizal, hay más pasto (18%) y otras razones (27%). Las otras razones los entrevistados mencionaron las siguientes: porque los carboneros “van limpiando el terreno”, “solo en tiempo de lluvias, en secas es mejor donde no (se produce)”, “porque es una forma de despejar los encinos” (Figura 29a).

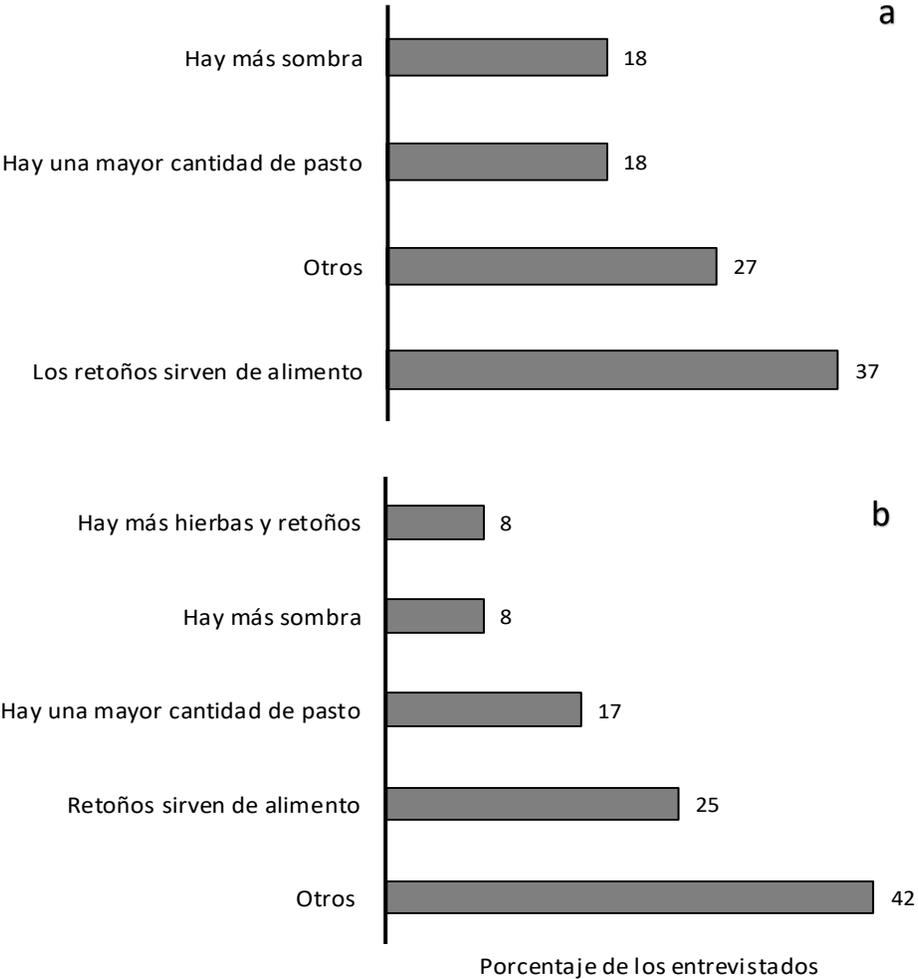


Figura 29. Razones por las cuales los ganaderos ingresan a su ganado en sitios donde se produce carbón: a, ganaderos de la Submuestra A; b, ganaderos de la Submuestra B.

Algunas de las razones por las cuales los ganaderos de la Submuestra B preferirían llevar su ganado a sitios donde si se produce carbón vegetal, coincide con la opinión de la Submuestra A y es principalmente porque los “retoños” de los encinos sirven de alimento al ganado y también porque se requiere limpiar el terreno del pasto

y las herbáceas, lo cual genera un ingreso adicional. Una tercera razón se debe a que “en esas áreas no hay mucha garrapata” porque al haber una mayor cobertura de encino y sombra que impide que se establezcan (Figura 29b).

Finalmente, un poco menos del 30% de los ganaderos de la Submuestra A y un poco menos del 10% de la Submuestra B, no tienen preferencia definida por alguno de los dos tipos de predios. Estos ganaderos señalaron que no hay diferencias en los predios porque la cantidad de pasto y de sombra es la misma, y otro grupo más pequeño de los entrevistados simplemente declaró que “les da igual” (son indiferentes).

De acuerdo con los ganaderos entrevistados los animales ganan peso al ingresar a estos predios donde pastan, principalmente en la temporada de lluvias, esto dependiendo de la cantidad de pasto que haya en dichos predios.

### 7.9. Costos y beneficios netos de la ganadería según Submuestra (Objetivo 4)

El número total de cabezas de la Submuestra A es de 774, mientras que el número total de cabezas de ganado de la Submuestra B es de 1,567. El gasto medio anual por cabeza que incurren los ganaderos para mantener a sus animales es ligeramente mayor para los ganaderos de la Submuestra B (Tabla 9), en otras palabras, no hay diferencia considerable en el gasto medio anual entre las dos Submuestras.

Se realizó un ejercicio similar al anterior para estimar la ganancia neta media anual por cabeza (i.e. beneficio) de las dos Submuestras (Tabla 9). Los resultados permiten llegar a conclusiones similares a las del cálculo de costos de mantenimiento del ganado por cabeza, es decir, no se encontraron diferencias entre los beneficios obtenidos para ambas Submuestras (Tabla 9).

Tabla 9. Costo y beneficio medio anual según Submuestra (por cabeza)

	Submuestra A	Submuestra B
<b>Costo medio (precios del 2016)</b>	4,964	5,362
<b>Beneficio medio (precios del 2016)</b>	12,250	11,700
<b>Número de animales</b>	774	1,567

Este primer resultado podría llevarnos a la conclusión de que no existen diferencias entre los costos de mantenimiento anuales por cabeza entre un grupo y otro, es decir, el llevar el ganado a predios en lo que se produce carbón y predios en lo que no se practica la producción de carbón no supone una diferencia considerable en los gastos y ambos grupos gastan aproximadamente lo mismo en mantener su ganado. La misma conclusión se obtiene cuando se analiza el beneficio neto por cabeza entre los dos subgrupos, es decir, no hay una diferencia considerable en las ganancias de un grupo y otro. Sin embargo, se llega a conclusiones distintas cuando en el

análisis se realiza el mismo cálculo tomando en cuenta las dos temporadas del año (es decir, temporada de lluvias y temporada seca).

Los costos (gastos) por cabeza de ganado en los que incurren los ganaderos de la Submuestra A en la temporada seca son alrededor de \$3,700 MXN, lo cual representa más del triple del costo invertido durante la temporada de lluvias (\$1,150 MXN). Cuando se hace este ejercicio para la Submuestra B, los costos por cada cabeza de ganado en los que incurren los ganaderos en la temporada seca son de alrededor del \$3,900 MXN, lo cual representa aproximadamente el triple del costo invertido durante la temporada de lluvias (\$1,300 MXN). El costo es mayor en la época seca donde se les suministra una fuente de alimentación extra a la obtenida en los terrenos durante el día, como son: el rastrojo, el concentrado comercial o engorda, el maíz molido, la avena forrajera, las sales, la alfalfa, el salvado y el janamargo (Figura 30).

En cuanto a los beneficios netos (ganancia neta) por cabeza de la Submuestra A en la temporada seca son de \$4,890 por cabeza, mientras que en la época de lluvias son de \$7,450, lo cual refleja que en la época de lluvias hay más ganancias por cabeza, ya que aumentan los beneficios alrededor de un 170 % (Figura 30). Mientras que en la Submuestra B los beneficios en la temporada seca son de \$4,600 por cabeza, mientras que en la época de lluvias son de \$7,200, lo cual refleja que en la época de lluvias hay más ganancias por cabeza, ya que aumentan los beneficios alrededor de un 150 % (Figura 30).

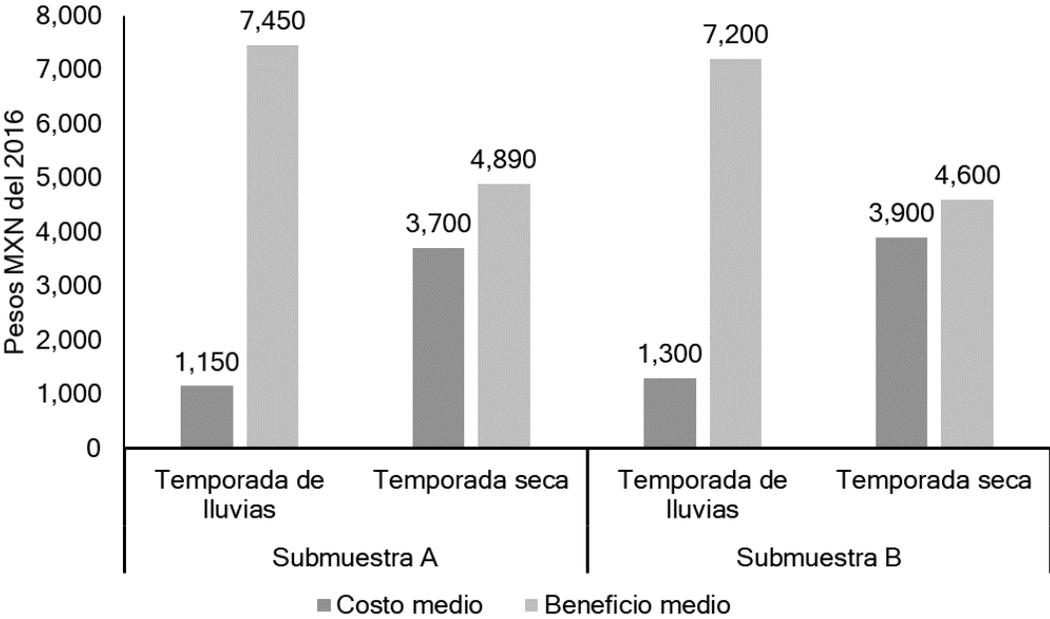


Figura 30. Costos y beneficios por cada temporada del año y por Submuestra de ganaderos

### 7.9.1. Costos y beneficios económicos de los predios según Submuestra (objetivo 4)

Los predios dedicados a las practicas ganaderas también son aptos para la explotación de otros recursos naturales (i.e. “otros usos”) que derivan ingresos económicos; por ejemplo, la recolección de plantas medicinales, recolección de hongos, extracción de leña y también otras actividades como colecta de nopales y la práctica de agricultura a pequeña escala. Las evidencias encontradas en este estudio muestran que los terrenos donde se encuentra el 40% de los ganaderos de la Submuestra A se extrae leña y se practica la agricultura a pequeña escala, obteniéndose un mayor beneficio económico en comparación a la superficie donde están los ganaderos de la Submuestra B, donde solo 20% aprovecha estos terrenos para este propósito. El 15% de los ganaderos de la Submuestra A señalaron que en estos predios también se lleva a cabo la colecta de plantas medicinales, comparado con el 10% de los ganaderos de la Submuestra B que aprovechan los precios para este tipo de actividad.

Finalmente, el 14% de los ganaderos de la Submuestra A respondió que se aprovechan estos espacios para la colecta de hongos, mientras el 21% de los ganaderos de la Submuestra B mencionó que también se aprovecha esta misma superficie para esta actividad. La Figura 31 muestra los porcentajes según tipo de extracción.

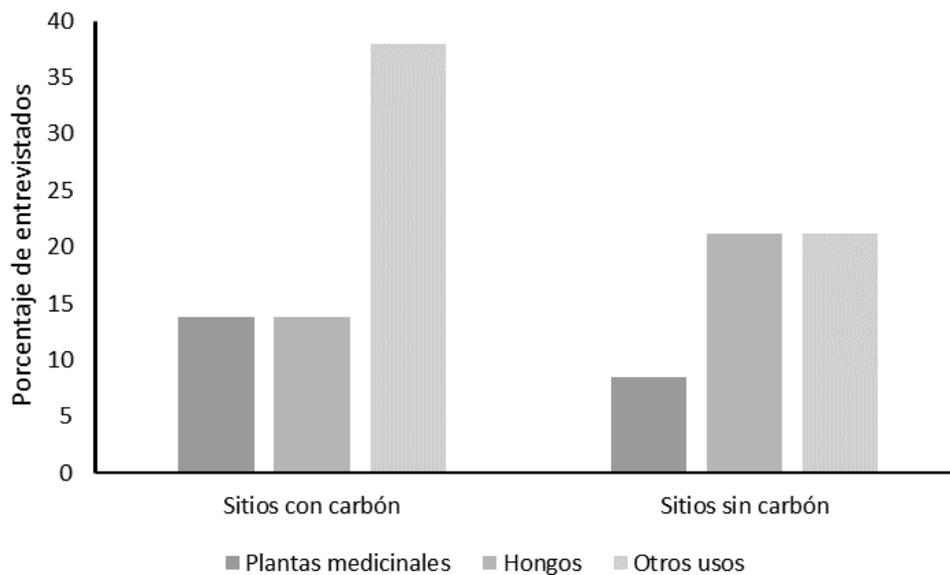


Figura 31. Otros usos que tienen los terrenos ganaderos

En general, en los sitios donde permanecen los animales de los productores de la Submuestra A se obtienen mayores beneficios económicos comparados a los beneficios que se obtienen de los terrenos de la Submuestra B, lo cual puede ser indicador de la intensidad del uso de suelo que hace un grupo y el otro.

A continuación, se presentan otros aspectos explorados en este estudio y que se relacionan con la percepción de los entrevistados respecto a las ganancias.

Dado que los ganaderos de la Submuestra A han experimentado el manejo de ganado en terrenos en los que tradicionalmente se produce carbón, tres cuartas partes de esta Submuestra aseguran que las dos actividades (ganadería y producción de carbón) se pueden desarrollar conjuntamente y sin perjudicarse. No obstante, la Submuestra B, compuesta por ganaderos que desarrollan el manejo del ganado en terrenos en los que no hay producción de carbón, está dividida en opinión y un poco más de la mitad asegura que no sería posible desarrollar ambas actividades sin perjudicarse mutuamente.

Asimismo, este grupo sugiere que el uso de un mismo predio para la práctica de las dos actividades podría originar problemas y conflictos principalmente por la naturaleza de las actividades, en palabras de los ganaderos reconocen que: “las vacas podrían destruir los hornos” o que “el ganado es muy destructivo”, así que ellos prefieren no ingresar su ganado en estos predios y así evitar que el ganado perjudique al carbonero.

Independientemente de la Submuestra a la que pertenecieran, más del 80% de los entrevistados reconocieron que la ganadería genera mayores ganancias en comparación a las ganancias generadas por la producción de carbón vegetal y por un mayor lapso, y menos del 10% de los entrevistados cree que las dos actividades (ganadería y producción de carbón) dejan ganancias en la misma magnitud.

## 8. Discusión

Este trabajo contribuye al entendimiento de las interacciones entre los servicios ecosistémicos, en función del manejo que se realiza en la región de la Cuenca de Cuitzeo donde se produce carbón vegetal. Aunado a esto, la estructura y composición florística de los sitios donde se mantiene al ganado, son prácticamente desconocidos, por lo que se sabe poco de la relación entre el ganado y la flora local (Guevara; 2001; Guevara y Lira, 2004; Hernández, 2001). Este estudio también contribuye al conocimiento de estos vacíos de información, en específico para el estado de Michoacán, México, y abre el panorama para mejorar nuestra comprensión sobre la relación del ser humano en este sistema manejado por los ganaderos, los colectores de plantas útiles y los carboneros que utilizan los diferentes servicios ecosistémicos. Los resultados obtenidos en este trabajo sirven de línea base para dar un panorama de cómo es el sistema de producción de carbón vegetal dentro del cual ocurren las actividades de la ganadería y colecta de plantas útiles en la actualidad.

### 8.1. Las áreas manejadas pueden mantener la diversidad vegetal.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo muestran que las zonas donde se realizan actividades como la elaboración de carbón vegetal y la ganadería, pueden mantener la diversidad vegetal. Esto podría deberse a que en el predio donde se realizó este estudio, se elaboró carbón vegetal hace cerca de 42 años, lo que puede influir en que en el año 2014 antes de que comenzará de nuevo el ciclo de corte de los encinos para elaborar carbón vegetal, se registraron 215 morfoespecies de plantas herbáceas y arbustivas. Posteriormente, durante 15 meses de recuperación del bosque y al mismo tiempo que el ganado se encontraba en el predio, se encontraron 198 especies vegetales en las parcelas experimentales. Aunque la vegetación del predio pudo haberse degradado, se mantuvo un número considerable de plantas, que representan alrededor del 56% de las especies registradas en el Cerro del Águila, una zona cercana al sitio de estudio y con baja perturbación humana (Cornejo-Tenorio *et al.*, 2013). Dicha riqueza vegetal tiene un efecto positivo sobre la magnitud de las funciones del ecosistema (Balvanera *et al.*, 2006; Quijas *et al.*, 2010). Y cuando hay un cambio de uso de suelo, este afecta la composición y las funciones de las especies presentes y, por consiguiente, la generación de los servicios (Quijas y Balvanera *et al.*, 2014).

El número de especies registrado en este estudio es superior al encontrado en otros trabajos realizados en México, pero inferior si solo consideramos la zona de pastizal. Por ejemplo, en los Tuxtlas, Veracruz, encontraron 106 especies en pastizales, 191 bajo el dosel de árboles remanentes y 111 en la zona límite entre el dosel y el pastizal (600 m<sup>2</sup>) (Guevara *et al.*, 1992). En la Sierra de Huautla, Morelos, 103 morfoespecies en 30 m<sup>2</sup> de selva baja caducifolia secundaria excluida, selva sin excluir y selva conservada (De la O-Toris *et al.*, 2012). En el Estado de México, 122 especies en parcelas con diferente tiempo de exclusión (uno, cuatro y ocho años) y una sin

exclusión en bosque de encino (6,629 m<sup>2</sup>) (Fuentes-Galindo, 2008). También en Morelos, 101 especies en zonas sin exclusión, exclusión por cuatro meses y exclusión por 24 meses, en pastizal inducido (Sánchez, 2008). En Nizanda y Chivela, Oaxaca, 135 morfoespecies en las sabanas y 93 en los pastizales inducidos, en conjunto 219 morfoespecies (165 m<sup>2</sup>) (López-Olmedo *et al.*, 2007).

En lo referente a las familias con mayor número de especies encontradas en este estudio fueron Poaceae, Cyperaceae, Asteraceae y Fabaceae, las cuales son dominantes en la mayoría de los pastizales a nivel mundial (Gibson, 2009). Por otra parte, Cornejo-Tenorio *et al.* (2013) encontraron a la familia Portulacaceae solo en pastizal, y Passifloraceae en el bosque de encino, este mismo patrón fue encontrado en el presente trabajo. No obstante, la especie de Portulacaceae es diferente a la del Cerro de Águila (la verdolaga, *Portulaca oleracea*, una especie exótica apreciada como alimento humano) que fue encontrada también en la zona de bosque, lo que puede deberse al manejo que ha favorecido su introducción en el predio.

## 8.2. ¿Son compatibles la conservación de la diversidad vegetal, la ganadería y la colecta de plantas útiles?

Los resultados obtenidos indican que, en el sistema de producción de carbón vegetal, los servicios ecosistémicos de mantenimiento de la diversidad, la provisión de forraje para el ganado y la provisión de plantas útiles pueden coexistir al mismo tiempo y ser compatibles. Debido a que durante el tiempo que duró este estudio la ganadería no afectó la diversidad vegetal ni la diversidad de plantas útiles (Figura 25). Sin embargo, son necesarios estudios a largo plazo, para conocer si esta compatibilidad entre las diferentes actividades se mantiene a través del tiempo.

### 8.2.1. Interacción Ganadería-Diversidad vegetal

Los resultados obtenidos en la riqueza y diversidad de plantas, durante los 15 meses en los que se realizó el muestreo, no concordaron con la hipótesis de este estudio que propuso un efecto de la ganadería sobre la diversidad. Es probable que se deba al tiempo de la exclusión, ya que se necesitan largos periodos para detectar cambios en la composición de las especies (Baraza y Valiente-Banuet, 2017). En un estudio de un pastizal en Morelos, México, Sánchez (2013) encontró que en el tratamiento de 24 meses de exclusión ya había valores bajos de riqueza, diversidad y equitatividad en las parcelas excluidas. Por lo que es probable que después de unos meses se puedan percibir diferencias a causa del ganado. Baraza y Valiente-Banuet (2017) en su trabajo sobre como la proximidad de otras plantas determina el efecto de exclusión de ganado, en 8 especies del matorral xerófilo de México, señalan que después de dos años de suprimir el ganado varias especies respondieron a la exclusión de los herbívoros dependiendo de la influencia de las plantas vecinas.

En las parcelas no excluidas la tendencia indica que hay más especies, lo cual fue observado tanto en las parcelas de la zona de pastizal como de transición y bosque. Lo que puede deberse a que la disminución de la biomasa de

las especies dominantes, favorece el establecimiento de especies competidoras y/o la entrada de especies no nativas (De la O-Toris *et al.*, 2012). La disminución de la riqueza en las parcelas excluidas puede deberse a que, al suprimir la presión del ganado, algunas especies crecen rápidamente y alcanzan tallas mayores, excluyendo aquellas que son menos competitivas o poco tolerantes a la sombra (Wilson y Tilman, 1993; Foster y Gross, 1998; Sánchez, 2013). La tendencia observada a través del tiempo en la riqueza y el incremento en el número de especies alrededor de los 300 días, fecha del muestreo realizado a finales de la época de lluvias (octubre 2015), se debe a que las plantas herbáceas pasan por la fenología reproductiva durante la estación lluviosa, mientras las plantas leñosas florecen y fructifican durante la estación seca (Ramírez y Briceno, 2011; Nakar y Jadeja, 2015). Aunque se ha mencionado que, en bosques templados este grupo de plantas pueden florecer durante el verano, otoño o primavera, como resultado de las variaciones estacionales en la temperatura y precipitación (Tookey y Battey, 2010; Cortés-Flores *et al.*, 2015).

En cuanto a la composición de especies, la zona de pastizal fue muy dinámica, específicamente en las parcelas de exclusión donde las especies más abundantes cambiaron a lo largo del tiempo. Esto puede deberse a que, en ausencia de la presión del ganado, algunas especies alcanzan una gran altura en poco tiempo (Foster y Gross, 1998). Lo cual, aunado a los periodos de sequía y la presencia de especies de lenta descomposición, ocasionan la acumulación de biomasa y el engrosamiento del mantillo (Foster y Gross, 1998). Esto resulta en una disminución de la intensidad lumínica cerca del suelo, lo que puede provocar la disminución de la riqueza y la diversidad, o bien el remplazo de ciertas especies por otros más tolerantes a la sombra excluyendo aquellas que son menos competitivas o poco tolerantes a la sombra (Foster y Gross, 1998; Hayes y Holl, 2003; Altesor *et al.*, 2006; Sánchez, 2013).

Tanto en las parcelas de no excluidas como en las excluidas se encontraron especies como: *Evolvulus alsinoides*, *Bidens odorata*, *Tagetes lucida* y *Sida rhombifolia*, pero en las parcelas no excluidas se presentan en tallas reducidas lo que sugiere una gran plasticidad frente a la herbívora, esto es similar a lo encontrado en los pastizales de Morelos (Sánchez, 2013), y en pastizales y sabanas de Oaxaca (López-Olmedo *et al.*, 2007). Díaz *et al.* (2001) en su revisión del efecto del ganado en la vegetación, mencionan que en la literatura se ha dicho que la altura de la planta y el tamaño de la hoja decrece en respuesta al forrajeo por los ungulados. Debido a que es un mecanismo de resistencia al forrajeo (Noy-Meir *et al.*, 1989).

Se encontraron varias especies, como: *Evolvulus alsinoides*, *E. prostratus*, *Ipomoea ternifolia*, *Euphorbia subreniformis*, *Crotalaria* spp., *Desmodium* spp., *Trifolium repens*, *Gaudichaudia cynanchoides*, *Dioscorea* spp., *Hilaria cenchroides*, *Anagallis arvensis*, *Mecardonia procumbens*, *Bouchetia arniatera*, *Viola grahamii*, que tienen hábito postrado o son plantas pequeñas o estoloníferas. Este hábito se ha señalado que es más abundante en

sitios pastoreados (Milchunas *et al.*, 1988; Díaz *et al.*, 2007). Entretanto en sitios no pastoreados hay una mayor abundancia de especies de crecimiento lento y de mayor tamaño (Milchunas *et al.*, 1988).

En el contexto de un proceso sucesional a largo plazo, la respuesta inicial a la exclusión del ganado muchas veces es transitoria (Wilson y Tilman, 1993). Además, no muestra todavía con claridad los cambios en los atributos de la comunidad que pueden registrarse en un periodo más prolongado. Por otra parte, se ha señalado que hay que tener especial cautela, ya que, si las especies de plantas aumentan con el pastoreo, estas especies adicionales pueden ser plantas comunes o no nativas (Belsky *et al.*, 1999).

Varias de las especies que fueron más abundantes tienen como característica que prosperan en sitios perturbados y en ocasiones llegan a presentarse como malezas, arvenses o ruderales. Muchas especies arvenses tienen un genotipo de naturaleza generalista que les permite ser muy plásticas y les otorga la capacidad de invadir y persistir en medios perturbados muy diversos (Baker citado en Espinosa y Sarukhán, 1997).

Algunas de las especies que fueron abundantes en los muestreos de las parcelas excluidas y sin excluir, presentan diversas características y preferencias por determinados sitios, por ejemplo: *Dicliptera peduncularis*, prospera como maleza, se encuentra en vegetación secundaria derivada de varios tipos de vegetación, además de ser una especie endémica del centro de México (Daniel y Acosta, 2003); *Mecardonia procumbens*, cuyo hábitat es diverso, desde campos, lugares abandonados, a lo largo de caminos (Vibrans, 2009), y como maleza en áreas alteradas (Stevens *et al.*, 2009), se le han atribuido propiedades medicinales (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana (Anónimo, 2009, monografía 7972)); *Evolvulus prostratus*, se encuentra en varios tipos de vegetación, aunque es un elemento endémico de México (Carranza, 2008), se le reporta como maleza en varios estados del país (Villaseñor y Espinosa, 1998; Vibrans, 2009); *Oxalis corniculata* se encuentra en varios tipos de vegetación primaria, frecuentemente como ruderal, arvense y en la vegetación secundaria, tiene preferencia por áreas alteradas, es una especie cosmopolita probablemente de origen europeo (Pérez-Calix, 2009). Por otra parte, se le puede señalar como una posible especie indeseable para fines ganaderos, pero al no ser dominante en otros sitios es difícil demostrar su condición de indeseable (Holechek *et al.*, 2000). Por lo que varias de las especies encontradas en el predio tienen afinidad por sitios perturbados y en algunos sitios se han reportado como malezas.

Entre las plantas encontradas, hay varias especies que han sido señaladas con alguna utilidad en otras localidades del país. Por ejemplo *Desmodium aparines*, que en Tlaxcala se usa la planta completa como forraje y en Oaxaca se utilizan sus tallos para diversos amarres (Rzedowski *et al.*, 2016). Mientras que *Bouvardia ternifolia*, que crece en diversos tipos de vegetación, preferentemente en lugares perturbados. Se le atribuyen diversas

propiedades curativas entre las que están, la disentería y la rabia ((Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana (Anónimo, 2009, monografía 7972; Vibrans (2009); *Croton adspersus* es común en matorral derivado de selva baja caducifolia y pastizal perturbado, además de que se le atribuyen propiedades medicinales (Vibrans, 2009; Molina-Paniagua y Zamudio, 2010). Otra especie que no fue abundante, pero se encontró en los muestreos es *Trifolium repens* es una especie exótica naturalizada, nativa de Eurasia (Vibrans 2009). Se ha mencionado que es forrajera y frecuentemente cultivada; también se utiliza como abono verde (Espinosa y Sarukhán, 1997).

### 8.2.2. Interacción Ganadería- Plantas útiles

Algunos autores han afirmado que para la provisión de servicios ecosistémicos como son las plantas medicinales, la pérdida de una especie resulta en la pérdida de una "unidad" de servicio ecosistémico. (Dobson *et al.*, 2006; Klein *et al.*, 2008). Para el servicio de provisión de bienes silvestres se obtuvo que el número de especies de plantas útiles encontradas en este trabajo (22 en las parcelas y 36 en el predio) es similar al que mencionan Gómez y Angón (2004) para dos localidades del municipio de Morelia (22 especies).

En el periodo de muestreo de este estudio no se encontró un efecto de la ganadería en la diversidad ni en la biomasa de plantas útiles (Sectores 1 Y 2 en Figura 25). Lo cual no concordó con la hipótesis del estudio que proponía que habría un efecto del ganado. Sin embargo, hay otros estudios en los que el ganado ejerció un efecto, por ejemplo: en la selva baja de Morelos, México, De la O-Toris *et al.* (2012) señalan que la densidad de hierbas con algún uso fue cinco veces más alta en las exclusiones de ganado. De igual manera, la biomasa aumentó a niveles más altos que en la selva conservada. Pero para otras especies útiles no fue suficiente el tiempo de 32 meses para su recuperación, ya sea por su baja dispersión o porque son pobres competidoras. En un bosque de coníferas en Pakistán, Sher *et al.* (2010) comparó una zona protegida del ganado durante siete años y otra sin protección, encontró 78 especies de plantas medicinales en el sitio protegido, comparado con las 33 en el sitio desprotegido donde ingresó ganado caprino.

Por otra parte, Adnan *et al.*, (2015) en un bosque secundario de coníferas en Pakistán, encontró un mayor número de especies de plantas medicinales a una distancia de 2 km de los hogares, señalando que un disturbio intermedio causado por las cabras favorece a estas plantas. Ghimire *et al.* (2006) para las praderas subalpinas de Nepal, menciona que las plantas medicinales y aromáticas registradas como resistentes al pastoreo fueron las más abundantes en los sitios con alto pastoreo. Pero este favorecimiento fue a expensas de las plantas apetecibles. Esto sugiere que las plantas medicinales pueden ser influenciadas positivamente, en cierta medida por las actividades humanas, principalmente el pastoreo. No obstante, sugiere que la combinación del pastoreo con altos niveles de colecta de plantas útiles tiene impactos negativos en la diversidad de las especies raras y amenazadas.

En un estudio en la pradera y el matorral de China, Klein *et al.* (2008) encontró que la mayoría de las plantas medicinales no fueron apetecibles. Además, aproximadamente la mitad de las plantas apetecibles fueron medicinales, estas plantas eran consumidas por Yaks, ovejas y caballos. Esto sugiere que el ganado bovino que ingresa a los predios en la zona de estudio puede no estar consumiendo las plantas medicinales, ya que se alimenta de las demás especies presentes (Sector 2 en Figura 25).

La respuesta regenerativa de la mayoría de las especies de plantas medicinales debido el pastoreo excesivo es pobre (Oba *et al.*, 2001; Adnan *et al.*, 2015). El ganado al depender de la vegetación natural eventualmente consume de las plantas más a las menos apetecibles (Klein *et al.*, 2008). Aunque varias especies de plantas útiles no son apetecibles (p.e. *Pseudognaphalium* spp, *Phytolacca icosandra*, *Loeselia glandulosa*), en ciertas condiciones incluso las plantas maduras son consumidas y ramoneadas. Por lo tanto, los individuos no alcanzan la madurez para completar su ciclo de vida (Sher *et al.*, 2010). Resultados similares también fueron señalados por Vesik y Westoby (2001) quienes observaron que el sobrepastoreo se vincula con la degradación de la vegetación existente y reduce la propagación de las especies no sólo a través del consumo directo sino también a través de la alteración material de su hábitat. Watkinson y Ormerod (2000) y Landsberg *et al.* (2002) han documentado que el pastoreo excesivo ha causado una destrucción, ya que las partes verdes son removidas y dañadas debido al pisoteo. Por lo que con un sobrepastoreo las especies que son medicinales podrían disminuir, ocasionándose una disyuntiva.

Los resultados indican que hay varias plantas útiles que se encuentran asociadas a diferentes estados de la vegetación, hubo menos especies útiles en la zona de pastizal y más en la transición, además estas plantas no respondieron al gradiente temporal, por lo que puede influir en que sea un recurso que no presenta disyuntivas. Los cambios en la composición de las hierbas debido a la ganadería pueden impactar la calidad de vida de los pobladores de las zonas aledañas a los bosques de encino y pastizales.

### 8.2.3. Potenciales disyuntivas entre las plantas útiles-y su colecta

Aunque en este estudio no se evaluó el efecto de la extracción de las plantas útiles, puede haber un potencial efecto negativo. Se ha mencionado que las plantas o las raíces que son forrajeadas o colectadas con fines medicinales se encuentran amenazadas en lo que refiere a su regeneración. Del mismo modo una planta forrajera que es colectada por sus raíces, sus rizomas o sus bulbos también está amenazada. Debido a que las plantas no desarrollan flores y semillas mientras las partes subterráneas se recolectan de forma destructiva (Sher *et al.*, 2010). En la zona de estudio se colectan los rizomas o tubérculos de *Dioscorea* aff. *galeottiana* llamada comúnmente chichuaraz o raíz del cerro, utilizada para la anorexia y para tratar los niveles de glucosa en la

sangre. Waizel-Bucay (2009) menciona a esta especie junto con otras nueve por ser utilizadas en la República Mexicana y en Centroamérica con fines medicinales, ya sea para tratar el reumatismo, el dolor o como abortiva.

Adnan *et al.* (2015) señala que en Pakistán algunos recolectores de plantas medicinales son inexpertos ya que carecen de un entrenamiento adecuado para su cosecha, o tienen información inadecuada acerca de la estación de recolecta, el tiempo adecuado de colecta durante el ciclo de vida de la planta, la tasa de cosecha, la madurez de las plantas cosechadas y la cantidad de coleccionar. Por lo que esto podría causar un efecto dañino sobre las plantas útiles inclusive llegando a ser mayor que el efecto de la ganadería, si consiste en extraer todas las plantas o las raíces. Por lo que es recomendable conocer por que los colectores de la zona de estudio recolectan determinada cantidad de plantas. Hay especies de plantas útiles que son más abundantes y/o germinan en alguna temporada del año, razón por la cual algunos colectores y usuarios de plantas de la zona de estudio aprovechan para coleccionarlas y guárdalas para cuando se necesiten.

### 8.3. Disyuntiva entre la ganadería y la provisión de forraje

Los resultados obtenidos para la biomasa de las plantas herbáceas y arbustivas, así como la biomasa de las plantas forrajeras, concuerdan con la hipótesis del estudio que propuso que habría un efecto de la exclusión del ganado (Sector 2 y 3 en Figura 25). Los resultados son similares a lo ocurrido en un pastizal natural de Argentina donde la exclusión de ganado permitió un aumento de la biomasa de pastos y herbáceas (Nai-Bregaglio *et al.*, 2002). De la misma manera en una selva seca de México, el hábitat excluido presentó mayor biomasa de herbáceas en comparación con el perturbado (De la O-Toris *et al.*, 2012). De manera similar, Divinsky *et al.* (2017), en pastizales de Israel encontraron que en las parcelas no pastoreadas la biomasa se incrementó. Floyd *et al.* (2003) y Díaz *et al.* (2007) señalan que la biomasa se ve reducida debido a la presencia del ganado. En el presente estudio, a finales de la temporada de lluvias (300 días de la exclusión) hay un aumento de la biomasa en las parcelas esto se debe a que como menciona Sneva (1982) la precipitación en la estación de crecimiento o los periodos de precipitación por si mismos se han correlacionado con un aumento en el rendimiento de las herbáceas.

En ambas parcelas de la zona de bosque se encontró una menor cantidad de biomasa con respecto a la zona de pastizal, esto es debido a que la sombra de los árboles en ecosistemas boscosos suele provocar una disminución en la producción de forraje del sotobosque (McIntosh y Allen 1998; Standiford, 2002). Asimismo, los encinos compiten por la luz y la humedad con el forraje del sotobosque, alterando también el estado de los nutrientes del sitio por la profundidad de sus raíces y el ciclo de los nutrientes a partir de la caída de hojarasca (Standiford, 2002). Al inicio de la exclusión en las parcelas de bosque había una cantidad abundante de hojarasca de encinos y muy pocas especies de herbáceas y arbustivas, al llegar la temporada de lluvias muchas especies que se encontraban

en estado latente germinaron y/o crecieron. No obstante, los encinos que fueron aprovechados para carbón vegetal vuelven a rebrotar con lo que la sombra de los encinos vuelve poco a poco a estos sitios. También, Standiford (2002) menciona que el dosel de los encinos tiene un efecto en la producción de forraje, su composición, y su calidad que varía dependiendo de la precipitación, las especies de encino, y la cantidad de cobertura del dosel.

La composición de las especies y la diversidad interviene en el efecto del pastoreo sobre la biomasa (Altesor, 2005, Sector 3 en Figura 25). Sin embargo, la biomasa dentro de la exclusión llega a ser más alta que fuera, lo que sugiere que un fuerte componente de la estructura del dosel interviene sobre los efectos del pastoreo en la biomasa. Al aumentar el tiempo de exclusión aumenta la acumulación de materia seca u hojarasca, lo cual, junto con una vegetación más alta, puede representar un obstáculo para el establecimiento y crecimiento de varias especies, ya que reduce la eficiencia en la absorción de la radiación debido al autosombreado, además de presentarse un bloqueo físico por la materia seca acumulada y el aumento en la altura del estrato herbáceo (Altesor, 2005; Sánchez, 2013). Para los pastizales húmedos y subhúmedos, Altesor (2005) ha señalado que la luz es uno de los recursos más importantes que limitan la producción vegetal.

Los resultados mostraron que en la zona de pastizal el ganado tiene más biomasa para alimentarse, lo cual puede sugerir que mientras haya un mosaico formado por distintas coberturas vegetales, las actividades productivas de la ganadería, colecta de plantas y la producción de carbón se complementan, debido a que, aunque se realicen en el mismo terreno pueden ocupar distintos lugares durante algún tiempo determinado. En el pastizal se encontraron más especies de gramíneas que en la zona de bosque, sin embargo, en la zona de transición los pastos ocuparon el segundo lugar en aportar a la biomasa forrajera, lo que concuerda con Cardinale *et al.*, (2012) que a mayor riqueza de pastos mayor es la producción de forraje.

En este trabajo aún no es claro el cambio en la composición de las especies forrajeras. Sin embargo, es de esperarse que haya un cambio debido a que el ganado no consume todas las herbáceas. Por ejemplo, las especies que presentan espinas, tienen sustancias tóxicas o látex no son consumidas, por lo que estas especies podrían dominar bajo un esquema de ganadería extensiva (Sector 3 en Figura 25, Iñiguez *et al.*, 2007). Los ganaderos mencionaron como plantas tóxicas para el ganado las siguientes especies: *Croton adspersus*, *Cestrum fulvescens*, *Cucurbita radicans* y *Passiflora bryonoides*. Además, se encontraron otras plantas que tampoco son consumidas, por ejemplo: *Funastrum elegans*, *Pseudognaphalium spp*, *Dioscorea minima* y *Loeselia mexicana*.

El forrajeo selectivo del ganado influye en la composición florística de los sitios donde se alimenta (Figura 25). Un efecto que tiene el ganado en la vegetación es su acción como dispersor de semillas. Las vacas no solo

dispersan las que quedan pegadas en su pelaje (epizoócoras), sino que también diseminan las gramíneas al ingerir sus panículas junto con el follaje y ciertas especies leñosas al ingerir sus frutos, así las semillas son concentradas y depositadas posteriormente con las heces en sitios puntuales (Guevara *et al.*, 1994). En pastizales de Argentina se observó que los pastos y las herbáceas no consumidas por el ganado aumentaron su abundancia en sitios pastoreados (Nai-Bregaglio *et al.*, 2002). Mientras que en un pastizal de California se encontró un cambio en la composición, en el cual las especies más afectadas fueron las herbáceas (Hayes y Holl, 2003). Con un pastoreo intensivo, hay una disminución en la abundancia de las plantas preferidas por el ganado, es decir, de las especies apetecibles y de los pastos nutritivos, que son remplazados por especies menos comestibles cambiando la composición y la apariencia de la comunidad (Gurevitch *et al.*, 2006; Díaz *et al.*, 2007; Cingolani *et al.*, 2008). Sin embargo, Díaz *et al.* (2001), señala que es la respuesta de las plantas al forrajeo es más diversa y depende del contexto evolutivo del forrajeo y del contexto climático de las diferentes regiones.

La disyuntiva ocasionada por el ganado se refleja en la disminución de la biomasa vegetal en las parcelas pastoreadas (May, 1977; Cavender-Bares *et al.*, 2015). Esta disyuntiva se genera entre la capacidad del sistema de soportar al ganado vacuno para la producción de carne o leche y la capacidad de mantener la biomasa de los ecosistemas y la productividad primaria. El crecimiento de la población de bovinos es regulado por la biomasa del ecosistema, la cual es consumida dependiendo de la densidad de los animales. Por lo que la dinámica del sistema está dirigida por las tendencias del crecimiento de la biomasa y el crecimiento de la población de ganado, las cuales se encuentran interactuando, lo que puede causar fluctuaciones en las funciones y servicios del ecosistema o disminuir los servicios (Cavender-Bares *et al.*, 2015).

Aunque no se evaluó directamente en este estudio es muy probable que haya una disyuntiva entre forraje y la madera de los encinos. Como lo indicaron varios ganaderos en las entrevistas, al cortar los encinos se obtiene una mayor cantidad de pasto, similar a lo mencionado para encinares de California (Standiford, 2002). Mora *et al.* (2015) mencionan que la tala de los bosques es un requerimiento para el incremento de la disponibilidad de forraje de los pastos que requieren luz. Sin embargo, conforme los encinos van regenerándose por medio de los rebrotes, la cantidad de luz que ingresa al sotobosque se va reduciendo, excluyendo a los pastos, entonces la densidad de tallos que rebrotan origina una disyuntiva entre la madera y el forraje. Sircely *et al.* (2013) señala que la biomasa forrajera declinó conforme aumentaba la biomasa del dosel. Por otro lado, en África no fue percibido por los pobladores un cambio debido a la producción de carbón en los servicios relacionados a los pastos, como el pastoreo (Woollen *et al.*, 2016).

#### 8.4. La lógica del manejo del ganado tiene motivos económicos

Mantener al ganado en sitios donde hay encinos o se produce carbón vegetal es una fuente ahorro económico para los ganaderos. El sistema ganadero en la zona de estudio funciona de esta manera principalmente debido a que el costo es menor y a las preferencias que tienen los ganaderos por los terrenos que cumplen ciertas características aptas para sus animales. Por lo que el conocimiento de estos terrenos no solo debe a la tradición sino también a que los ganaderos han tenido una interacción con la naturaleza.

En época de secas el costo que se invierte por cabeza es de \$3,739 y \$3,900, de la Submuestra A y B respectivamente. Lo cual es superior a lo encontrado en Tejupilco Estado de México, donde el costo invertido en la época de secas fue de \$2,087 por cabeza (Puebla-Albiter *et al.*, 2013). Mientras que el beneficio en la época de seca fue de \$4,870 y \$4,631, de la Submuestra A y B respectivamente, ligeramente mayor a lo encontrado (\$4,209.5, pesos de 2012) por Puebla-Albiter *et al.* (2013). Lo cual sugiere que se gasta más en mantener al ganado en la zona de estudio, aunque se obtienen beneficios ligeramente mayores. En la época de lluvias este costo se reduce a una tercera parte de lo invertido en la época seca. Y por consiguiente hay un aumento en los beneficios que se obtienen en la época de lluvia, de alrededor del 35%. La aplicación del método de precios de mercado permite explicar una razón económica de por qué los ganaderos prefieren dejar su ganado libre durante la temporada de lluvias.

En este estudio se encontró que los ganaderos utilizan diferentes insumos para alimentar a su ganado, por ejemplo, concentrados, avena, alfalfa, janamargo, rastrojo. No obstante, el tipo de insumos y la cantidad utilizada depende de cada productor. Jiménez (2007) también en una localidad del estado de Michoacán, señala que el suministro de alimento fue muy variado y dependió de los recursos de cada productor. Además, el uso de concentrados aún en los hatos pequeños ha sido mencionado por Espinoza-Ortega *et al.*, (2005) como dependencia del insumo. En el presente estudio se registró que el uso de rastrojo es una práctica muy frecuente en la zona, debido a que la época de sequía representa un problema serio para los ganaderos. Además de que hay algunas extensiones de terrenos dedicadas a sembrar y llevar a cabo la producción de rastrojo. Los resultados de este estudio permiten señalar que una de las principales limitaciones productivas para los ganaderos es la dependencia de los forrajes, granos, concentrados, lo que los hace vulnerables a la volatilidad de precios de las materias primas empleadas para el alimento, tal como menciona Cabrera (2013) en sistemas familiares de producción de leche de Veracruz. El sistema se afecta por el incremento de los costos de producción, sobre todo en lo referente a la alimentación, ya que existe una dependencia de alimentos balanceados, los cuales aumentan constantemente (Brunet *et al.*, 2000; Brunet *et al.*, 2005).

El costo por concepto de alimento concentrado varía durante el año, debido a la relación que existe con la temporada de lluvias o de sequía, similar a lo que mencionan Abrego (2011) para Puebla; Cesin *et al.*, (2007) para el estado de México y Jiménez (2007) para Michoacán. En estos lugares también se aporta alimento balanceado con mayor énfasis en la época de estiaje. Para alimentar a los animales, los productores realizaron mayor gasto en la compra de alimento concentrado y maíz molido con rastrojo, como los insumos alimentarios más utilizados en esa época, similar a lo que reportan Hellin *et al.* (2013) y Puebla-Albiter *et al.* (2013). La etapa crítica es la época de estiaje, cuando la disponibilidad de forrajes es escasa (Brunnet *et al.*, 2005). En esta etapa los animales son sometidos a altas cantidades de rastrojo y subproductos agrícolas de bajo nivel energético, lo que representa problemas nutricionales. Por lo que llevar a cabo programas adecuados de alimentación, manejo, medicina preventiva, se traduce en una disminución de costos de producción y a su vez aumenta las posibilidades de mejores ganancias (Cabrera, 2013). Los ganaderos de la zona de estudio llevan a cabo varias prácticas preventivas como es la vacunación de su ganado.

En la actualidad, los beneficios obtenidos en la zona de estudio por la actividad ganadera han estado disminuyendo a causa del robo ocasionando pérdidas económicas. Sin embargo, lo han señalado diversos autores, la ganadería sigue llevándose a cabo debido a que el ganado es percibido como una “cuenta de ahorro”, que muchas veces funciona como una fuente de dinero en caso de alguna emergencia económica (Mora *et al.*, 2015), como lo señalaron los ganaderos en las entrevistas “los vendo cuando hay alguna necesidad” o por el apoyo gubernamental que ha promovido la producción de ganado (Borrego y Skutch, 2014) como puede ser el PROGAN o SINIIGA, o bien por cuestiones de prestigio social y respeto por ser “rancheros” (Mora *et al.*, 2015).

### 8.5. Sinergias y disyuntivas sociales

Al observar algunas de las respuestas obtenidas en las entrevistas, se encuentran varias disyuntivas de carácter social, esto es debido a que algunos ganaderos han tenido problemas con los carboneros, razón por la que prefieren no ingresar el ganado a los terrenos donde se produce carbón. No obstante, hay algunos ganaderos que si prefieren estos lugares por que los rebrotes sirven de alimento al ganado y porque tienen sombra cuando aún no han cortado los árboles. Algunos ganaderos mencionaron también que no le gusta que se corten los árboles de los encinos, y aunque podría realizarse la actividad carbonera, ellos prefieren mantener su monte. En el ámbito social la disyuntiva entre la provisión de forraje y la ganadería, beneficia a los ganaderos con mayor énfasis en la época de lluvias, ya que es cuando hay una mayor producción de biomasa vegetal que es aprovechada por los animales, tal como fue encontrado en este estudio, en el muestreo realizado en el mes de octubre. También los ganaderos reconocieron que el dosel de los encinos les provee sombra para el ganado, y algunos reconocieron que las plantas del sotobosque son importantes para alimentar a su ganado, resultados similares fueron obtenidos

por Mora *et al* (citado en King *et al.*, 2015). Además, el ganado elimina el combustible reduciendo la posibilidad de que se generen incendios en bosques pastoreados (Cingolani *et al.*, 2008; Standiford, 2002), esto también fue mencionado por los carboneros en un taller realizado en 2016 en la localidad de Cuto de la Esperanza, Morelia, Michoacán, México.

Los diversos grupos de partes interesadas tienen diferentes preferencias y valores acerca de los servicios. Además, los servicios difieren en sus patrones espaciales o temporales de beneficios y costos (Cavender-Bares *et al.*, 2015). Pueden generarse conflictos como resultado de las preferencias divergentes que tienen los diferentes usuarios de los servicios y otras partes interesadas (Martin-López *et al.*, 2012; King *et al.*, 2015). Aunque aún faltan más estudios sobre la relación de la ganadería con la producción de carbón vegetal, puede haber una disyuntiva entre la conservación de los bosques, la riqueza de especies, y el sustento de los campesinos que dependen de la producción ganadera, y el sustento de los carboneros que dependen de la tala de encinos. Similar a lo encontrado en Jalisco, donde hay disyuntivas entre la conservación de los bosques, la riqueza de especies y el sustento de los campesinos (Mora *et al.*, 2015).

El forraje para el ganado y las plantas medicinales no pueden ser manejados independientemente, por lo que la aproximación sistémica es necesaria, para incorporar al manejo las necesidades de los diferentes usuarios (Kumar *et al.*, 2006). El uso de suelo y las acciones de manejo en las comunidades vegetales induce respuestas y cambios en la comunidad. Estas respuestas de la vegetación modifican la economía y otros beneficios que pueden ser obtenidos del sistema manejado. La vegetación cambia en respuesta a las decisiones de manejo forrajero, y por consiguiente se modifica la producción primaria vegetal y animal, así como los ingresos económicos del sistema (Díaz *et al.*, 2001). También, Ghimire *et al.* (2006) señala que el mantenimiento de la diversidad de plantas medicinales y aromáticas, así como otros recursos de la pastura, son dependientes críticamente de las prácticas de manejo, que incluyen estrategias para mantener un nivel de pastoreo y cosecha de recursos que sea favorable tanto ecológicamente como económicamente.

El impacto de la ganadería dependerá de la divergencia entre el grado de herbivoría que sea el óptimo y la carga ganadera que produzca los máximos ingresos (Cingolani *et al.*, 2008). La conservación de la diversidad a nivel de paisaje no es compatible con un manejo ganadero orientado a maximizar los ingresos por unidad de superficie. Es difícil mantener la totalidad de las especies vegetales con un único manejo, aun cuando la compatibilidad entre ganadería y conservación sea alta. Por ello, es necesario utilizar estrategias mixtas de manejo en una región y mantener establecimientos y/o áreas protegidas con distintos niveles de carga (Kemp y Mitchalk 2007; Alrababah *et al.*, 2007). Se deben de tomar en cuenta las características del sistema como son, la historia, la productividad,

la heterogeneidad del paisaje, para que puedan orientar la elaboración de estrategias regionales (Cingolani *et al.*, 2008).

Los ganaderos llevan a cabo un manejo consciente de sus animales y de los terrenos donde deciden que ingresen. En las entrevistas los productores mencionaron que eligen los terrenos “dependiendo de la cantidad de pasto” que hay en los sitios, asegurándose de que el ganado se pueda alimentar durante el tiempo que ellos consideran necesario. Así ellos eligen los terrenos aptos para el número de animales que tienen. Debido a esto se lleva a cabo una rotación entre los diferentes terrenos de los cuales son dueños o que rentan. Al llevar a cabo este manejo los ganaderos están disminuyendo las disyuntivas entre los servicios ecosistémicos y favorecen algunas sinergias.

En el predio donde se realizó el trabajo se elaboró carbón vegetal hace 42 años, y de nuevo el ciclo de corte comenzó desde hace 3 años. Este largo periodo entre aprovechamientos, puede haber influido en las disyuntivas y sinergias encontradas durante el tiempo en que se realizó este trabajo. Sin embargo, en otros sitios de la cuenca de Cuitzeo el ciclo de corta de los encinos es más corto, de aproximadamente 8 a 10 años (Aguilar *et al.*, 2012, Ramírez-Mejía, 2015), por lo que las disyuntivas pueden hacerse más evidentes. Probablemente un periodo de 40 años entre ciclos ayudó al restablecimiento de la diversidad vegetal y la regeneración de los encinos. Por otra parte, la cantidad de ganado que ingresó varió a lo largo de los 15 meses de monitoreo, desde 15 hasta 50 cabezas, siendo 39 las que estuvieron durante toda la temporada de lluvias de 2016. Por lo que al aumentar la carga ganadera pueden aumentar las disyuntivas.

De acuerdo con lo que menciona Bennett *et al.* (2009) los científicos corremos el riesgo de hacer suposiciones incorrectas sobre los mecanismos atrás de las relaciones entre los servicios y hacer un manejo de estas ineficiente, si solo cuantificamos las disyuntivas y sinergias en solo punto en el tiempo, o si solo examinamos la coexistencia espacial entre servicios ecosistémicos múltiples. Debido a esto se deben de seguir evaluando las interacciones entre la ganadería, las plantas útiles y el mantenimiento de la diversidad vegetal a lo largo del tiempo con el fin de observar si las relaciones entre los servicios que se encontraron en este trabajo, se mantienen o cambian y de que manera afectan a los beneficiarios de estos recursos.

## 8.6. Recomendaciones

Se recomienda que se continúe con el muestreo de las parcelas de exclusión con el fin de entender que pasa a través del tiempo. Y evaluar como al irse regenerando de nuevo el bosque la biomasa forrajera va disminuyendo al mismo tiempo que los encinos se van regenerando. En otros sitios de la cuenca de Cuitzeo, se han observado plántulas de encino en los pastizales inducidos, por lo que podría esperarse el restablecimiento de los encinos.

Se sugiere que en estudios posteriores se considere un número mayor de predios para el análisis de las parcelas de exclusión, con el fin de abarcar los diferentes relieves de la Cuenca de Cuitzeo donde se lleva a cabo la ganadería y la producción de carbón vegetal en la zona.

Se recomienda que se cuiden los encinos después de que han sido cortados para elaborar carbón vegetal. Ya que el ganado se come los rebrotes. De acuerdo con lo mencionado en el taller de producción de carbón vegetal realizado en 2016 en la localidad de Cuto de la Esperanza, Morelia, Michoacán, México. Algunos carboneros y ganaderos han sugerido un tiempo de un año, pasado ese tiempo, el ganado ya no se come los rebrotes *“cuando esta sazón el encino ya no les gusta”*. Los ganaderos también recomendaron que se observen los encinos a los cuatro meses después de que fueron cortados para saber si están rebrotando. Hay que mencionar que de los 5 o más rebrotes de un encino, solo 2 o 3 llegan a ser de nuevo árboles. Solo hasta después de 4-5 años se ve si el árbol llegara a ser adulto.

Algunos carboneros para evitar que el ganado dañe los hornos han colocado alambre de púas alrededor de los hornos, esta puede ser una medida para evitar los conflictos entre ganaderos y carboneros. Y así, poder coexistir la ganadería y la producción de carbón vegetal.

Se recomienda que se continúe con el estudio de las plantas útiles, con el fin de registrar más plantas en las diferentes localidades de la Cuenca.

En el predio aproximadamente había una cabeza de ganado por hectárea, en algunas ocasiones hubo más, pero por un tiempo corto. Sin embargo, se corre el riesgo de que en un futuro aumenten el número de cabezas por hectárea, a la par de que aumente la producción de carbón vegetal. Por lo que es necesario evaluar la capacidad de carga de los predios, para así evitar el sobrepastoreo.

## 9. Conclusiones

La provisión de los servicios ecosistémicos depende de varios factores, por lo que es fundamental que su estudio se realice de manera integral, para ello es útil realizarlo a través del marco de sistemas socio-ecológicos, incluyendo tanto aspectos sociales, que abarcan aspectos económicos y de percepciones, así como aspectos ecológicos.

El predio conserva una riqueza considerable de especies de plantas (198), algunas de ellas son endémicas del país. Aunado a ello, varias de las plantas (26 especies) tienen algún uso, ya sea medicinal, ornamental, comestible y forrajero (87 especies).

Se encontró que no hay disyuntivas o sinergias, entre la ganadería y el servicio ecosistémico de provisión de plantas útiles. Por otra parte, la diversidad vegetal y de plantas forrajeras no cambió por el pastoreo. La acción del ganado disminuyó la biomasa de las plantas forrajeras y de las plantas en general. Pero dicho efecto fue más fuerte en la zona de pastizal, en la cual no ocurre la producción de carbón vegetal. Sin embargo, esta disminución fue perceptible después de que transcurrieron alrededor de 300 días de exclusión.

Los ganaderos al llevar a cabo un manejo consciente de sus animales y de los terrenos donde los ingresan, están disminuyendo las disyuntivas y favorecen algunas posibles sinergias entre los servicios ecosistémicos.

El conocimiento local de los ganaderos es sólido debido a que independientemente de la Submuestra, se obtuvieron respuestas similares, en cuanto a la percepción de los terrenos aptos para el ganado y para la elaboración de carbón vegetal. La mayor parte de los ganaderos que ingresan a sus animales en sitios donde se produce carbón vegetal, tienen preferencia por esos terrenos. Por otra parte, la mayoría de los ganaderos que ingresan a su ganado en sitios donde no se produce carbón vegetal, prefieren esos terrenos por diversas cuestiones.

En las dos Submuestras de ganaderos, los costos y beneficios económicos son similares. Sin embargo, hubo una variación en la cantidad de animales que tienen, siendo mayor para los ganaderos que ingresan su ganado a sitios donde se produce carbón vegetal. Los beneficios de mantener el ganado libre en el campo son substanciales para los ganaderos, ya que el costo por el alimento del ganado disminuye cerca de tres veces, particularmente en la época de lluvias. Por lo contrario, los costos se triplican en la época seca, debido a la compra de diversos insumos que se utilizan para alimentar al ganado.

Los ganaderos señalaron que la actividad ganadera deja más ganancias para el dueño de los terrenos en comparación de las ganancias obtenidas de la actividad carbonera. Los terrenos donde se produce carbón vegetal

son utilizados con una mayor intensidad en cuanto a las actividades que se realizan ahí, por lo que podría verse más impactado debido a este grado de explotación de los recursos naturales.

Las ganancias que obtienen los ganaderos de sus animales y sus percepciones acerca de los terrenos donde deciden mantenerlos, son importantes para entender el manejo actual de la ganadería en la zona de estudio, así como las disyuntivas que están ocurriendo actualmente, las que se están evitando y las que pueden ocurrir en el futuro, tanto de carácter ecológico como de carácter social y temporal.

En este sistema de producción de carbón vegetal, el mantenimiento de la diversidad y las actividades de ganadería y colecta de plantas útiles pueden suceder en conjunto, debido a que durante el tiempo en que se realizó este estudio, la carga de ganado se mantuvo a niveles de aproximadamente una cabeza por hectárea. También puede deberse a que la producción de carbón vegetal fue manejada con un periodo amplio entre aprovechamientos (40 años). Es necesario seguir evaluando a largo plazo si estas actividades pueden seguir coexistiendo.

La ganadería disminuyó la biomasa por lo que habría que cuidar la cantidad de animales y/o los meses en los que los animales ingresan a los predios. Finalmente, son necesarios estudios sobre las tasas de regeneración de los bosques de encino en el contexto de la producción de carbón vegetal, y observar su interacción con la ganadería.

Este estudio contribuye hacia un mejor entendimiento de los procesos ecológicos y socio-económicos que rigen la provisión y las disyuntivas entre los servicios ecosistémicos de las zonas manejadas para producir carbón vegetal en México. Lo que puede contribuir hacia el manejo de estos sitios para servicios ecosistémicos múltiples.

## Literatura citada

- Abrego, C.H. 2011. El sistema familiar de producción de leche bovina en el municipio de Nopalucan, Puebla. Tesis de maestría. Colegio de Posgraduados. Puebla, Puebla. 84 p.
- Adams, T.E., Sands, P., Weitkamp, W.H., Mcdougald, N., 1992. Oak seedling establishment on California rangelands. *Journal of Range Management* 45: 93–98.
- Adnan, M., Tariq, A., Begum, S., Ullah, A., Mussarat, S., 2014. Medicinal plants after forest disturbance, restoration and cultivation in Pakistani Himalaya. *International Journal of Agriculture and Biology* 16: 1006–1010.
- Adnan, M., Tariq, A., Shinwari, Z.K., 2015. Effects of human proximity and nomadic grazing on the diversity of medicinal plants in temperate hindukush. *Pakistan Journal of Botany* 47: 149–157.
- Aguilar, R., Ghilardi, A., Vega, E., Skutsch, M., Oyama, K., 2012. Sprouting productivity and allometric relationships of two oak species managed for traditional charcoal making in central Mexico. *Biomass and Bioenergy* 36: 192–207.
- Alkemade, R., Reid, R.S., van den Berg, M., de Leeuw, J., Jeuken, M., 2013. Assessing the impacts of livestock production on biodiversity in rangeland ecosystems. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 110: 20900–20905
- Alrababah, M.A., Alhamad, M.A., Suwaileh, A., Al-Gharaibeh, M. 2007. Biodiversity of semi-arid Mediterranean grasslands: Impact of grazing and afforestation. *Applied Vegetation Science* 10: 257–264.
- Altesor, A., Oesterheld, M., Leoni, E., Lezama, F., Rodríguez, C., 2005. Effect of grazing on community structure and productivity of a Uruguayan grassland. *Plant Ecology* 179: 83–91.
- Altesor, A., Piñeiro, G., Lezama, F., Jackson, R.B., Sarasola, Paruelo, J.M., 2006. Ecosystem changes associated with grazing in subhumid South American grasslands. *Journal of Vegetation Science* 17: 323–332.
- Anderson, D. R. 2008. Model Based Inference in the Life Sciences. Springer, New York.
- Angón, M., Gómez, M., Gómez, V., Perales, M. 2005. Aprovechamiento de recursos forestales no maderables en los bosques templados: En Villaseñor L.E. (edit). *La biodiversidad en Michoacán: Estudio de caso*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Diversidad. Secretaria de Urbanismo y Medio Ambiente, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. 131-133 pp.
- Anónimo. 2009a. Biblioteca digital de la medicina tradicional mexicana. Monografías 7972, 8002. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx>. Consultada en 2016.
- Arizpe, L., F. Paz y M. Velásquez. 1993. *Cultura y cambio global: percepciones sociales sobre la deforestación en la Selva Lacandona*. Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM-Miguel Ángel Porrúa, México.
- Arnold, J.E.M., Köhlin, G., Persson, R., 2006. Woodfuels, livelihoods, and policy interventions: changing perspectives. *World Dev.* 34: 596–611.
- Balvanera, P., Cotler, H., Aburto, O., Aguilar, A., Aguilera, M., Aluja, M., Andrade, A., Arroyo, I., Ashworth, L., Astier, M., Ávila, P., Bitrán, D., Camargo, T., Campo, J., Cárdenas, B., Casas, A., Díaz-Fleischer, F., Etchevers, J., Ghilardi, A., González-Padilla, E., Guevara, A., Lazos, E., López, C., López, R., Martínez, J., Masera, O., Mazari, M., Nadal, A., Pérez-Salicrup, D., Pérez-Gil, R., Quesada, M., Ramos-Elorduy, J., Robles, A., Rodríguez, H., Rull, J., Suzán, G., Vergara, C., Xolalpa, S., Zambrano, L., Zarco, A. 2009. Estado y tendencias de los servicios

- ecosistémicos. En: CONABIO. *Capital Natural de México, vol. II: Estado de Conservación y tendencias de cambio*. CONABIO, México. 185-245 pp.
- Balvanera, P., Arias-González, J. E., Rodríguez-Estrella, R., Almeida, L., Schmitter-Soto, J. J. (eds.). 2016a. *Una mirada al conocimiento de los ecosistemas de México*. Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México, 229-340 pp.
- Balvanera, P., Pfisterer, A. B., Bauchmann, N., He, J.S., Nakashizuka, T., Raffaelli, D., Schmid, B. 2006. Quantifying the evidence for biodiversity effects on Ecosystem Functioning and Services. *Ecology Letters* 9 (10): 1146-1156.
- Balvanera, P., Quijas, S., Karp, D. S., Ash, N., Bennett, E. M., Boumans, R., Brown, C., Chan, K.M.A., Chaplin-Kramer, R., Halpern, B.S., Honey-Rosés, J., Choong-Ki, K., Cramer, W., Martínez-Harms, M.J., Mooney, H., Mwampamba, T., Nel, J., Polasky, S., Reyers, B., Roman, J., Turner, W., Scholes, R. J., Tallis, H., Thonicke, K., Villa, F., Walpole, M., Walz, A. 2016b. Ecosystem Services. En: Walters, M., Scholes, R.J. (Edits.). *The GEO Handbook on Biodiversity Observation Networks*. Springer Open. 39- 78 pp.
- Baraza, E., Valiente-Banuet, A. 2012. Efecto de la exclusión de ganado en dos especies palatables del matorral xerófilo del Valle de Tehuacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 1145–1151.
- Baraza, E., Valiente-Banuet, A. 2017. Proximity to other plants determines the effect of livestock exclusion on eight species in the semiarid scrublands of Mexico. *Ecological Engineering* 98: 57–63.
- Barton, K. 2016. MuMIn: Multi-Model Inference. R package version 1.15.6. <<https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>>
- Bates D., Maechler, M., Bolker, B., Walker, S. 2015. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software* 67(1): 1-48.
- Belsky, A. J., Matzke, A., Uselman, S. 1999. Survey of livestock influences on stream and riparian ecosystems in the western United States. *Journal of Soil and Water Conservation* 54: 419–431.
- Bennett, E.M., Balvanera, P. 2007. The future of production systems in a globalized world. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5 (4): 191-198.
- Bennett, E.M., Peterson, G.D., Gordon, L.J. 2009. Understanding relationships among multiple ecosystem services. *Ecology Letters* 12: 1394–1404.
- Berkes, F., Folke, C. (eds). 1998. *Linking sociological and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience*. Cambridge University Press, New York, New York, USA.
- Binder, C.R., Hinkel, J., Bots, P.W.G., Pahl-Wostl, C. 2013. Comparison of frameworks for analyzing social-ecological systems. *Ecology and Society* 18 (4):26
- Blanco-Sepúlveda, R., Nieuwenhuysse, A. 2011. Influence of topographic and edaphic factors on vulnerability to soil degradation due to cattle grazing in humid tropical mountains in northern Honduras. *Catena* 86: 130–137.
- Bocco, G., López, E., Mendoza, M. 2012. La investigación ambiental en la Cuenca del Lago de Cuitzeo: Una revisión de la bibliografía publicada. En: Bravo-Espinosa, M., Barrera-Camacho, G., Mendoza, M.E., Sáenz, J.T., Bahena-Juárez, F., Sánchez-Martínez, R. (eds.). *Contribuciones para el desarrollo sostenible de la cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán*. INIFAP-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Michoacán. UNAM, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. Morelia, Michoacán, México.

- Boege-Schmidt, E. 2008. *El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México*. Instituto Nacional de Antropología e Historia: Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, México. 344 p.
- Borrego, A., Skutsch, M. 2014. Estimating the opportunity costs of activities that cause degradation in tropical dry forest: Implications for REDD+. *Ecological Economics* 101: 1–9.
- Briceño, J., Iniguez-Gallardo, V., Ravera, F. 2016. Factores que influyen en la apreciación de servicios ecosistémicos de los bosques secos del sur del Ecuador. *Revista Ecosistemas* 25: 46–58.
- Brown, J.H., Heske, E.J. 1990. Control of a Desert-Grassland Transition by a Keystone Rodent Guild. *Science* 250, 1705–1707.
- Brunett, L, García, H.L.A., González, C., Hernández, A., Villa, C., Ríos, H. 2000. Indicadores de sustentabilidad económica de la producción de leche en dos agroecosistemas campesinos del Valle de Toluca. En: *La ganadería en México: globalización, políticas, regiones y transferencia de tecnología*. UACH, CIESTAAM, CONACYT.
- Brunett, L., González, E.C., García, H.L.A. 2005. Evaluación de la sustentabilidad de dos agroecosistemas campesinos de producción de maíz y leche, utilizando indicadores. *Livestock Research for Rural Development* 17 (7) <<http://www.lrrd.org/lrrd17/7/pere17078.htm>>
- Bryant, J.P., Reichardt, P.B., Clausen, T.P. 1992. Chemically mediated interactions between woody plants and browsing mammals. *Journal of Range Management* 45, 18–24.
- Bye, R., Linares, E. 2016. Ethnobotany and ethnohistorical sources of Mesoamerica. En: Lira, R., Casas, A., Blancas, J. *Ethnobotany of México: Interactions of people and plants in Mesoamerica*. Springer. New York.
- Caballero, J., Casas, A., Cortés, L., Mapes, C. 1998. Patrones en el conocimiento, uso y manejo de plantas en pueblos indígenas de México. *Estudios Atacameños* (16): 181-195.
- Caballero, J., L. Cortes, 2001. Percepción, uso y manejo tradicional de los vegetales, México. En: Rendón Aguilar, B., Rebollar Domínguez, S. (Eds). *Plantas, Cultura y Sociedad. Estudio de la relación entre los seres humanos y las plantas en los albores del siglo XXI*. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, DF. 100 pp.
- Caballero, J.L. 2015. Modelado de los patrones espacio-temporales de extracción de madera para producir carbón vegetal en la cuenca del Lago de Cuitzeo. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. 68p.
- Cabrera, D.M. 2013. Obtención de la ganancia económica caracterizando variables tecno productivas en sistemas familiares de producción de leche bovina en la región de Orizaba en el estado de Veracruz (estudio de caso). Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 164 p.
- Camou-Guerrero, A., Ghilardi, A., Mwampamba, T., Avila, T.O., Vega, E., Oyama, K., Masera, O. 2014. Análisis de la producción de carbón en la Cuenca del lago de Cuitzeo, Michoacán, México; implicaciones para una producción sustentable. *Investigación Ambiental* 6: 127–138.
- Camou-Guerrero, A., Casas, A., Moreno-Calles, A., Aguilera-Lara, J., Garrido-Rojas, D., Rangel-Landa, S., Torres, I., Pérez-Negrón, E., Solís, L., Blancas, J., Guillén, S., Parra, F., Rivera-Lozoya, E. 2016. Ethnobotany in Mexico: History, Development, and Perspectives. En: Lira, R., Casas, A., Blancas, J. (edits). *Ethnobotany of Mexico Interactions of People and Plants in Mesoamerica*. Springer. 21- 39 pp.

- Cardinale, B.J., Duffy, J.E., Gonzalez, A., Hooper, D.U., Perrings, C., Venail, P., Narwani, A., Mace, G.M., Tilman, D., A. Wardle, D., Kinzig, A.P., Daily, G.C., Loreau, M., Grace, J.B., Larigauderie, A., Srivastava, D.S., Naeem, S. 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* 489: 326–326.
- Carlón, T., Mendoza, M.E. 2007. Análisis hidrometeorológico de las estaciones de la cuenca del lago de Cuitzeo. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía UNAM* 63: 56-76.
- Carpenter, S. R., Mooney, H.A., Agard, J., Capistrano, D., Defries, R.S., Diaz, S., Dietz, T., Duraipappah, A.K., Oteng-Yeboah, A., Pereira, H.M., Perrings, C., Reid, W.V., Sarukhan, J., Scholes, R.J., Whyte, A. 2009. Science for managing ecosystem services: Beyond the Millennium Ecosystem Assessment. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106 (5): 1305–1312.
- Carranza, E. 2008. Convolvulaceae II. En: Rzedowski, G. C. de., Rzedowski, J. (eds.). *Flora del Bajío y de regiones adyacentes*. Fascículo 155. Instituto de Ecología-Centro Regional del Bajío. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Castillo, A., Corral, V., González, E., Paré, L., Paz, M., Reyes, J., M. Schteingart. 2009. Conservación y sociedad, en *Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. CONABIO, México. 761-801 pp.
- Castillo, A., Magaña, A., Pujada, A., Martínez, L., Godínez, C. 2005. Understanding the interaction of rural people with ecosystems: A case of study in a Tropical Dry Forest of Mexico. *Ecosystems* 8 (6): 630-643.
- Castillo, A., Peña-Mondragón, J.L. 2015. Métodos de investigación social: fundamentos, técnicas y aportaciones para el entendimiento de las relaciones sociedad - vida silvestre. En: Gallina, S. (ed.) 2015. *Manual de técnicas de estudio de la fauna*. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa. 189- 210 pp.
- Castillo-Santiago, M.Á., Ghilardi, A., Oyama, K., Hernández-Stefanoni, J.L., Torres, I., Flamenco-Sandoval, A., Fernández, A., Mas, J.F. 2013. Estimating the spatial distribution of woody biomass suitable for charcoal making from remote sensing and geostatistics in central Mexico. *Energy for Sustainable Development* 17: 177–188.
- Cavender-Bares, J., Polasky, S., King, E., Balvanera, P. 2015. A sustainability framework for assessing trade-offs in ecosystem services. *Ecology and Society* 20 (1): 17
- Ceccon, E. 2013. *Restauración en bosques tropicales: fundamentos ecológicos, prácticos y sociales*. Ediciones Díaz de Santos/UNAM. México. 288 p.
- Cesin, VA. 2007. Ganadería lechera familiar y producción de queso. Estudio en tres comunidades del municipio de Tetlatlahuca en el estado de Tlaxcala, México. *Técnica Pecuaria en México* 45(1): 61-76.
- Chen, S., Yu, H., Lou, H., Wu, Q., Li, C., Steinmetz, A. 2016. Conservation and sustainable use of medicinal plants: problems, progress, and prospects. *Chinese Medicine* 11: 37.
- Chidumayo, E.N., Gumbo, D.J. 2013. The environmental impacts of charcoal production in tropical ecosystems of the world: A synthesis. *Energy for Sustainable Development* 17: 86–94.
- Cingolani, A.M., Noy-Meir, I., Renison, D.D., Cabido, M., 2008. La ganadería extensiva, ¿es compatible con la conservación de la biodiversidad y de los suelos? *Ecología Austral* 18: 253–271.
- Colwell, R.K. 2013. EstimateS, Version 9.1: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples (Software and User's Guide).

- Conejo-Nava, J., Méndez, M.D., Tzintzún, R., Val, D. 2005. Uso Ganadero: En Villaseñor L.E. (edit). *La biodiversidad en Michoacán: Estudio de caso*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Diversidad. Secretaria de Urbanismo y Medio Ambiente, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. 142-146 pp.
- Connell, J.H. 1978. Diversity in tropical rain forest and coral reefs. *Science* 199: 1302-1310.
- Cord, A., Bartkowski B., Beckmann, M., Dittrich, A., Hermans-Neumann, K., Kaim, A., Lienhoop, N., Locher-Krause, K., Priess, J., Schröter-Schalaack, C., Schwarz, N., Seppelt, R., Strauch, M., Václavik, T., Volk, M. 2017. Towards systematic analyses of ecosystem service trade-offs and synergies: Main concepts, methods and the road ahead. *Ecosystem Services*.
- Cornejo-Tenorio, G., Sánchez-García, E., Flores-Tolentino, M., Santana-Michel, F.J., Ibarra-Manríquez, G. 2013. Flora y vegetación del cerro El Águila, Michoacán, México. *Botanical Sciences* 91: 155–180.
- Cornejo-Tenorio, G., Ibarra-Manríquez, G. 2011. Plantas del Cerro El Águila, municipios de Lagunillas y Morelia, Michoacán, México. Guía 321. The field Museum, Chicago, USA.
- Cortés-Flores, J., Cornejo-tenorio, G., Ibarra-Manríquez, G. 2015. Flowering phenology and pollination síndromes in species with different growth forms in a Neotropical temperate forest of Mexico. *Botany* 93: 361-367.
- Daniel, T.F., Acosta, S. 2003. Acanthaceae. En: Rzedowski, G. C. de y J. Rzedowski (eds.). *Flora del Bajío y de regiones adyacentes*. Fascículo 117. Instituto de Ecología-Centro Regional del Bajío. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- De la O-Toris, J., Maldonado, B., Martínez-Garza, C. 2012. Efecto de la perturbación en la comunidad de herbáceas nativas y ruderales de una selva estacional mexicana. *Botanical Sciences* 90: 469–480.
- Díaz, S., Lavorel, S., McIntyre, S., Falczuk, V., Casanoves, F., Milchunas, D.G., Skarpe, C., Rusch, G., Sternberg, M., Noy-Meir, I., Landsberg, J., Zhang, W., Clark, H., Campbell, B.D. 2007. Plant trait responses to grazing A global synthesis. *Global Change Biology* 13: 313– 341.
- Díaz, S., Noy-meir, I., Cabido, M. 2001. Can grazing of herbaceous plants be predicted response from simple vegetative traits? *Journal of Applied Ecology* 38: 497–508.
- Divinsky, I., Becker N., Bar, P. 2017. Ecosystem service tradeoff between grazing intensity and other services- A case study in Karei-Deshe experimental cattle range in northern Israel. *Ecosystem services* 24: 16-27.
- Dobson A, Lodge, D., Alder, J., Cumming, GS., Keymer, J., McGlade, J., Mooney, H., Rusak, J.A., Sala, O., Wolters, V., Wall, D., Winfree, R., Xenopoulos, M.A. 2006. Habitat loss, trophic collapse, and the decline of ecosystem services. *Ecology* 87: 1915–1924.
- Espinoza-Ortega, A., Álvarez-Macias, A., del Valle, M., Chauvette, M. 2005. La economía de los sistemas campesinos de producción de leche en el estado de México. *Técnica Pecuaria en México* 43 (1): 39-56.
- Muñeton, P. 2009. Plantas medicinales: un complemento vital para la salud de los mexicanos. Entrevista con el Dr. Erick Estrada Lugo. *Revista Digital Universitaria* [en línea]. Vol. 10, No. 9 [Consultada: 11 de septiembre de 2016]. Disponible en Internet: <<http://www.revista.unam.mx/vol.10/num9/art58/int58.htm>>
- Feinsinger, P. 2004. *El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad*. Fundación Amigos de la Naturaleza. Santa Cruz de la Sierra. Bolivia. 242 p.
- Floyd, M.L., Fleischner, T.L., Hanna, D., Whitefield, P. 2003. Effects of Historic Livestock Grazing on Vegetation at Chaco Culture National Historic Park, New Mexico. *Conservation Biology* 17: 1703–1711.

- Fortes, D., Herrera, R.S., González, S. 2004. Estrategias para la resistencia de las plantas a la defoliación. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 38: 111–119.
- Foster, B.L., Gross, K.L.. 1998. Species richness in a sucesional grassland: Effects of nitrogen enrichment and plant litter. *Ecology* 79: 2593-2602.
- Fuentes-Galindo, T-G. 2008. Evaluación de la vegetación en un bosque de encino, bajo pastoreo de alta densidad con diferentes tiempos de exclusión. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 71 pp.
- Galicia, L., Zarco-Arista, A.E., 2014. Multiple ecosystem services, possible trade-offs and synergies in a temperate forest ecosystem in Mexico: a review. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 10 (4): 275–288.
- Galicia, L., Potvin, C., Messier, C. 2015. Maintaining the high diversity of pine and oak species in Mexican temperate forests: a new management approach combining functional zoning and ecosystem adaptability. *Canadian Journal of Forest Research* 45 (10): 1358-1368.
- Ghilardi, A., Mwampamba, T., Moreno, R., Montiel, D. 2012. *Memorias del Taller Regional Producción sustentable de carbón vegetal: Aspectos técnicos y legales. Morelia, Michoacán*. Disponible en <[http://redd.ciga.unam.mx/files/MemoriasTallerCarbonMorelia\\_Mar2012.pdf](http://redd.ciga.unam.mx/files/MemoriasTallerCarbonMorelia_Mar2012.pdf)> Consultado 19/09/2014.
- Ghilarov, A.M., 2000. Ecosystem functioning and intrinsic value of biodiversity. *Oikos* 90: 408–412.
- Gibson, D.J. 2009. *Grasses and grassland ecology*. Oxford University Press, Nueva York.
- Gómez, M., Angón, M. 2004. Recursos Forestales No Maderables Aprovechados en Morelia. En: *Fuentes para el Conocimiento Natural de Michoacán* 7. Gobierno del estado de Michoacán. Morelia, México. 110 p.
- González-Esquivel, C.E., Astier, M., Gavito, M.E., del Val, E., Cadena-Salgado, M., Villamil-Echeverri, L., Merlín-Urbe, Y., Balvanera, P. 2015. Ecosystem service trade-offs, perceived drivers and sustainability in contrasting agroecosystems in Central Mexico. *Ecology and Society* 20(1): 38.
- Gordon, D.R., Menke, J.M., Rice, K.J. 1989. Competition for soil water between annual plants and blue oak (*Quercus douglasii*) seedlings. *Oecologia* 79: 533–541.
- Guevara, S., Meave, J., Moreno-Casasola, P., Laborde, J. 1992. Floristic composition and structure of vegetation under isolated trees in neotropical pastures. *Journal of Vegetation Science* 3: 655–664.
- Guevara, S., Meave, J., Moreno Casasola, P., Laborde, J., Castillo, S. 1994. Vegetación y flora de potreros en la sierra de los Tuxtlas, México. *Acta Botánica Mexicana* 28: 1-27.
- Guevara, S. 2001. Presentación en: Hernández, L. *Historia Ambiental de la Ganadería en México*. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz. 1-6 pp.
- Guevara, S., Lira-Noriega, A. 2004. De los pastos de la Selva a la selva de los pastos: La introducción de la ganadería en México. *Pastos* 34 (2): 109-150.
- Ghimire, S.K., Mckey, D., Aumeeruddy-Thomas, Y. 2006. Himalayan medicinal plant diversity in an ecologically complex high altitude anthropogenic landscape, Dolpo, Nepal. *Environmental Conservation* 33: 128–140.
- Gul, F., Shinwari, Z.K., Afzal, I. 2012. Screening of indigenous knowledge of herbal remedies for skin diseases among local communities of North West Punjab, Pakistan. *Pakistan Journal of Botany* 44: 1609–1616.

- Gurevitch, J; Scheiner, S.M., Fox, G. 2006. *The Ecology of plants*, Second. ed. Sinauer Associates, Massachusetts, USA.
- Grainger, A. 1999. Constraints on modelling the deforestation and degradation of tropical open woodlands. *Global Ecology and Biogeography* 8: 179–190.
- Grime, J.P. 1979. *Plant strategies and Vegetation Processes*. John Wiley. New York. NY.
- Grubb, P.J. 1986. Problems posed by sparse and patchily distributed species in species-rich communities. En: Diamond, J., Case, T.J. (eds). *Community ecology*. Harper y Row. New York, NY. 207-225.
- Hall, L.M., George, M.R., McCreary, D.D., Adams, T.E. 1992. Effects of Cattle Grazing on Blue Oak Seedling Damage and Survival. *Journal of Range Management* 45: 503–506.
- Havstad, K.M., Fredrickson, E.L., Huenneke, L.F. 2006. Grazing livestock management in an arid ecosystem. En: Havstad, K.M., Huenneke, L.F., Schlesinger, W.H. (eds). *Structure and Function of a Chihuahuan Desert Ecosystem*. The Jornada Basin Long-Term Ecological Research Site. Oxford, NY: Oxford University Press. 266-277 pp.
- Hayes, G.F., Holl, K.D. 2003. Cattle grazing impacts on annual forbs and vegetation composition of mesic grasslands in California. *Conservation Biology* 17: 1694–1702.
- Hellin, J., Erenstein, O., Beuchelt, T., Camacho, C., Flores, D. 2013. Maize stover use and sustainable crop production in mixed crop–livestock systems in Mexico. *Field Crops Research* 153: 12-21.
- Hernández, L. (Comp). 2001. *Historia Ambiental de la Ganadería en México*. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz. México. 276 pp.
- Hernández, P., Estrada-Flores, J.G., Avilés-Nova, F., Yong-Angel, G., Lopez-Gonzalez, F., Solis-Mendez, A., Castelán-Ortega, O.A. 2013. Tipificación de los sistemas campesinos de producción de leche del sur del Estado de México. *Universidad y Ciencia* 29 (1): 19-31.
- Hernández, P., Rebollar, S., González, F., Guzmán, E., Albarrán, B., García, A. 2011. La cadena productiva del ganado bovino en el sur del Estado de México. *Revista Mexicana de Agronegocios* 15 (29): 672-680.
- Holmes, T.H., Rice, K.J. 1996. Patterns of growth and soil-water utilization in some exotic annuals and native perennial bunchgrasses of California. *Annals of Botany* 78: 233–243.
- Holechek J., Pieper R., Herbel, C. 2000. *Range. Principles and practices*. Quinta edición. Ed. Prentice-Hall, Inc., USA.
- Hosier, R.H. 1993. Charcoal production and environmental degradation. *Energy Policy* 21: 491–509
- Howe, C., Suich, H., Vira, B., Mace, G.M. 2014. Creating win-wins from trade-offs? Ecosystem services for human well-being: A meta-analysis of ecosystem service trade-offs and synergies in the real world. *Global Environmental Change* 28: 263–275.
- Iñiguez, L., Contreras, S., Cárdenas, O., Cuevas, R., Blanco, C., Esparza, J. 2007. Evaluación del efecto bovino sobre la biodiversidad en la Sierra de Manantlán. En: Martínez, L., Gerritsen, P. (eds). *Estado actual y perspectivas de la ganadería extensiva en la Sierra de Manantlán, en el Occidente de México*. Universidad de Guadalajara. Jalisco, México. 55-158 pp.
- Jiménez, R.A. 2007. Impacto económico y social de la mano de obra familiar en la producción de leche de la comunidad de Dolores, Maravatío, Michoacán. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 124 p.

- Jones, D., Ryan, C.M., Fisher, J. 2016. Charcoal as a diversification strategy: The flexible role of charcoal production in the livelihoods of smallholders in central Mozambique. *Energy for Sustainable Development* 32: 14–21.
- Justus, J., Colyvan, M., Regan, H., Maguire, L. 2009. Buying into conservation: intrinsic versus instrumental value. *Trends in Ecology and Evolution* 24: 187–191.
- Kemp, D.R., Michalk, D.L., 2007. Towards sustainable grassland and livestock management. *The Journal of Agricultural Science* 145: 543–564.
- Kimball, S., Schiffman, P.M. 2003. Differing Effects of Cattle Grazing on Native and Alien Plants. *Conservation Biology* 17: 1681–1693.
- King, E.G., Cavender-Bares, J., Balvanera, P., Mwampamba, T.H., Polasky, S. 2015. Tradeoffs in ecosystem services and varying stakeholder preferences: Evaluating conflicts, obstacles, and opportunities. *Ecology and Society* 20: 25.
- Klein, J.A., Harte, J., Zhao, X.Q. 2008. Decline in medicinal and forage species with warming is mediated by plant traits on the Tibetan Plateau. *Ecosystems* 11: 775–789.
- Landsberg, J., James, C.D., Maconochie, J., Nicholls, A.O., Stol, J., Tynan, R. 2002. Scale-related effects of grazing on native plant communities in an arid rangeland region of South Australia. *Journal of Applied Ecology* 39: 427–444.
- Leal-Nares, O., Mendoza, E., Carranza, E. 2010. Análisis y modelamiento espacial de información climática en la cuenca de Cuitzeo, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM* 72: 49-67.
- López-Olmedo, L.I., Meave, J.A., Pérez-García, E.A. 2007. Floristic and structural contrasts between natural savannas and anthropogenic pastures in a tropical dry landscape. *Rangeland Journal* 29: 181–190.
- Mace, G.M., Norris, K., Fitter, A.H., 2012. Biodiversity and ecosystem services: A multilayered relationship. *Trends in Ecology and Evolution* 27: 19–25.
- Mack, R.N., Thompson, J.N. 1982. Evolution in Steppe with Few Large, Hooved Mammals. *The American Naturalist* 119: 757–773.
- Maass, J., Balvanera, P., Castillo, A., Daily, G.C., Mooney, H.A., Ehrlich, P., Quesada, M., Miranda, A., Jaramillo, V. J., García-Oliva, F., Martínez-Yrizar, A., Cotler, H., López-Blanco, J., Pérez-Jiménez, A., Búrquez, A., Tinoco, C., Ceballos, G., Barraza, L., Ayala, R., Sarukhán, J. 2005. Ecosystem services of tropical dry forests: insights from long-term ecological and social research on the Pacific Coast of Mexico. *Ecology and Society* 10(1):17.
- Maes, W.H., Verbist, B. 2012. Increasing the sustainability of household cooking in developing countries: Policy implications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16, 4204–4221.
- Magurran, A. E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell science. Reino Unido.
- Martín-López, B., Iniesta-Arandia, I., García-Llorente, M., Palomo, I., Casado-Arzuaga, I., del Amo, D.G., Gómez-Baggethun, E., Oteros-Rozas, E., Palacios-Agundez, I., Willaarts, B., González, J., Santos, F., Onaindia, M., López, C., Montes, C. 2012. Uncovering ecosystem service bundles through social preferences. *PLoS ONE* 7:e38970
- Martín-López, B., Gómez-Baggethun, E., González, J.A., Lomas, P.L., Montes, C. 2009. The assessment of ecosystem services provided by biodiversity: re-thinking concepts and research needs. En: Aronoff, JB. (ed.) *Handbook of Nature Conservation: Global, Environmental and Economic Issues*. Nova Science. New York. 261-82 pp.

- Masera, O. 2006. *La bioenergía en México. Un catalizador del desarrollo sustentable*. Conafor, México. 2006, 119p.
- Masera, O., Coralli, F., Garcia, C., Riegelhaupt, E., Arias, T., Vega, J., Días, R., Guerrero, G., Cecotti, L. 2011. *La bioenergía en México. Situación actual y perspectivas*. Red Mexicana de Bioenergía, A.C. México. 42 p.
- May, R.M. 1977. Thresholds and breakpoints in ecosystems with a multiplicity of stable states. *Nature* 269: 471-477.
- Maya-Elizarrarás, E., Schondube, J.E. 2015. Birds, charcoal and cattle: Bird community responses to human activities in an oak forest landscape shaped by charcoal extraction. *Forest Ecology and Management* 335: 118–128.
- Maza-Villalobos, S., Macedo-Santana, F., Rodríguez-Velázquez, J., Oyama, K., Martínez-Ramos, M. 2014. Variación de la estructura y composición de comunidades de árboles y arbustos entre tipos de vegetación en la Cuenca de Cuitzeo, Michoacán. *Botanical Sciences* 92: 243–258.
- McNaughton, S.J. 1979. Grazing as an optimization process: grass-ungulate relationships in the Serengeti. *American Naturalist* 133: 691-703.
- McIntosh P., Allen R. 1998. Effects of enclosure on soils, biomass, plant nutrients, and vegetation, on unfertilized steppes, upper Waitaki district, South Island, New Zealand. *New Zealand Journal of Ecology* 22: 209-217.
- Mendoza, M. E., Bocco, G., López Granados, E., Bravo, M. 2010. Hydrological implications of land–cover and land–use change: spatial analytical approach at regional scale in the closed basin of the Cuitzeo Lake, Michoacán, Mexico. *Singapore Journal of Tropical Geography* 31 (2): 197-214.
- Milchunas, D.G., Lauenroth, W.K. 1993. Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. *Ecological Monographs* 63: 327–366.
- Milchunas, D.G., Sala, O.E., Lauenroth, W.K. 1988. A Generalized Model of the Effects of Grazing by Large Herbivores on Grassland Community Structure. *The American Naturalist* 132: 88–106.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- Molina-Paniagua, M.E., Zamudio, S. 2010. Estudio Florístico del Pedregal de Arocutín, en la Cuenca de Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. En: Rzedowski, G. C. de., Rzedowski, J. (eds.). *Flora del Bajío y de regiones adyacentes*. Fascículo complementario XXV. Instituto de Ecología-Centro Regional del Bajío. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Mora, F., Balvanera, P., García-Frapolli, E., Castillo, A., Trilleras, J.M., Cohen-Salgado, D., Salmerón, O. 2016. Trade-offs between ecosystem services and alternative pathways toward sustainability in a tropical dry forest region. *Ecology and Society* 21.
- Mwampamba, T., Ghilardi, A., Sander, K., Chaiz, K.J. 2013. Dispelling common misconceptions to improve attitudes and policy outlook on charcoal in developing countries. *Energy for Sustainable Development* 17: 75-85.
- Nai-Bregaglio, M., Pucheta, E., Cabido, M. 2002. El efecto del pastoreo sobre la diversidad florística y estructural en pastizales de montaña del centro de Argentina. *Revista Chilena de Historia Natural* 75: 613–623.
- Nakar, R.N., Jadeja, B.A. 2015. Flowering and fruiting phenology of some herbs, shrubs and undershrubs from Girnar Reserve Forest, Gujarat, India. *Current Science* 108: 111-118.

- Nicholson, E., Mace, G.M., Armsworth, P.R., Atkinson, G., Buckle, S., Clements, T., Ewers, R.M., Fa, J.E., Gardner, T.A., Gibbons, J., Grenyer, R., Metcalfe, R., Mourato, S., Muûls, M., Osborn, D., Reuman, D.C., Watson, C., Milner-Gulland, E.J. 2009. Priority research areas for ecosystem services in a changing world. *Journal of Applied Ecology* 46 (6): 1139-1144.
- Noy-Meir, I. 1979. Structure and Function of Desert Ecosystems. *Israel Journal of Botany* 28: 1–19.
- Noy-Meir, I., Gutman, M., Kaplan, Y. 1989. Responses of Mediterranean Grassland Plants to Grazing and Protection. *Journal of Ecology* 77, 290–310.
- Noy-Meir, I. 1998. Effects of grazing on Mediterranean grasslands: the community level. In: Papanastasis, V.P., Peter, D., eds. *Ecological basis of livestock grazing in Mediterranean ecosystems*. Proceedings of European Union Workshop, Thessaloniki, Greece. Commission of European Communities. 27–39 pp.
- Oba, G., Vetaas, O.E., Stenseth, N.C. 2001. Relations between biomass and plants species richness in arid-zone grazing lands. *Journal of Applied Ecology* 38: 836-845.
- Oksanen J., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, H.H., Wagner, H. 2016. vegan: Community Ecology Package. R package version 2.3-4. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Oksanen, M., 1997. The moral value of biodiversity. *Ambio* 26, 541–545.
- Olf, H., Ritchie, M.E. 1998. Importance of herbivore type and scale. *Trends in Ecology and Evolution* 13: 261–265.
- Ostrom, E. 2009. A general framework for analyzing sustainability of Social-Ecological Systems. *Science* 325: 419–422.
- Pérez-Calix, E. 2009. Oxalidaceae. En: Rzedowski, G. C. de., Rzedowski, J. (eds.). *Flora del Bajío y de regiones adyacentes*. Fascículo 164. Instituto de Ecología-Centro Regional del Bajío. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Pérez-Olvera, C., Dávalos-Sotelo, R., Guerrero-Cuaculi, E. 2000. Aprovechamiento de la madera de encino en México. *Madera y Bosques* 6 (1): 3–13.
- Puebla-Albiter, S., Rebollar, S., Albarrán, B.; García, A., Arriaga, C.M. 2015. Análisis técnico económico de sistemas de bovinos doble propósito en Tejupilco, Estado de México, en la época de secas. *Investigación y Ciencia* 22: 13-19.
- Quijas, S., Balvanera, P. 2014. Biodiversidad y Servicios Ambientales. En: Perevochtchikova, M. (Coord). *Pago por servicios ambientales: un acercamiento para su estudio*. El Colegio de México. México. 289 p.
- Quijas, S., Schmid, B., Balvanera, P. 2010. Plant diversity enhances provision of Ecosystem Services: A new synthesis. *Basic and Applied Ecology* 11: 582-593.
- Rana, E., Thwaites, R., Luck, G. 2016. Trade-offs and synergies between carbon, forest diversity and forest products in Nepal community forests. *Environmental Conservation* 44: 1–9.
- Ramírez, N., Briceno, M. 2011. Reproductive phenology of 233 species from four herbaceous and shrubby communities in great savanna plateau of Venezuela. *AOB Plants* plr014: 1–17.
- Ramírez-Mejía, D.L. 2015. Estimación de la biomasa leñosa aérea de encinos empleando alometría y fotografías aéreas de pequeño formato. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. 91 p.

- Rasul, G., Karki, M., Sah, R.P. 2008. The role of non-timber forest products in poverty reduction in India: prospects and problems. *Development in Practice* 18: 779–788.
- Raudsepp-Hearne, C., Peterson, G.D., Bennett, E.M. 2010. Ecosystem service bundles for analyzing tradeoffs in diverse landscapes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107: 5242–5247.
- Rincón-Ruíz, A., Echeverry-Duque, M., Piñeros, A. M., Tapia, C. H., David, A., Arias-Arévalo, P., Zuluaga, P. A. 2014. *Valoración integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos: Aspectos conceptuales y metodológicos*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, Colombia, 151 p.
- Rooney, T.P., Waller, D.M. 2003. Direct and indirect effects of white-tailed deer in forest ecosystems. *Forest Ecology and Management* 181: 165–176.
- Rodríguez, J.P., Beard, T.D., Bennett, E.M., Cumming, G.S., Cork, S.J., Agard, J., Dobson, A.P., Peterson, G.D. 2006. Trade-offs across Space, Time, and Ecosystem Services. *Ecology and Society* 11: 28.
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. 1era Edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Diversidad. 274-294 pp.
- Rzedowski, J. 2010. Flora de la Cuenca En: Cram, S., Galicia, L., Israde-Alcantara, I. (Compiladores). *Atlas de la Cuenca del Lago de Cuitzeo, Análisis de su Geografía y entorno socioambiental*. Universidad Nacional Autónoma de México. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. 76-79 pp.
- Rzedowski, J., G. Calderón de Rzedowski y R. Grether. 2016. Leguminosae. Subfamilia Papilionoideae. En: Rzedowski, G. C. de y J. Rzedowski (eds.). *Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo 192*. Instituto de Ecología-Centro Regional del Bajío. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Sánchez, B, J. 2013. Cambios en la diversidad de un pastizal en respuesta a la exclusión del ganado. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 91 p.
- Sánchez Salazar. M.T., Casado-Izquierdo, J.M. 2010a. Situación Social. En: Cram, S., Galicia, L., Israde-Alcantara, I. (Compiladores). *Atlas de la Cuenca del Lago de Cuitzeo, Análisis de su Geografía y entorno socioambiental*. Universidad Nacional Autónoma de México. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. 118-125 pp.
- Sánchez Salazar. M.T., Casado Izquierdo J.M. 2010b. Manejo Ganadero. En: Cram, S., Galicia, L., Israde-Alcantara, I. (Compiladores). *Atlas de la Cuenca del Lago de Cuitzeo, Análisis de su Geografía y entorno socioambiental*. Universidad Nacional Autónoma de México. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. 150-155 pp.
- Sainz-Sánchez, P., López-González, F., Estrada-Flores, J., Martínez-García C. y Arriaga-Jordán, C. 2017. Effects of stocking rate and supplementation on performance of dairy cows grazing native grassland in small-scale systems in the highlands of central Mexico. *Tropical Animal Health and Production* 19: 179-186.
- Schultz, N.L., Morgan, J.W., Lunt, I.D. 2011. Effects of grazing exclusion on plant species richness and phytomass accumulation vary across a regional productivity gradient. *Journal of Vegetation Science* 22: 130-142.
- Sher, H., Ahmad, A., Eleyemeni, M., Fazl-i-Hadi, S. 2010. Impact of the nomadic grazing on medicinal plants diversity in Miandam, Swat-Pakistan. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture* 4: 152–159.

- Sircely, J., Naeem, S. 2012. Relationships of overstory trees and shrubs with forage species portray ecosystem service interactions in smallholder fallows. *Agroforestry Systems* 87: 451–464.
- Sneva, F.A. 1982. Relation of precipitation and temperature with yield of herbaceous plants in eastern Oregon. *International Journal of Biometeorology* 26 (4): 263-276.
- Standiford, R., 2002. California's Oak Woodlands. In: McShea, W., Healy, W. (Eds.). *Oak Forest Ecosystems Ecology and Management for Wildlife*. The Johns Hopkins University Press, United States of America. 280–303 pp.
- Sternberg, M., Gutman, M., Perevolotsky, A., Ungar, E.D., Kigel, J. 2000. Vegetation response to grazing management in a Mediterranean herbaceous community: a functional group approach. *Journal of Applied Ecology* 37: 224–237.
- Stevens W.D., Ulloa, C., Pooley, A., Montiel, M. (eds). 2009. Tropicós. Flora de Nicaragua. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden* 85. Disponible en <<http://www.tropicos.org/Project/FN>> (Consultado 2016).
- Swiecki, J.; Bernhardt, A.; Drake, C. 1997. Factors Affecting Blue Oak Sapling Recruitment. In: Pillsbury, Norman H., Verner, Jared; Tietje, William D. (coordinators). *Proceedings of a symposium on oak woodlands: ecology, management, and urban interface issues*. San Luis Obispo, CA. Gen. Tech. Rep. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture. 157-168 pp.
- Tahmasebi, P., Bossuyt, B., Bonte, D., Hoffmann, M. 2008. Grazing as a management tool in dune grasslands: Evidence of soil and scale dependence of the effect of large herbivores on plant diversity. *Biological Conservation* 141: 1687–1694.
- Tallis, H., Mooney, H., Andelman, S., Balvanera, P., Cramer, W., Karp, D., Polasky, S., Reyers, B., Ricketts, T., Running, S., Thonicke, K., Tietjen, B., Walz, A. 2012. A Global System for Monitoring Ecosystem Service Change. *Bioscience* 62: 977–986.
- Trilleras, J.M., Jaramillo, V.J., Vega, E. V., Balvanera, P. 2015. Effects of livestock management on the supply of ecosystem services in pastures in a tropical dry region of western Mexico. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 211: 133–144.
- Tooney, F., Battey, N.H. 2010. Temperate flowering phenology. *Journal of Experimental Botany* 61 (11): 2853–2862.
- Valencia-A, S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75: 33-53.
- Vesk, P.A., Westoby, M. 2001. Predicting plant species' responses to grazing. *Journal of Applied Ecology* 38: 897–909.
- Vibrans, H. (ed.) 2009. Malezas de México. Comisión Nacional para el uso y Conocimiento de la Diversidad <<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/home-malezas-mexico.htm>>. Acceso 2016.
- Villaseñor, J.L. 2004. Los géneros de plantas vasculares de la flora de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75: 105-135
- Villaseñor-R. J.L., Espinosa-G.F.J. 1998. *Catálogo de Malezas de México*. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Wilson, S.D., Tilman, D. 1993. Plant competition and resource availability in response to disturbance and fertilization. *Ecology* 74: 599-611.

- Waizel-Bucay, J. 2009. El uso tradicional de las especies del género *Dioscorea*. *Revista de Fitoterapia* 9: 53-67.
- Watkinson, A.R., Ormerod, S.J. 2001. Grasslands, grazing and biodiversity: Editors' introduction. *Journal of Applied Ecology* 38: 233–237.
- Welker, J.M., Menke, J.W. 1990. The Influence of Simulated Browsing on Tissue Water Relations, Growth and Survival of *Quercus douglasii* (Hook and Arn.) Seedlings Under Slow and Rapid Rates of Soil Drought. *Functional Ecology* 4: 807–817.
- Woollen, E., Ryan, C.M., Baumert, S., Vollmer, F., Grundy, I., Fisher, J., Fernando, J., Luz, A., Ribeiro, N., Lisboa, S.N. 2016. Charcoal production in the Mopane woodlands of Mozambique: what are the trade-offs with other ecosystem services? *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B* 371: 653–660.
- Yahdjian, M.L., Sala, O.E., Havstad, K.M., 2015. Rangeland ecosystem services: shifting focus from supply to reconciling supply and demand. *Frontiers in Ecology and the Environment* 13, 44–51.
- Zamora, R., García-Fayos, P., Gómez-Aparicio, L. 2004. Las interacciones planta-planta y planta-animal en el contexto de la sucesión ecológica. En: Valladares, F. *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A., Madrid. 371-393 pp.
- Zulu, LC. 2010. The forbidden fuel: charcoal, urban woodfuel demand and supply dynamics, community forest management and woodfuel policy in Malawi. *Energy Policy* 38: 3717–30

## ANEXO 1. Familias y especies de plantas de la zona de estudio

En el listado se presentan las familias y especies de plantas ordenadas alfabéticamente. Se presenta el nombre común y la forma de vida. En la columna uso ganadero: F= forrajero, Med= medicinal para el ganado. También se señala si es toxica. En útil para humanos: M= medicinal, A= alimentario, O= ornamental, C=cultural.

Familia y especie	Nombre común	Uso ganadero	Tóxico ganado	Útil para humanos
<b>Acanthaceae</b>				
<i>Dicliptera peduncularis</i> Nees		F		
<i>Dyschoriste microphylla</i> ++				
<i>Ruellia lactea</i>		F		
<i>Ruellia tuberosa</i> ++				
<i>Stenandrium dulce</i>		F		
<b>Alliaceae</b>				
<i>Milla biflora</i> ++	Estrellita, estrella de San Nicolás			M
<b>Amaranthaceae</b>				
<i>Gomphrena serrata</i>	Hierba de la golondrina	F		M
<b>Anacardiaceae</b>				
<i>Rhus aromatica</i>	Jaripo	F		A
<b>Anthericaceae</b>				
<i>Echeandia sp</i>	Magueycillo	F		
<b>Asclepiadaceae</b>				
<i>Funastrum elegans</i>				
<b>Asteraceae</b>				
<i>Acourtia humboldtii</i>				
<i>Acourtia reticulata</i>				
<i>Bidens</i>	Aceitilla	F		M, A.
<i>Baccharis pteronoides</i>				
<i>Brickellia sp</i>	Caratua; Taracuata			M
<i>Chromolaena pulchella</i>				
<i>Conyza sophiifolia</i>		F		C
<i>Conyza sp</i>		F		
<i>Digitocalia jatrophioides</i> ☒	Charihuezca; Clarin	F☐☐		M, A
<i>Dyssodia papposa</i>	Cincollagas; Dormilona	F		

Familia y especie	Nombre común	Uso ganadero	Tóxico ganado	Útil para humanos
<i>Erigeron longipes</i>	Manzanilla	F		M
<i>Erigeron (Erpro)</i>		F		
<i>Erigeron aff. pubescens /delphinifolius</i>	Manzanilla	F		M
<i>Galeana sp.</i>		F		
<i>Lasianthaea fruticosa</i>				
<i>Lasianthaea aff. Palmeri</i>				
<i>Lasianthaea sp</i>				
<i>Melampodium sericeum</i>		F		
<i>Montanoa aff. grandiflora</i>	Varilla Blanca			
<i>Perymenium</i>				
<i>Pinaropappus aff. roseus++</i>	Aceitilla	F		
<i>Porophyllum viridiflorum</i>	Hierba del venado/Papaloquelite	F		M, A
<i>Psacalium sinuatum</i>				
<i>Pseudognaphalium aff. tenuatum</i>	Gordolobo			M
<i>Roldana sp.</i>	Tumba vaquero		Si	
<i>Roldana aff. sessilifolia</i>	Algodoncillo; Peyote			M
<i>Schkuhria pinnata</i>	Anisillo bruto; Anís	F		
<i>Stevia serrata</i>				
<i>Stevia viscida</i>				
<i>Tagetes filifolia</i> ☐	Anís; Anís de menta o Anís blanco			A
<i>Tagetes lucida</i>	Pericón, Santa María	F		M, O
<i>Trigonospermum anum</i>				
<i>Verbesina montanoifolia (Hoja chica)</i>	Vara amarilla			
<i>Verbesina montanoifolia (Hoja grande)</i>	Vara Blanca	F☐		C
<i>Verbesina sphearocephala</i>	Capitaneja	F☐☐		M
<i>Verbesina tetraptera</i>	Andan del cerro	F		M
<b>Begoniaceae</b>				
<i>Begonia gracilis</i> ☐	Corazón de ángel; Papita	F		A

Familia y especie	Nombre común	Uso ganadero	Tóxico ganado	Útil para humanos
<b>Brassicaceae</b>				
<i>Lepidium virginicum</i>	Huizique; Lentejilla	F		M
<b>Budlejaceae</b>				
<i>Buddleja sessiliflora</i>				
<b>Cactaceae</b>				
<i>Opuntia sp.</i>	Nopal	F□		A
<b>Campanulaceae</b>				
<i>Lobelia fenestralis</i>		F		
<b>Caryophyllaceae</b>				
<i>Drymaria</i>		F		
<b>Cistaceae</b>				
<i>Helianthemum glomeratum</i>	Cenicilla	F		
<b>Commelinaceae</b>				
<i>Commelina tuberosa</i>	Pico de pollo	F		
<b>Convolvulaceae</b>				
<i>Dichondra sericea</i>	Frijolillo, Quiebra plato; Oreja de ratón.	F		
<i>Evolvulus alsinoides</i>		F		
<i>Evolvulus prostratus</i>	Talayote	F		
<i>Ipomoea capillacea</i>		F		
<i>Ipomoea ternifolia</i>		F		
<i>Ipomoea stans</i>	Quiebra platos; Matorral.	F		A
<b>Cucurbitaceae</b>				
<i>Cucurbita aff. radicans</i>	Calabacita, calabaza de coyote		SI	
<b>Cyperaceae</b>				
<i>Cyperus spp.</i>	Coquillo	F		A
<b>Dioscoreaceae</b>				
<i>Dioscorea galeottiana</i>	Zarcillo; Enredadera; Chicahuaraz.	F		A
<i>Dioscorea minima</i>	Hiedra			
<i>Dioscorea sp</i>	Uva cimarrona; Chicahuaraz, Raíz del cerro	F		M, A

Familia y especie	Nombre común	Uso ganadero	Tóxico ganado	Útil para humanos
<b>Euphorbiaceae</b>				
<i>Acalypha infesta</i>	Hierba del cáncer; Cancerina	F		M,A
<i>Acalypha mexicana</i>	Quelitillo silvestre; Cancerina	F		M,A
<i>Croton adspersus</i>	Zapotillo		SI	
<i>Euphorbia densiflora</i>		F		
<i>Euphorbia dentata</i>				
<i>Euphorbia nutans?</i>		F		
<i>Euphorbia subreniformis</i>		F		
<b>Fabaceae</b>				
<i>Acacia sp.</i>				
<i>Acacia pennatulata</i> ☐	Huizache negro; Huzachillo			M
<i>Aeschynomene villosa</i>	Lentejilla	F		
<i>Calliandra grandiflora</i>	Cabello de angel	F		
<i>Crotalaria incana</i>	Cascabelito	F		
<i>Crotalaria rotundifolia</i>	Cascabelito	F		M
<i>Cologania sp</i>	Tripa de vaca del cerro	F		
<i>Dalea obativofolia</i>				
<i>Dalea sericea</i>		F		
<i>Desmodium alamanii</i>	Carretilla	F		
<i>Desmodium aparines</i>	Tripa de vaca; Tripa de gallina	F		
<i>Desmodium molliculum</i>	Tripa de vaca; Tripa de gallina	F		
<i>Desmodium uncinatum</i>	Tripa de pollo; Carretilla	F		
<i>Desmodium sp</i>	Hierba de la vibora	F		M
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Palo Dulce			
<i>Erythrina breviflora</i>	Patol			C
<i>Macroptilium gibbosifolium</i>	Jicama	F		
<i>Nissolia microptera</i>				
<i>Trifolium repens</i>		F		
<b>Fagaceae</b>				
<i>Quercus castanea</i>	Encino Rojo	F☐		M, C

<b>Familia y especie</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Uso ganadero</b>	<b>Tóxico ganado</b>	<b>Útil para humanos</b>
<i>Quercus laeta</i>	Taricuco. Tocus. Encino Blanco.	F□		C
<b>Geraniaceae</b>				
<i>Geranium sp.</i>				
<b>Lamiaceae</b>				
<i>Hyptis sp</i>		F		
<i>Salvia polystachya</i>	Chia de la morada			C
<i>Salvia mexicana var. Minor</i>	Chia silvestre			A. O
<i>Salvia lavanduloides</i>	Chia			
<b>Lythraceae</b>				
<i>Cuphea tolucana</i>	Alfilerillo	F		
<i>Cuphea sp</i>	Hierba de la golondrina	Med.		
<b>Malpighiaceae</b>				
<i>Gaudichaudia cynanchoides</i>	Camote, Camotillo, Carretilla, tripa de pollo. Enredadera.	F		
<b>Malvaceae</b>				
<i>Anoda cristata</i>	Malva	F		A
<i>Sida rhombifolia</i>	Malvilla; Guinare	F		M, O
<i>Sida sp 1. (pubescente)</i>		F		
<i>Kearnemalvastrum subtriflorum</i>	Malvón; Tipo malva	F		
<b>Onagraceae</b>				
<i>Lopezia racemosa</i>	Alfilerillo	F		
<i>Oenothera pubescens</i> □		F		M
<i>Oenothera rosea</i>		F		
<b>Ophioglossaceae</b>				
<i>Ophioglossum engelmannii</i>	Chilillo	F		
<b>Oxalidaceae</b>				
<i>Oxalis corniculata</i>	Mayito; Gallito de víbora	F		A
<i>Oxalis sp. (trébol gallo)</i>	Trébol gallo			
<i>Oxalis aff. divergens</i>		F		

<b>Familia y especie</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Uso ganadero</b>	<b>Tóxico ganado</b>	<b>Útil para humanos</b>
<b>Passifloraceae</b>				
<i>Passiflora bryonioides</i>	Benbericua; Pasiflorina		Si	M
<b>Phytolaccaceae</b>				
<i>Phytolacca icosandra</i>	Conguira			M
<b>Piperaceae</b>				
<i>Peperomia sp</i>		F		
<b>Poaceae</b>				
<i>Aristida laxa</i>	Avena silvestre	F		
<i>Bothriochloa pertusa</i>	Pitillo	F		
<i>Bromus exaltus</i>				
<i>Brachypodium mexicanum</i>				
<i>Eragrostis intermedia</i>	Avenilla	F		
<i>Eragrostis mexicana</i>				
<i>Hilaria cenchroides</i>	Chavista grama	F		
<i>Hilaria sp</i>				
<i>Lolium multiflorum</i>				
<i>Lycurus phleoides</i>	Tigrillo	F		
<i>Muhlenbergia implicata</i>	pasto	F		
<i>Muhlenbergia rigida</i>	pasto	F		
<i>Oplismenus burmannii</i>	Pasto de agua	F		
<i>Panicum maximum</i>				
<i>Paspalum sp</i>				
<i>Paspalum tenellum ?</i>				
<i>Piptochaetium virescens</i>	Pajilla	F		
<i>Rynchelytrum repens</i>	Cabello de angel	F		
<i>Setaria parviflora</i>				
<i>Sporobolus indicus</i>	Currioso			C
<i>Pasto sp 1.</i>	Arrocillo			
<b>Polemoniaceae</b>				
<i>Loeselia mexicana</i>	Espinosilla			M

<b>Familia y especie</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Uso ganadero</b>	<b>Tóxico ganado</b>	<b>Útil para humanos</b>
<b>Poligonaceae</b>				
<i>Rumex crispus</i>	Juan primero/lengua de vaca	F		M,A
<b>Polygalaceae</b>				
<i>Monnina sp</i>				
<i>Polygala subulata</i>				
<b>Polypodiaceae</b>				
<i>Polypodium sp</i>				
<b>Portulacaceae</b>				
<i>Portulaca oleracea</i>	Verdolaga; Verdolaga criolla.	F		A
<b>Primulaceae</b>				
<i>Anagallis arvensis</i>		F		
<b>Pteridaceae</b>				
<i>Adiantum andicola</i>				
<i>Aleuritopteris sp.</i>	Helecho			
<i>Cheilanthes bonariensis</i>	De piedra	F		
<i>Cheilanthes lendigera</i>	De piedra			
<i>Pellaea sagittata</i>				
<i>Pellaea sp</i>	Hierba del golpe			M
<i>Pteridium sp</i>				
<b>Ranunculaceae</b>				
<i>Clematis sp</i>		F		
<b>Rhamnaceae</b>				
<i>Ceanothus coeruleus</i>	Membrillo			
<b>Rubiaceae</b>				
<i>Borreria verticilata</i>		F		
<i>Bouvardia longiflora</i>	Flores de san Pedro			O
<i>Bouvardia ternifolia</i>	Margarita	F		O
<i>Crusea longiflora</i>		F		
<i>Mitracarpus breviflorus</i>		F		

<b>Familia y especie</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Uso ganadero</b>	<b>Tóxico ganado</b>	<b>Útil para humanos</b>
<b>Sapindaceae</b>				
<i>Serjania racemosa</i>	Barbas de San José	F		O
<b>Scrophulariaceae</b>				
<i>Mecardonia procumbens</i>		F		
<b>Selaginellaceae</b>				
<i>Selaginella pallescens</i>	Flor de piedra; Doradilla	F		M
<b>Solanaceae</b>				
<i>Bouchetia arniatera</i>		F		
<i>Cestrum fulvescens</i>	Huele de noche. Tomatillo		SI	O
<i>Physalis chenopodifolia</i>	Tomatillo de campo. Tomate de coyote. Tomatillo.			M,A
<i>Physalis orizabae</i>	Tomatillo	F		A
<i>Solanum demissum</i>	Papa silvestre	F		M,
<i>Solanum nigrescens</i>	Vara Blanca. Hierba mora.	F		M,A
<b>Verbenaceae</b>				
<i>Lantana sp</i>				A
<i>Lantana hirta</i>	Tarepe	F		M
<i>Verbena carolina</i>		F		
<i>Priva mexicana</i>				
<b>Violaceae</b>				
<i>Viola grahamii</i>		F		

## ANEXO 2. Coeficientes promedio de AIC.

### A. Para las variables evaluadas de las plantas herbáceas y arbustivas

	Riqueza	Inv Simpson	Shannon	Equitatividad	Biomasa
Intercepto (Bosque)	1.79E+00	1.28E+00	1.43E+00	1.93E+00	3.50E+00
Tiempo	3.51E-01	3.36E-01	3.51E-01	1.40E-01	1.58E-02
Tiempo <sup>2</sup>	-8.09E-01	-4.83E-01	-6.20E-01	3.86E-01	-5.07E-05
Exclusión	-9.28E-02	-1.27E-01	-1.36E-01	-1.71E-01	6.19E-01
Pastizal	6.11E-02	6.02E-02	8.39E-02	5.89E-02	5.71E+00
Transición	4.10E-01	1.80E-01	3.07E-01	-2.29E-01	2.65E+00
Tiempo* Exclusión	-6.24E-02	1.53E-02	1.45E-03	2.46E-02	-2.28E-03
Tiempo* Pastizal	-1.20E-02	1.89E-03	1.17E-02	-7.68E-02	-7.68E-03
Tiempo* Transición	2.74E-03	2.87E-02	5.26E-02	-7.52E-02	-2.40E-02
Tiempo <sup>2</sup> * Pastizal	2.82E-01	5.39E-02	1.24E-01	5.33E-02	2.67E-05
Tiempo <sup>2</sup> * Transición	3.57E-01	4.76E-02	1.29E-01	-5.18E-01	6.47E-05
Exclusión* Pastizal	1.67E-02	5.22E-04	1.17E-02	-6.76E-02	-1.86E+00
Exclusión* Transición	5.50E-02	2.87E-02	5.26E-02	2.29E-02	2.82E-01
Tiempo* Exclusión* Pastizal	2.44E-05	7.20E-05	1.49E-04	1.21E-04	1.41E-02
Tiempo* Exclusión* Transición	8.41E-05	1.00E-05	6.72E-05	-9.69E-05	-1.46E-03
Exclusión* Tiempo <sup>2</sup>	6.80E-02	2.00E-02	2.80E-02	-3.18E-02	-1.25E-07
Exclusión* Tiempo <sup>2</sup> * Pastizal	8.12E-06	1.19E-04	2.73E-04	7.40E-04	-6.18E-06
Exclusión* Tiempo <sup>2</sup> * Transición	2.07E-04	6.35E-06	1.18E-04	1.92E-04	-5.73E-06

### B. Para las variables evaluadas de las plantas forrajeras

	Riqueza	Inv Simpson	Shannon	Equitatividad	Biomasa
Intercepto (Bosque)	1.20E+00	8.32E-01	8.76E-01	1.88E+00	2.75E+00
Tiempo	4.48E-01	3.64E-01	4.29E-01	3.05E-01	1.40E-02
Tiempo <sup>2</sup>	-1.09E+00	-6.13E-01	-8.70E-01	1.91E-01	-5.25E-05
Pastizal	2.72E-01	1.54E-01	2.48E-01	-1.63E-02	6.45E+00
Transición	5.10E-01	2.27E-01	3.75E-01	-3.08E-01	1.60E+00
Tiempo <sup>2</sup> * Pastizal	4.43E-01	1.21E-01	2.45E-01	1.51E-02	3.13E-05
Tiempo <sup>2</sup> * Transición	5.08E-01	1.12E-01	2.57E-01	-4.54E-01	6.77E-05
Exclusión	-3.05E-02	-3.15E-02	-2.73E-02	-4.23E-02	5.23E-01
Tiempo* Exclusión	-6.18E-02	-1.25E-03	-1.65E-02	2.89E-03	2.81E-03
Tiempo <sup>2</sup> * Exclusión	6.28E-02	1.42E-02	2.50E-02	5.04E-03	-6.59E-06
Tiempo* Pastizal	9.07E-03	-2.30E-03	7.44E-03	-2.37E-01	-7.33E-03
Tiempo* Transición	2.50E-02	1.47E-02	1.70E-02	-1.40E-01	-2.30E-02
Exclusión* Pastizal	2.10E-02	2.16E-03	7.44E-03	-1.28E-03	-1.87E+00
Exclusión* Transición	3.63E-02	8.14E-03	1.70E-02	1.25E-02	6.72E-01
Exclusión* Tiempo <sup>2</sup> * Pastizal	-1.17E-04	-5.60E-05	3.64E-06	-2.65E-04	-1.48E-06
Exclusión* Tiempo <sup>2</sup> * Transición	-1.78E-04	-2.21E-04	-3.73E-04	-2.89E-03	-2.54E-06
Exclusión* Tiempo* Pastizal	1.80E-05	1.69E-06	4.97E-05	1.11E-04	9.90E-03
Exclusión* Tiempo* Transición	-4.51E-05	-9.95E-05	-2.16E-04	-1.30E-03	-3.00E-03

*C. Para las variables evaluadas de las plantas útiles*

	Riqueza	Inv Simpson	Shannon	Equitatividad	Biomasa
Intercepto (Bosque)	1.20E+00	5.03E-01	5.45E-01	2.75E+00	3.00E+00
Tiempo	4.48E-01	6.41E-02	6.36E-02	1.94E-05	-4.90E-01
Tiempo <sup>2</sup>	-1.09E+00	-8.70E-02	-8.65E-02	1.06E-02	4.65E-01
Pastizal	2.72E-01	-8.33E-02	-9.76E-02	3.65E-02	-9.80E-01
Transición	5.10E-01	6.53E-02	7.50E-02	-2.61E-02	-1.24E+00
Tiempo <sup>2</sup> * Pastizal	4.43E-01	1.18E-02	1.15E-02	3.09E-04	1.87E+00
Tiempo <sup>2</sup> * Transición	5.08E-01	2.43E-03	2.10E-03	-2.89E-04	-5.29E-01
Exclusión	-3.05E-02	-9.72E-03	-7.09E-03	-1.61E-01	1.51E-01
Tiempo* Exclusión	-6.18E-02	-2.63E-03	-2.35E-03	-8.54E-03	1.56E-02
Tiempo <sup>2</sup> * Exclusión	6.28E-02	-2.09E-03	-1.49E-03	-2.01E-02	8.99E-03
Tiempo* Pastizal	9.07E-03	-1.31E-03	-1.39E-03	1.33E-04	-9.33E-01
Tiempo* Transición	2.50E-02	-1.58E-03	-1.29E-03	-2.34E-04	3.86E-01
Exclusión* Pastizal	2.10E-02	-5.24E-03	-6.08E-03	-8.36E-04	-3.76E-02
Exclusión* Transición	3.63E-02	8.89E-03	9.30E-03	-2.89E-04	-5.42E-03
Exclusión* Tiempo <sup>2</sup> * Pastizal	-1.17E-04	2.57E-04	1.78E-04	7.63E-05	-6.91E-05
Exclusión* Tiempo <sup>2</sup> * Transición	-1.78E-04	1.61E-04	1.07E-04	5.59E-05	-1.12E-04
Exclusión* Tiempo* Pastizal	1.80E-05	1.18E-04	8.53E-05	7.74E-05	-5.25E-05
Exclusión* Tiempo* Transición	-4.51E-05	3.80E-05	2.38E-05	5.03E-05	-1.35E-04

ANEXO 2.1. Valores de importancia de AIC y proporción de modelos que incluyen cada factor

*A. Para las variables evaluadas de las plantas herbáceas y arbustivas*

	Zona	Tiempo	T:Z	Tiempo <sup>2</sup>	T <sup>2</sup> :Z	Ganado	G:Z	T:G	T:G:Z	G:T <sup>2</sup>	G:T <sup>2</sup> :Z
<b>Riqueza</b>											
Importancia	1	1	0.29	1	0.81	0.75	0.23	0.31	<0.01	0.32	0.01
Pr. De modelos	84.34	77.11	37.35	77.11	37.35	84.34	43.37	37.35	7.23	37.35	7.23
<b>Inv.Simpson</b>											
Importancia	0.62	0.99	0.12	1	0.19	0.78	0.11	0.27	<0.01	0.28	<0.01
Pr. De modelos	84.34	77.11	37.35	77.11	37.35	84.34	43.37	37.35	7.23	37.35	7.23
<b>Shannon</b>											
Importancia	0.87	1	0.25	1	0.41	0.8	0.18	0.25	<0.01	0.3	<0.01
Pr. De modelos	84.34	77.11	37.35	77.11	37.35	84.34	43.37	37.35	7.23	37.35	7.23
<b>Equitatividad</b>											
Importancia	0.97	0.49	0.2	0.91	0.85	0.74	0.19	0.11	<0.01	0.2	<0.01
Pr. De modelos	84.34	77.11	37.35	77.11	37.35	84.34	43.37	37.35	7.23	37.35	7.23
<b>Biomasa</b>											
Importancia	1	1	1	1	0.98	0.98	0.95	0.92	0.88	0.48	0.17
Pr. De modelos	84.34	77.11	37.35	77.11	37.35	84.34	43.37	37.35	7.23	37.35	7.23

\*T= tiempo, T<sup>2</sup> = Tiempo al cuadrado, Z= Zona, G=Ganado. Pr. De modelos= proporción de modelos que incluyen el factor.

*B. Para las variables evaluadas de las plantas Forrajeras*

	Zona	Tiempo	T:Z	Tiempo <sup>2</sup>	T <sup>2</sup> :Z	Ganado	G:Z	T:G	T:G:Z	G:T <sup>2</sup>	G:T <sup>2</sup> :Z
<b>Riqueza</b>											
Importancia	0.99	1	0.27	1	0.83	0.53	0.14	0.23	<0.01	0.23	<0.01
Pr. De modelos	84.34	77.11	37.35	77.11	37.35	84.34	43.37	37.35	7.23	37.35	7.23
<b>Inv.Simpson</b>											
Importancia	0.69	0.99	0.2	1	0.32	0.51	0.05	0.14	<0.01	0.16	<0.01
Pr. De modelos	84.34	77.11	37.35	77.11	37.35	84.34	43.37	37.35	7.23	37.35	7.23
<b>Shannon</b>											
Importancia	0.91	1	0.37	1	0.57	0.48	0.08	0.15	<0.01	0.17	<0.01
Pr. De modelos	84.34	77.11	37.35	77.11	37.35	84.34	43.37	37.35	7.23	37.35	7.23
<b>Equitatividad</b>											
Importancia	0.79	0.62	0.29	0.74	0.58	0.39	0.04	0.06	<0.01	0.08	<0.01
Pr. De modelos	84.34	77.11	37.35	77.11	37.35	84.34	43.37	37.35	7.23	37.35	7.23
<b>Biomasa</b>											
Importancia	1	1	1	1	1	0.99	0.95	0.94	0.86	0.59	0.15
Pr. De modelos	84.34	77.11	37.35	77.11	37.35	84.34	43.37	37.35	7.23	37.35	7.23

\*T= tiempo, T<sup>2</sup> = Tiempo al cuadrado, Z= Zona, G=Ganado. Pr. De modelos= proporción de modelos que incluyen el factor.

*C. Para las variables evaluadas de las plantas útiles*

	Zona	Tiempo	T:Z	Tiempo <sup>2</sup>	T <sup>2</sup> :Z	Ganado	G:Z	T:G	T:G:Z	G:T <sup>2</sup>	G:T <sup>2</sup> :Z
<b>Riqueza</b>											
Importancia	0.99	1	0.27	1	0.83	0.53	0.14	0.23	<0.01	0.23	<0.01
Pr. De modelos	84.34	77.11	84.34	77.11	37.35	84.34	43.37	37.35	7.23	37.35	7.23
<b>Inv.Simpson</b>											
Importancia	0.69	0.52	0.05	0.61	0.09	0.38	0.06	0.06	<0.01	0.07	<0.01
Pr. De modelos	84.34	77.11	84.34	77.11	37.35	84.34	43.37	37.35	7.23	37.35	7.23
<b>Shannon</b>											
Importancia	0.72	0.51	0.05	0.59	0.09	0.37	0.06	0.06	<0.01	0.06	<0.01
Pr. De modelos	84.34	77.11	84.34	77.11	37.35	84.34	43.37	37.35	7.23	37.35	7.23
<b>Equitatividad</b>											
Importancia	0.45	0.29	<0.01	0.29	<0.01	0.16	0.01	0.05	<0.01	0.06	<0.01
Pr. De modelos	84.34	77.11	84.34	77.11	37.35	84.34	43.37	37.35	7.23	37.35	7.23
<b>Biomasa</b>											
Importancia	0.92	0.49	0.32	0.57	0.45	0.32	0.03	0.03	<0.01	0.03	<0.01
Pr. De modelos	84.34	77.11	84.34	77.11	37.35	84.34	43.37	37.35	7.23	37.35	7.23

\*T= tiempo, T<sup>2</sup> = Tiempo al cuadrado, Z= Zona, G=Ganado. Pr. De modelos= proporción de modelos que incluyen el factor.

## ANEXO 3. Entrevista

NUMERO ENTREVISTA:

FECHA:

LOCALIDAD:

GEOLOCALIZACIÓN:

INICIALES DEL ENTREVISTADOR:

HORA INICIO:

HORA FINALIZAR:

### PRESENTACIÓN

Buenos días, somos estudiantes de la Universidad. Estamos haciendo nuestro trabajo de tesis y nos interesa aprender sobre el manejo del ganado en esta zona.

1. ¿Usted tiene ganado?

SI	NO
----	----

Tenemos algunas preguntas para personas que tienen ganado como usted. Las respuestas de las personas son anónimas, y no anotamos nombre, dirección o teléfono en caso de que pueda responder algunas preguntas. Las respuestas solo serán utilizadas para este estudio y solo los estudiantes tendrán acceso a la información que usted nos proporcione.

En cualquier momento podemos parar, y puede no contestar alguna pregunta que no quiera.

La entrevista dura unos veinte minutos.

¿Usted podría responder algunas preguntas?

SI	NO
----	----

2. Vamos a empezar preguntándole sobre sus vacas: ¿Durante el año, donde están sus vacas?

		Temporada de Aguas	Temporada de Secas	
1	Libres en el campo			PREGUNTAR 2.1
2	Encerradas en el corral (Establo)			SI SOLO ENCERRADAS, FIN DE LA ENTREVISTA

(MARCAR X) Si están libres en el día y encerradas en la noche (Todo el año).

2.1. Ahora le preguntare un poco sobre las vacas cuando están libres o sueltas en el campo, ¿Más o menos cuantos kilómetros (SI NO SABE LOS KMS, PREGUNTAR CUANTO TIEMPO LE TOMA LLEGAR AHI) hay desde su casa hasta donde está el ganado? (¿EN QUÉ VA? A CABALLO, CAMINANDO, EN AUTO, ETC)

2.2. ¿Más o menos cuantas horas al día le dedica al cuidado del ganado?

3. [MOSTRAR TARJETA 1] Ahora le mostrare una lista y le pediré si me puede decir más o menos ¿cuantos tiene de cada uno?

	Cantidad total	Venta 3.1	Autoconsumo 3.2	Leche 3.3		Queso 3.4	Pérdidas 3.5	
				Secas	Aguas		Muertas	Robadas
Vacas								
Vaquillas								
Terneras								
Toros								
Toretos								
Becerras								

**[DESPUES DE QUE INDIQUE CUANTOS SON DE CADA UNO PREGUNTAR:]**

- 3.1. Me puede decir cuántas cabezas de cada uno vendió en el último año **(REGISTRAR EN LA COLUMNA VENTA)**
- 3.2. ¿Y cuantas uso de cada uno para consumo en casa o con su familia, o para alguna celebración en el último año? **(REGISTRAR EN LA COLUMNA AUTOCONSUMO)**
- 3.3. Más o menos, ¿Cuántos litros de leche se producen al día?**(REGISTRAR EN LA COLUMNA LECHE)**
- 3.4. ¿Y hacen quesos? ¿Más o menos cuantos quesos por semana (o mes)?**(REGISTRAR EN LA COLUMNA QUESO)**
- 3.5. ¿Recuerda cuántos de estos (Tarjeta 1) murieron y cuántas le robaron en el último año? **(REGISTRAR EN LA COLUMNA PERDIDAS)**
- 3.6. **(SI CONTESTO QUE LE ROBARON)** Ahora le preguntare si hay alguna medida que usted esté tomando para evitar el robo, me puede contar un poco sobre ese problema. (Tiene un vaquero o cuidador)

3.7. ¿Me puede decir de qué tipo de raza (o cruza) es su ganado?

3.8. Además de la venta o la leche, ¿Le da algún otro uso al ganado?**(ANOTAR)**

4. Más o menos ¿Cuánta es la superficie total de tierra **(HECTAREAS)** que usa su ganado durante todo el año?

5. ¿Cuántas hectáreas son de usted?

Propias: _____ ha	<b>OTROS</b> Prestadas, rentadas: _____ ha														
Ahora le preguntare de las que son suyas <b>a) ¿Le da permiso a otros ganaderos para que usen sus terrenos?</b> SI <b>(PREGUNTAR b)</b> NO <b>(PREGUNTAR C)</b> <b>b) ¿Cómo es el acuerdo? (Rentadas, prestada, a medias)</b>	Ahora le preguntare sobre las hectáreas que NO son suyas <b>a) ¿Aproximadamente que tamaño tienen esos terrenos ? (CONSTRUIR TABLA CON EL GANADERO)</b> <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="padding: 2px;">Terreno</th> <th style="padding: 2px;">Tamaño (ha) Rentadas, Prestadas, a medias</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="padding: 2px;">1</td><td style="padding: 2px;"></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">2</td><td style="padding: 2px;"></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">3</td><td style="padding: 2px;"></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">4</td><td style="padding: 2px;"></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">5</td><td style="padding: 2px;"></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">6</td><td style="padding: 2px;"></td></tr> </tbody> </table>	Terreno	Tamaño (ha) Rentadas, Prestadas, a medias	1		2		3		4		5		6	
Terreno	Tamaño (ha) Rentadas, Prestadas, a medias														
1															
2															
3															
4															
5															
6															
<b>c) ¿Aproximadamente que tamaño tienen esos terrenos ? (CONSTRUIR TABLA CON EL GANADERO)</b>	<b>b) ¿Cómo es el acuerdo? (EXPLICAR)</b>														

Terreno	Tamaño (ha)		<p>Rentadas</p> <p>Prestadas</p> <p>A medias</p>
1			
2			
3			
4			
5			
6			
<p>d) ¿Siembra el pasto cada año? ¿O cómo se asegura de que habrá pasto para su ganado? ¿Cómo les da mantenimiento?</p>			

6. ¿Me puede decir algunos nombres de las plantas que come el ganado en esos terrenos?☒

6.1. De acuerdo con su experiencia, ¿el ganado gana o pierde peso al entrar en esos terrenos?

6.2. ¿Cómo les lleva agua a sus vacas?

**I. AHORA LE PREGUNTARE UN POCO SOBRE EL MANEJO DE SU GANADO**

7. Me podría contar ¿Cómo es la rotación del ganado durante el año? Es decir, ¿cuánto tiempo las deja en cada terreno? (**VER TABLA CONSTRUIDA CON EL GANADERO**)

Terreno	Tiempo (ESPECIFICAR : DIAS, SEMANAS, MESES)
1	
2	
3	
4	
5	
6	

**II. ACUERDOS**

(SOLO SI CONTESTO OTROS EN LA PREGUNTA 5. MIRAR CON ATENCION LA RESPUESTA EN LA 5, SI CONTESTO PROPIAS PASAR A SECCION III "OTROS USOS").



<p>14. ¿Cómo es su relación con el (los) carbonero(s) de ese terreno?</p> <table border="1" data-bbox="279 611 639 678"> <tr> <td>Mala</td> <td>Regular</td> <td>Buena</td> </tr> </table> <p>15a. ¿Usted piensa que la ganadería y la elaboración de carbón se pueden hacer juntas sin que una perjudique a la otra? ¿Por qué?</p>	Mala	Regular	Buena	<p>15b. ¿Usted piensa que la ganadería y la elaboración de carbón se pueden hacer juntas sin que una perjudique a la otra? ¿Por qué?</p>
Mala	Regular	Buena		
<p>16a. ¿Según usted, cuál de estas dos actividades le deja más ganancia al dueño del terreno la ganadería o la producción de carbón? ¿Por qué?</p>	<p>16b. ¿Según usted, cuál de estas dos actividades le deja más ganancia al dueño del terreno la ganadería o la producción de carbón? ¿Por qué?</p>			

**IV. AHORA LE PREGUNTARE UN POCO SOBRE ALGUNOS GASTOS QUE TIENE CON EL GANADO.**

17. **[MOSTRAR TARJETA 2 Y LEER EN VOZ ALTA]** De la lista que estoy mostrando, le preguntaré ¿Cuál de estos les da y más o menos qué cantidad *al día*? (Preguntar cuánto y la época) **NOTA: REGISTRAR MUY BIEN LAS UNIDADES, EJEMPLO: 10 BULTOS A LA SEMANA**

Nombres	Cantidad (ANOTAR UNIDAD DE MEDIDA (ejemplo: bulto, saco, costal) Y ÉPOCA: temporada de aguas/ temporada de secas)	Lo Produce MARCAR CON X	Lo Compra MARCAR CON X	Donde lo compra
Rastrojo				
Engorda (concentrado)				
Janamargo				
Alfalfa				
Maíz molido				
Avena				
Salvado				
Sal				
OTRO: _____				
Agua				

18. ¿Me podría contar como trae el agua y el alimento hasta donde está el ganado?

**(ANOTAR CUALQUIER COMENTARIO, EN CASO DE TENER ALGUN ACUERDO CON EL DUEÑO DEL TERRENO PARA EL ALIMENTO DEL GANADO)**

19. **[MOSTRAR TARJETA 3]** Ahora le preguntaré sobre otros gastos que tiene con el ganado y le preguntaré ¿Cuántas veces aplicó estos medicamentos en el último año?

Concepto	Número de veces
Vacunas	
Desparasitantes	
Vitaminas	
Garrapaticidas	
Vampiricida	
Veterinario (Visitas)	

19.1. ¿Cuántas veces vinieron del ayuntamiento a aplicar vacunas o medicamentos el último año?

19.2 Si usa plantas medicinales para su ganado, ¿Me podría decir los nombres de las plantas medicinales que usted usa?

**VI. SUBSIDIOS**

20. **(MOSTRAR TARJETA 4 LEER EN VOZ ALTA)** Ahora le mostrare la lista de los programas ganaderos del gobierno, me puede decir cuales tiene



<b>Programa</b>	<b>SI /NO</b>
PROGAN	
SINIIGA	
Procampo	
Apoyo diesel	

20.1. **(SI TIENE PROGAN)** ¿Cuántas cabezas tiene registradas en el programa PROGAN?

20.2. **(SI TIENE SINIIGA)** ¿Cuántas cabezas tiene registradas en el programa SINIIGA?

20.3. ¿Usted recibe otro apoyo para el ganado que no esté en la lista que le mostré?

21. Usted sabría decirme ¿por aquí por la zona, más o menos cuanto se paga por cada terreno? **(VER 5 PARA PREGUNTAR SEGUN EL TAMANO QUE TIENE EL ENTREVISTADO)**

\$ TAMAÑO MINIMO _____	\$ TAMAÑO MAXIMO _____
------------------------	------------------------

22. **(MOSTRAR TARJETA 5)** Finalmente, le mostrare una lista y le preguntare si podría calcular más o menos cuál de estas cantidades se acerca más a las ganancias que usted obtiene de su ganado al año, sin contar los gastos que realiza

1. Menos de \$5,000
2. De \$5,000 a \$10,000
3. De \$10,000 a \$20,000
4. Más de \$20,000

23. Solo para las estadísticas del estudio, le preguntaré algunos datos sobre usted. Le recuerdo que la información es confidencial y solo será usada para la investigación de los estudiantes:

Año de nacimiento:		Género:	M    F
Número de años de estudio completos:		A qué se dedica usted:	
Número de miembros en su hogar:			
Número miembros menores de 18 años:			

24. ¿Le han parecido difíciles las preguntas?

**Le agradezco mucho por brindarme un poco de su tiempo.**

**ENTREVISTADOR: POR FAVOR, ANOTE LO SIGUIENTE AL FINALIZAR LA ENTREVISTA**

1. **CONFIANZA:**    Baja        Media        Alta

2. ¿Cree que la persona entrevistada entendió las preguntas?

Entendió muy bien	Más o menos	No entendió
-------------------	-------------	-------------

3. ¿Cree que la persona entrevistada ha respondido...?

Con mucha sinceridad	Término medio	Con poca sinceridad
----------------------	---------------	---------------------

TARJETA 1 y 4

**Vacas**



**Toros**



**Terneritas**



**Toretas/becerros**



TARJETA 2

**Rastrojo**



**Engorda (concentrado)**



**Janamargo**



**Alfalfa**



**Maíz molido**



**Avena**



**Salvado**



**Sal**

**OTRO:**

TARJETA 3

**Vacunas**

**Medicinas**

**Desparasitantes**

**Vitaminas**

**Garrapaticida**

**Vampiricida**

**Plantas medicinales**

**Veterinario**



TARJETA 5

**PROGAN**

**Procampo**

**Apoyo diesel**

**Otro:**

TARJETA 6

1. Menos de \$5,000
2. De \$5,000 a \$10,000
3. Más de \$10,000