



UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA, INVESTIGACIÓN Y
SERVICIO EN SUELOS

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL
DESARROLLO SOSTENIBLE

SILVOPASTOREO ESTACIONAL COMO ESTRATEGIA DE PRODUCCIÓN
OVINA EN BOSQUE DE PINO-ENCINO

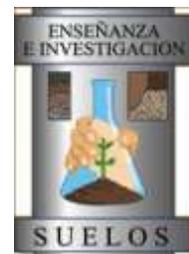
TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA
PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

PRESENTA

MVZ. DOLORES NOEMÍ ÁVILA RAMÍREZ

Mayo de 2012
Chapingo, Estado de México





UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA, INVESTIGACIÓN Y
SERVICIO EN SUELOS

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL
DESARROLLO SOSTENIBLE

SILVOPASTOREO ESTACIONAL COMO ESTRATEGIA DE PRODUCCIÓN
OVINA EN BOSQUE DE PINO-ENCINO

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL
DESARROLLO SOSTENIBLE

PRESENTA

MVZ. DOLORES NOEMÍ ÁVILA RAMÍREZ

Mayo de 2012

Chapingo, Estado de México



DESARROLLO
DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES



SILVOPASTOREO ESTACIONAL COMO ESTRATEGIA DE PRODUCCIÓN OVINA EN BOSQUE DE
PINO-ENCINO

Tesis realizada por Dolores Noemí Ávila Ramírez, bajo la dirección del Comité Asesor
indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

En Agroforestería para el Desarrollo Sostenible

DIRECTOR:



Dr. Alejandro Lara Bueno

ASESOR:



Dr. Laksmi Reddiar Krishnamurthy

ASESOR:



MC. MVZ. Francisco Espinosa Aviña

Agradecimientos

Antes que a nadie, mis agradecimientos son para mi Familia. Esta nueva meta ha sido realizada gracias a todo el apoyo incondicional. Les agradezco nuevamente la paciencia, el ánimo, la confianza y todos aquellos momentos en que me escucharon, me extrañaron, me vieron regresar y partir... A todos gracias por una cosecha más.

Agradezco al gran Equipo Multidisciplinario que contribuyó a la realización de este proyecto, aquí materializado:

A Grupo Mazatla AC y a Futuro Común AC, por las facilidades, la confianza y la oportunidad de vincular al campo y la academia. Muy especialmente al Sr. Miguel Domínguez, a la M en C Biol. Nancy Mejía y al M en C Biol. Jorge A. Escutia Sánchez, por abrir las puertas de Mazatla.

A los señores Leopoldo González, Basilio Hernández y Margarito Torres, por la oportunidad de libre acción de estos jóvenes desconocidos hasta entonces. Así como a Jesús Alvarado por ceder sus vacaciones de verano a unos borregos.

A Tere Jiménez por el tiempo invertido, por su esfuerzo y por el interés mostrado, y por compartir angustias, risas y sobresaltos en las salidas de campo.

Al M en C Ramiro Cruz por el valioso apoyo en la identificación taxonómica en el Herbario de la Facultad de Ciencias, UNAM.

Al Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica, FMVZ-UNAM.

Gracias al Universidad Autónoma Chapingo por la libertad para plantear y realizar esta investigación. Así como al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por haber otorgado la beca para realizar mis estudios de Posgrado.

Finalmente, a todos y cada uno de aquellos colaboradores que fueron, vieron, se cansaron y conocieron Mazatla.

GRACIAS

DEDICATORIAS

A la memoria de Jorge Antonio Reyna Rivera (Q.E.P.D. †)... El mejor coordinador,
compañero y Amigo

Dedico este trabajo a todos los Jóvenes Espíritus:

... que se plantean preguntas y dudan de todo,

... que desoyen la necia letanía del “¿para qué hacerlo?, las cosas son así”,

... quienes saben que siempre hay alternativas,

... quienes todavía miran cada día con ojos de niño curioso,

... quienes brillan como pequeñas estrellas en la más profunda oscuridad...

Para que no olvidemos creer en nosotros mismos y en nuestras capacidades (diferentes).

Deja atrás tu opacada gloria y triunfo, sigue adelante y ¡sólo juega!

Datos biográficos

Dolores Noemí Ávila Ramírez es originaria de la Ciudad de México, donde reside actualmente. Es egresada de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Se ha desempeñado como profesora de Licenciatura en esta Facultad, donde además participó en la actualización del contenido programático de la Asignatura Producción y Aprovechamiento de Forrajes, en el desarrollo de actividades prácticas y colaboró en la organización y realización de cursos de actualización sobre el aprovechamiento de recursos forrajeros.

Ha participado en diversos foros de difusión científica, tales como la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria, el Congreso Nacional de Buiatría, el II Congreso Nacional de Botánica, el Foro de Experiencias Educativas de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM), entre otros.

De forma complementaria a la formación académica y profesional, la autora ha fomentado su formación cultural participando en concursos de fotografía y de poesía, y cursando talleres de lengua y filosofía náhuatl.

SILVOPASTOREO ESTACIONAL COMO ESTRATEGIA DE PRODUCCIÓN OVINA EN BOSQUE DE PINO-ENCINO

Seasonal silvopastoralism as sheep production strategy in mixed forest

Ávila-Ramírez Dolores Noemí, Lara Bueno Alejandro

RESUMEN

El silvopastoreo se basa en el aprovechamiento racional de los recursos y diversifica los productos generados en la misma unidad de terreno. El objetivo de la investigación fue diseñar un sistema silvopastoril estacional (SSPE) a partir de la caracterización del medio ecológico y la evaluación de interacciones planta-animal para valorar el potencial de aceptación como actividad productiva. En un área con bosque mixto (4450 m²), mediante la identificación de micro-parcelas se caracterizó el suelo, el mantillo y la estructura florística, y se registraron lecturas de condiciones microclimáticas. Con apoyo de un informante clave y mediante una prueba de cafetería con ovinos se identificaron especies nativas con potencial forrajero. Las características de los sistemas ovinos locales sirvieron como antecedente para diseñar el SSPE. El silvopastoreo se realizó en la temporada de lluvias 2011 (julio-septiembre). Las interacciones planta-animal evaluadas fueron selectividad y velocidad de rebrote. El impacto en el bosque se evaluó mediante las condiciones de suelo, el seguimiento

a la vegetación y la capacidad de rebrote de algunas especies. No se obtuvo diferencia estadística entre las lecturas microclimáticas ($P > 0.05$) del bosque y la pradera local, aunque las condiciones en el bosque fueron más homogéneas que en la pradera. La preferencia en la prueba de cafetería obtuvo diferencia estadística ($X^2 = 27.94$, $gl = 6$; $p < 0.0001$) con la preferencia referida por el informante clave. El rebaño tuvo una GDP promedio de 74.75g durante el silvopastoreo. Las especies con mayor frecuencia relativa de selección fueron gramíneas (16.26%), *Garrya laurifolia* (14.63%), *Smilax moranensis* (13.01%) y *Cornus excelsa* (11.79%). El seguimiento a la composición florística evidenció que el rebaño realizó herbivoría selectiva. La materia orgánica del mantillo tuvo diferencia estadística ($H = 8.83$; $gl = 2$; $P < 0.05$) en la apariencia antes y después del silvopastoreo. El rebaño conformó su dieta en el bosque a pesar de haber crecido en praderas locales. La vegetación nativa ofreció una amplia gama de forrajes para seleccionar, y el rebrote estuvo beneficiado por el microclima y suelo. Las semejanzas de manejo del SSPE con el pastoreo

convencional local sugieren potencial de aceptación como actividad productiva.

Palabras clave: Forraje nativo, potencial silvopastoril, conservación del bosque, selectividad, impacto en el bosque, potencial de aceptación.

Abstract

Silvopastoral systems in Mexico are based on the rational resources use and it diversifies the products obtained in same land unit. The objective research was to design a seasonal silvopastoral system (SSPE) from ecological environment characterization and evaluation of plant-animal interactions to value the acceptance potential as an economical activity. In a mixed forest area of 4450 m², by identifying micro-plots was characterized soil, mulch, and floristic structure, and recorded micro-climatic conditions data. With one key informant collaboration and through a cafeteria test with sheep it identified native species as potential forages. The characteristics of local sheep systems served as designing SSPE background. Silvopastoralism was worked at rainy season in 2011 (July to September). Evaluated plant-animal interactions were selectivity and rate of regrowth. The

Forest impact was evaluated by soil conditions, vegetation monitoring and regrowth capacity of some species. No statistical difference was obtained between microclimate recordings ($P>0.05$) in forest and local prairie, although forest conditions were more homogeneous than in the prairie. The preference in cafeteria test was statistically different ($X^2=27.94$, $gl=6$; $p<0.0001$) with the preference reported by key informant. An average daily gain (DG) in herd was 74.75g. The species with higher relative selection-frequency were grasses (16.26%), Garrya laurifolia (14.63%), Smilax moranensis (13.01%) and Cornus excelsa (11.79%). The monitoring of floristic composition showed that the herd made selective herbivore. Organic matter appearance in topsoil status had statistical difference ($H=8.83$; $gl=2$; $P<0.05$) before and after the silvopastoralism. Herd integrated their diet in the forest despite being raised in local pastures. Native vegetation offered a wide range selection of forages, and regrowth was benefited by microclimate and soil conditions. The SSPE management similarities with local conventional grazing suggested potential acceptance as economical activity.

Index words: *native forages, silvopastoral potential, forest conservation, animal selectivity, forest impact, potential acceptance*

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	14
MARCO TEÓRICO	16
SISTEMAS SILVOPASTORILES EN LA REPÚBLICA MEXICANA	16
Tipos de sistemas silvopastoriles	16
Importancia del silvopastoreo en zonas templadas	18
Interacciones planta-animal en sistemas silvopastoriles	20
Disponibilidad de alimento y carga animal.	20
Consumo voluntario y selectividad.	22
Confort térmico	23
Otras interacciones con el medio ecológico	24
Aprovechamiento de flora nativa como forraje	24
La estacionalidad como factor de disponibilidad y calidad del forraje.....	25
OBJETIVO GENERAL	27
Objetivos específicos.....	27
HIPÓTESIS	27
MATERIALES Y MÉTODOS	28
Área de estudio.....	28
Sistema de identificación para el trabajo de campo.....	30
Sistemas de producción ovina local.....	30
Disponibilidad de recursos forrajeros nativos	31
Análisis del medio ecológico de la parcela experimental.....	31
Comparación microclimática de ambientes de pastoreo	31
Valoración del estado del suelo	32
Estructura y composición florística	32
Diseño del sistema silvopastoril estacional (SSPE) con ovinos.....	33
Manejo del rebaño	33
Evaluación de interacciones planta-animal en silvopastoreo	33

Selectividad	33
Características del rebrote (impacto en la vegetación)	33
Valoración del impacto en el bosque	34
Estado del suelo	34
Composición florística: persistencia de especies	34
Evaluación del potencial de aceptación del SSPE	34
Practicidad de manejo: SSPE vs sistemas locales.....	34
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
Disponibilidad de recursos forrajeros nativos	35
Análisis del medio ecológico.....	36
Manejo del rebaño.....	43
Interacciones planta-animal en silvopastoreo.....	45
Selectividad	45
Impacto en la vegetación	49
Disponibilidad de forraje.....	52
Impacto en el bosque	54
Suelo.....	54
Persistencia de especies.....	56
Potencial de aceptación del SSPE	62
CONCLUSIONES.....	67
IMPLICACIONES Y CONSIDERACIONES FINALES	67
LITERATURA CITADA.....	69
ANEXO I. Formatos de registro de información en campo	73
ANEXO II. Listado florístico de la parcela experimental. Ejido Santa María Mazatla, Jilotzingo, Estado de México.	76
ANEXO III. Guía de identificación de especies en técnica microhistológica	82
ANEXO IV. Croquis de la parcela experimental: Registro del pastor.....	86
ANEXO V. Caracterización de los sistemas ovinos locales y el sistema silvopastoril estacional.....	87

Índice de Cuadros

	Pág.
Cuadro 1. Especies con potencial forrajero sugeridas por el informante clave.....	34
Cuadro 2. Características del mantillo y grado de compactación del suelo en la parcela experimental	38
Cuadro 3. Estructura florística general por micro-parcela de seguimiento.....	40
Cuadro 4. Composición florística general evaluada en la parcela experimental (área de bosque)	41
Cuadro 5. Registro mensual de peso vivo (kg) de los animales del rebaño en silvopastoreo	42
Cuadro 6. Análisis de varianza para el peso promedio del rebaño en silvopastoreo. Estadístico de Kruskal-Wallis	43
Cuadro 7. Resultados del etograma aplicado al rebaño en silvopastoreo estacional.....	45
Cuadro 8. Análisis de frecuencia de especies seleccionadas durante el etograma.....	46
Cuadro 9. Análisis de frecuencia de las especies identificadas por microhistología en heces	46
Cuadro 10. Comparación de frecuencias relativas de especies forrajeras identificadas por etograma en campo y mediante técnica microhistológica en heces	47
Cuadro 11. Descripción florística en el área de exclusión elegida para valorar la velocidad de rebrote de especies forrajeras en el bosque.....	48
Cuadro 12. Seguimiento de rebrote en el área de exclusión.....	48
Cuadro 13. Estimación del forraje disponible en la parcela experimental con base en CMS individual esperado	51

Cuadro 14. Condiciones edáficas de la parcela experimental.....	53
Cuadro 15. Composición florística y valores de importancia relativa después del silvopastoreo	55
Cuadro 16. Comparación de atributos entre los sistemas locales de producción ovina y el SSPE	62

Índice de Figuras

	Pág.
Figura 1. Localización del municipio de Jilotzingo y el ejido Santa María Mazatla.....	28
Figura 2. Croquis de la parcela experimental.....	29
Figura 3. Esquema sobre el diseño y patrón de muestreo del suelo.....	31
Figura 4. Diagrama de dispersión de la temperatura y la humedad relativa del bosque y de la pradera.....	36
Figura 5. Gráfica de dispersión de los coeficientes de variación para temperatura T y humedad relativa HR en el bosque y la pradera.....	37
Figura 6. Manejo del rebaño.....	46
Figura 7. Esquema de la velocidad de rebrote de diferentes especies en el bosque...	49
Figura 8. Estado del mantillo antes y durante la estancia del rebaño en la parcela experimental.....	54
Figura 9. Apariencia de la parcela experimental antes y después del período silvopastoril.....	57
Figura 10. Series de rebrotes.....	58
Figura 11. Plagas encontradas en la parcela experimental.....	59
Figura 12. Sistemas ovinos locales y sistema silvopastoril estacional SSPE.....	63

INTRODUCCIÓN

Se define como *silvopastoreo* a la actividad de pastorear ganado en plantaciones forestales, y es un tipo de práctica agroforestal. En estos sistemas la presencia de leñosas perennes puede cumplir o no el rol forrajero, como en los casos cuando los árboles y arbustos son conservadores de suelo, infiltradores de agua, o sombreaderos naturales; pero son elementos clave para considerar al sistema como un tipo silvopastoril. Otras formas de estos sistemas son las leñosas perennes en callejones, pastoreo en plantaciones de maderables o frutales, árboles y arbustos dispersos en potreros, praderas con cercas vivas, y cortinas rompevientos (Ocampo, 2000).

En las regiones templadas, se ha estudiado ampliamente el silvopastoreo en coníferas, común en los bosques de Estados Unidos, Canadá, Nueva Zelanda y Australia (Nair, 1997). En la República Mexicana, las regiones con bosque de pino-encino son las más representativas en las regiones templadas por la importancia socioecológica que se les atribuye (Challenger, 2003). Sin embargo, estas zonas climáticas han ido perdiendo su densidad boscosa a causa del establecimiento de áreas de monocultivos o para la producción pecuaria, ya sea en confinamiento o pastoreando en praderas inducidas (Nahed *et al.* 2007).

Bajo la perspectiva agroforestal, en estas zonas se practica silvopastoreo en bosque, comúnmente dedicado a la producción ovina, aunque se producen también bovinos lecheros o de doble propósito y cabras (Vega y Mendoza, 2001; Betancourt *et al.* 2003).

La investigación sobre diseños y evaluaciones de sistemas silvopastoriles en zonas templadas cobra importancia para generar parámetros de referencia que fundamenten la recomendación de estas prácticas agroforestales alternativas a la producción convencional (Vega y Mendoza, 2001; Challenger, 2003; Polla, 2005; Ortiz-Ávila, *et al.* 2007).

Sin embargo, tanto en condiciones de pastoreo convencional como en sistemas silvopastoriles en general, los animales permanecen de forma continua en la superficie de pastoreo o por intervalos de tiempo programados al día (pastoreo rotacional) o al mes, ocupando todo el año la superficie (Franco *et al.* 2002). La época del año determina la disponibilidad y calidad nutricional del forraje, por la influencia que ejerce sobre el ciclo biológico de la vegetación; también condiciona la estacionalidad de los productos agroforestales obtenidos (Nair, 1997; Vega y Mendoza, 2001; Franco *et al.* 2002). El efecto de la estacionalidad se ha documentado principalmente en investigaciones sobre agostaderos en semiárido, como lo explican Franco *et al.* (2002) dada la fragilidad del ecosistema y la intensidad de defoliación a la que puede ser sometido.

Diversas investigaciones coinciden en los beneficios ecológicos y socioeconómicos de los sistemas silvopastoriles (Ortiz-Ávila *et al.* 2007; Polla, 2005; Quinto *et al.* 2009; Trujillo, 2009), en los cuales se combinan productividad y servicios, utilizando sosteniblemente los agroecosistemas. La recomendación actual es favorecer el equilibrio entre conservación y utilización de los recursos base, por lo que se requiere conocimiento completo y de largo plazo. Mientras tanto, la Red Temática Regional en Agroforestería para América Latina y el Caribe (UNCCD, por sus siglas en inglés), propone conducir el aprovechamiento de ecosistemas y agroecosistemas bajo el principio de precaución, implementando medidas que mitiguen el impacto negativo sobre la capacidad de carga a nivel de estructura y función del ecosistema (UNCCD, 2011).

Así, el objetivo de esta investigación fue diseñar un sistema silvopastoril estacional (SSPE) con ovinos a partir de la caracterización del medio ecológico y la evaluación de dos interacciones planta-animal para valorar el potencial de aceptación como actividad productiva en el ejido Santa María Mazatla.

MARCO TEÓRICO

SISTEMAS SILVOPASTORILES EN LA REPÚBLICA MEXICANA

En la República Mexicana, la deforestación es uno de los principales problemas ambientales y una de sus causas es la utilización de prácticas no racionales para el manejo de los terrenos con uso ganadero. Esto provoca la degradación de pasturas y en consecuencia, favorece la pérdida de biodiversidad, el incremento en la degradación y compactación de suelos, entre otros efectos (Ocampo, 2000).

Actualmente se promueve que los sistemas agropecuarios deben incrementar su productividad haciendo uso racional de los recursos base (suelo, agua, vegetación), para mejorar su eficiencia y el nivel de calidad de vida de las familias rurales (Betancourt *et al.* 2003; Musálem, 2002). En este sentido, los sistemas agroforestales ofrecen estrategias de aprovechamiento racional e integral de los recursos disponibles, que favorecen la eficiencia productiva por unidad de superficie, lo que se traduce en mejores ingresos para las comunidades (Nair, 1997; Nahed *et al.* 2007).

Los sistemas silvopastoriles (SSP) son una tecnología agroforestal caracterizada por realizar la crianza de animales en superficies de pastoreo que conservan leñosas perennes como parte del sistema productivo (Nair, 1997; Gómez *et al.* 2002). En estos sistemas agroforestales, las arbóreas y arbustivas aportan forraje para el ganado, conservan e incrementan la fertilidad del suelo, atenúan el estrés climático sobre plantas (si hay cultivos) y animales; incluso reducen el riesgo económico a través de la diversificación de bienes (se obtienen frutos, madera, leña, flores, resinas, además de la producción animal) y servicios en el sistema (Ocampo, 2000; Ortiz-Ávila *et al.* 2007; Trujillo, 2009).

Tipos de sistemas silvopastoriles

Entre las opciones silvopastoriles se consideran las siguientes (Ocampo, 2000; Gómez *et al.* 2002):

Cercas vivas: consisten en el establecimiento de árboles y arbustos para delimitar potreros o propiedades. Si los árboles tienen potencial forrajero pueden podarse y ofrecerlo en el potrero, o mantenerse a un altura que permita el acceso al follaje para el consumo del ganado. Las cercas vivas reducen la presión sobre el bosque para la obtención de postes y leña.

Bancos forrajeros: los bancos forrajeros son áreas en las cuales se cultivan especies forrajeras en bloque compacto y a alta densidad; si la especie empleada es un arbusto o árbol, el banco forrajero se constituye en una opción silvopastoril. El objetivo

del banco forrajero es maximizar la biomasa disponible para el consumo, si el forraje contiene más del 15% de proteína cruda se considera un “banco de proteína”.

Pastoreo en callejones de leñosas: es un sistema agroforestal que consiste en establecer hileras de plantas leñosas perennes con cultivos anuales o forrajes sembrados entre las hileras. En esta opción, pueden ser forraje tanto las leñosas como el intercultivo del callejón, comúnmente se establecen gramíneas como intercultivo (aportan energía) y las leñosas son leguminosas (aportan proteína), para ofrecer una dieta balanceada para los animales que ahí pastoreen.

Pastoreo en plantaciones comerciales (maderables y/o frutales): en el trópico mexicano es frecuente el pastoreo en plantaciones de mangos, cítricos y otros frutales, mientras que en la zona templada se practica el pastoreo en rodales de pinos. En estos sistemas, la actividad pecuaria permite obtener ingresos durante el periodo que tardan los árboles en alcanzar la edad rentable.

Árboles dispersos en potreros: este sistema puede ocurrir de manera natural por la distribución que adquiere la vegetación clímax de una zona en donde se combinan árboles y arbustos con herbáceas (matorral y sabanas). También pueden ser resultado de la intervención humana por el manejo selectivo de la vegetación remanente o por la introducción de árboles y arbustos en praderas ya existentes.

Cortinas rompevientos: o barreras vivas, se consideran silvopastoriles cuando rodean áreas de pastoreo o de corte, o bien cuando el follaje de las leñosas se utiliza en la alimentación animal con método de “corte y acarreo”, o como un tipo de cultivo en callejón cuando entre las barreras se tienen pastos y no cultivos agrícolas.

Algunas de las ventajas que ofrecen los sistemas silvopastoriles (SSP) para la ganadería son (Nair, 1997; Musálem, 2002; Betancourt *et al.* 2003):

- Regulación del estrés climático que en los sistemas pecuarios tradicionales provoca pérdidas económicas por el gasto metabólico del animal para mantener su fisiología de adaptación al medio,
- Suministro de alimento con variedad de ingredientes y calidad nutricia cuando el ganado consume diferentes especies vegetales en los tres estratos vegetales: herbáceo, arbustivo y arbóreo. El perfil nutricional de los forrajes es variable entre especies pero combinados cubren los requerimientos de los animales,
- Control de la erosión, aunque es efecto directo sobre el suelo, beneficia a los animales en el sentido de conservar el sustrato que da origen a su alimento,
- Favorecer la fijación de nitrógeno, el aporte de materia orgánica y el reciclaje de nutrimentos, que en conjunto benefician directamente a la vegetación,

favoreciendo la diversidad vegetal y por consiguiente los demás efectos benéficos derivados de su presencia.

Como desventajas, a considerar para mejorar las estrategias de manejo de estos sistemas, se han identificado (Ocampo, 2000; Borrelli y Oliva 2001):

- La producción de biomasa y la calidad nutritiva variables pueden requerir que el pastoreo se complemente o se suplemente con los nutrimentos deficitarios y para satisfacer las necesidades de consumo de alimento;
- Efectos alelopáticos para especies forrajeras introducidas, es una limitante para la asociación entre forrajes mejorados y las nativas arbóreas o arbustivas con potencial forrajero;
- Presencia de metabolitos secundarios, con efectos antinutricionales e incluso tóxicos para el ganado. Contribuyen a la variabilidad en la calidad nutricia del forraje porque la concentración varía con el ciclo biológico de las especies y limitan el aprovechamiento de los nutrimentos.

En escala territorial, se espera que los sistemas productivos consideren la prestación de servicios ambientales y sociales; a escala predial, se reconocen particularidades referentes a la escala de producción. Por consiguiente, el manejo de SSP puede enfocarse a un amplio rango de objetivos, desde la eficiencia productiva hasta la recuperación de áreas degradadas o el manejo para la conservación (Carranza y Ledesma, 2009).

Importancia del silvopastoreo en zonas templadas

Nuestro país se caracteriza por la diversidad de climas que presenta. En 1988, la geógrafa Enriqueta García propuso un sistema de clasificación climática basado en la clasificación desarrollada por V. Köppen (1953); con base en su trabajo, en México se identifican regiones de clima tropical o cálido húmedo, templado y secos (árido y semiárido, o cálidos secos).

Los sistemas agroforestales se diseñan para cualquiera de las regiones climáticas, partiendo del conocimiento de los tipos de vegetación que en ellas prosperan. Inicialmente, la caracterización e investigación sobre potencial agroforestal regional se realizó en los trópicos (Nair, 1997; Gómez, 2002; Musálem, 2002; Esquivel-Sheik, 2005; Quinto, *et al.* 2009); sin embargo, su versatilidad ha permitido adaptar prácticas agroforestales en el bosque de zonas templadas así como en agostaderos con matorral espinoso en condiciones de semiárido (Molinillo y Monasterio, 2002; Medinaceli y Miranda-Avilés 2004).

Específicamente, en la clasificación de los ecosistemas templados en la República Mexicana (Challenger, 2003), se identifican el bosque mesófilo de montaña y el bosque mixto de coníferas y encinos (también llamados bosques de pino-encino). Por su distribución geográfica, los bosques de pino-encino son los que presentan el mayor potencial de aprovechamiento por las comunidades humanas, que obtienen frutos, madera, postes, resinas, y los conservan como hábitat de las piezas de caza (para autoconsumo o como actividad “deportiva”); otros usos del bosque han sido aprovechar las bellotas para los animales domésticos o talar y quemar algunas áreas para inducir pastizales (Corral *et al.* 2000; Challenger, 2003; Ortiz-Ávila *et al.* 2007; Pineda, 2007).

Las prácticas agroforestales en regiones templadas se realizan en plantaciones manejadas; el sistema más estudiado es el silvopastoreo en plantación de coníferas, común en los bosques de Estados Unidos, Nueva Zelanda y Australia. En estas condiciones, los animales se introducen cuando los árboles alcanzan alturas mayores a la del ganado, aunque hay casos en que se han introducido cuando todavía son plántulas, para que consuman y controlen la vegetación cohabitante que compite con las jóvenes coníferas (Nair, 1997).

También son comunes los sistemas de manejo de pastoreo durante el verano en los bosques de Canadá. Se conocen como sistemas de “pino y pastura” o “pastoreo bajo pino” (Nair, 1997). Los forrajes más productivos (1960-1980) fueron el zacate bahía Pensacola (*Paspalum notatum*), como el más tolerante a la sombra, el zacate lespedeza anual (*Lespedeza strata*) y el trébol blanco (*Trifolium repens*).

En estos ejemplos, el silvopastoreo se realiza como actividad secundaria al aprovechamiento forestal comercial que es el principal objetivo de producción con un mercado asegurado (Nair, 1997; Trujillo, 2009). Sin embargo, en países de América Latina y Asia que cuentan con el tipo de condiciones climáticas pero menor desarrollo industrial y económico, las plantaciones forestales comerciales pueden diversificar su producción e incrementar sus utilidades cuando se combina la actividad ganadera en los bosques (Vega y Mendoza, 2001; Nahed *et al.* 2007; Quinto *et al.* 2009).

Así, otras prácticas agroforestales adquieren el carácter de silvopastoriles cuando se introduce la actividad de pastoreo. Por ejemplo, en los sistemas de cultivos intercalados se establecen hortalizas o cereales durante la temporada de crecimiento de los árboles conformando parcelas de cultivos anuales o huertos de 2 a 5 años de vida útil; cuando los árboles generan sombra se puede cultivar forraje de cobertera y pastorear animales (Nair, 1997; Febles y Ruíz, 2008; Peri, 2009).

Los bosques templados del país han sido degradados como consecuencia de la utilización de superficies para establecer monocultivos o para actividades pecuarias (Challenger, 2003); pero en varias regiones de México es común para los productores utilizar árboles y arbustos forrajeros para afrontar el problema de escasez de alimento en las temporadas críticas del año. Por ejemplo, en Los Altos de Chiapas se propusieron sistemas agrosilvopastoriles con productores de ovinos como estrategia para intensificar el uso del suelo sin provocar la degradación del mismo (Nahed, *et al.* 2007).

De esta manera, se identifican oportunidades para desarrollar agroforestería en regiones templadas, de carácter ecológico, económico y social (Nair, 1997); y en este contexto, los sistemas silvopastoriles reúnen elementos que permiten investigar y documentar sobre dichas oportunidades.

Considerando que existen limitantes para el establecimiento o la adopción de sistemas agroforestales (Pérez y Huerta, 2002), por ejemplo de carácter institucional porque los programas de apoyo e incentivos para estos sistemas son limitados o no existen, las de carácter social por el desinterés de los productores hacia esta tecnología, y en tercer lugar están las limitantes académicas (carencia de una base de investigación adecuada, renuencia a la investigación inter y multidisciplinaria y aplicada); resulta importante la caracterización y evaluación de sistemas silvopastoriles en las zonas templadas, tanto como en las otras zonas climáticas del país. Sobre todo, buscando la identificación de estrategias de aprovechamiento racional de los recursos en las actividades del sector primario en México: la producción agrícola y pecuaria.

Los SSP son más complejos que los ganaderos o forestales puros, por lo que deben diseñarse y manejarse desde una concepción holística. Esto requiere conocer las interacciones establecidas entre sus componentes y las variaciones que presenten en función del ambiente donde se desarrollen (Carranza y Ledesma, 2009).

INTERACCIONES PLANTA-ANIMAL EN SISTEMAS SILVOPASTORILES

Disponibilidad de alimento y carga animal.

Algunos conceptos útiles para la interacción de la relación planta-animal son (Enríquez *et al.* 1999; Borrelli y Oliva, 2001):

- Carga animal: es el número de animales asignados a un área determinada, en cualquier momento.
- Defoliación: remoción de material fotosintéticamente activo por consumo de los animales, corte o pisoteo.

- Intensidad de defoliación: proporción anual del forraje producido, que es consumida o destruida por el pastoreo.
- Resistencia al pastoreo: capacidad relativa de las plantas para sobrevivir y crecer en comunidades pastoreadas.
- Tolerancia al pastoreo: incluye los mecanismos que emplean las plantas para crecer después del pastoreo; considera las características morfológicas (número y tipo de yemas), o fisiológicas (movilizar reservas de nutrientes, estimular la fotosíntesis o la absorción de nutrientes), con las que compensan el impacto en su productividad.
- Presión de pastoreo: es el número de animales por unidad de forraje disponible.

La herbivoría es la interacción planta-animal más frecuente en la naturaleza y su papel es muy importante en la estructuración florística de un bosque, por ejemplo, algunas de las especies que crecen en claros del bosque presentan mayor grado de herbivoría que aquéllas que crecen bajo el dosel (Medinaceli y Miranda-Avilés 2004).

La asignación de animales a un potrero implica modificaciones esperadas por la selección y consumo de plantas (enteras o partes de ellas), la remoción de suelo y la redistribución de nutrientes. Todos estos efectos modifican la productividad y la calidad del forraje, así como la composición botánica de las áreas de pastoreo (Borrelli y Oliva, 2001).

Se ha identificado una relación directa entre productividad y carga animal: a mayor carga animal se espera mayor rendimiento productivo, por unidad de superficie. Sin embargo, la carga animal modifica las condiciones de suelo y disponibilidad de forrajes: la composición botánica se modifica por efecto del sobre o sub-pastoreo en el mediano o largo plazo, dependiendo de las condiciones climáticas, el tipo de suelo y la carga animal manejada: (Enríquez *et al.* 1999).

Por lo anterior, se asume que la herbivoría del ganado inevitablemente conduce a la degradación de terrenos; sin embargo, los rebaños que utilizan ambientes diversos pueden contribuir a la conservación de la biodiversidad en los ecosistemas, lo cual beneficia a los herbívoros (Provenza, 2007).

Los ecosistemas pueden utilizarse sosteniblemente dentro de su capacidad de carga, conservando la estructura y funcionamiento. La utilización que sobrepasa estos límites inicia procesos de degradación progresiva de la capacidad productiva de bienes y servicios, hasta perder la capacidad de regenerarse (UNCCD, 2011).

Consumo voluntario y selectividad.

El *consumo voluntario* se define como la conducta de ingestión de alimento, a libre acceso y en un tiempo determinado (Villalba, 2006). La *selectividad* es una conducta que resulta del efecto conjunto de las características morfológicas y fisiológicas que determinan la forma de exploración de la fuente de alimento y la estrategia de alimentación de cada especie (Pineda, 2007). Otros conceptos útiles son:

- Preferencia: comportamiento o reacción del animal frente a la planta.
- Palatabilidad: se refiere a las características intrínsecas de las plantas. De acuerdo con Provenza (1995, citado por Villalba, 2006), el término “palatabilidad” puede definirse como la interacción entre el sentido del gusto y la estimulación del alimento en el tracto digestivo.

La palatabilidad no es un término fijo, sino funcionalmente integrado a las condiciones metabólicas del animal (Villalba, 2006). El aprendizaje de las consecuencias post-ingestivas que provoca un alimento resulta de la interrelación entre 2 sistemas: el afectivo integra el sabor con la reacción post-ingestiva, luego el sistema cognitivo integra el olor y aspecto del alimento con el sabor (Thorhallsdottir, *et al.* 1987; Baraza *et al.* 2005; Villalba, 2006).

El sabor de una comida se relaciona con el efecto provocado en el organismo y se establece una segunda relación: sabor-olor o sabor-visión, para seleccionar las dietas (Villalba, 2006).

El estado nutricional de los herbívoros afecta las preferencias por los forrajes, independientemente de la relación nutrientes-defensas químicas que los últimos contengan (Baraza y Villalba, 2005). En la coevolución de plantas y animales, destaca la necesidad por compuestos nitrogenados para la propia biosíntesis proteica; por ello, los herbívoros prefieren las plantas con mayor oferta de sustancias nitrogenadas en sus tejidos (Gómez *et al.* 2002).

El incremento en la preferencia o el rechazo de dietas con diferentes concentraciones de metabolitos secundarios influyen el forrajeo, sin que dependa exclusivamente del efecto aislado de una planta. Los cambios en el contexto nutricional (espacial o temporalmente) modifican el aprendizaje sobre la selección de forrajes: los patrones de preferencia por la misma planta se modifican por el estado nutricional y metabólico del animal, independientemente de las concentraciones de metabolitos secundarios, lo cual influye también en la productividad animal y la dinámica de las comunidades vegetales (Baraza y Villalba, 2005; Provenza, 2007).

Así, la preferencia por comidas es un proceso no cognitivo que ocurre en estructuras cerebrales primitivas (interacción sabor-reacción post-ingesta). La selección de

alimentos comprende elecciones cognitivas (aprendidas) procesadas en la corteza cerebral (Villalba, 2006).

Ha sido interés de los ecólogos comprender el rol de la diversidad vegetal en los ecosistemas, pero se ha prestado poca atención al rol de la diversidad vegetal en la selección de la dieta y la producción animal (Distel y Villalba, 2007).

Los rebaños que se alimentan en ambientes complejos probablemente mantengan la diversidad de los ecosistemas (Provenza, 2007). En condiciones naturales, los herbívoros consumen una dieta variada integrada por especies con distinta concentración de nutrimentos y metabolitos secundarios, que les permite satisfacer mejor sus requerimientos y evitar intoxicaciones o trastornos metabólicos (Provenza y Villalba, 1998; Distel y Villalba, 2007).

A partir del conocimiento disponible es posible esperar un efecto benéfico de la diversidad vegetal sobre la producción animal, por individuo o por unidad de superficie. El efecto por individuo se presentaría cuando las especies disponibles se complementan nutrimentalmente; el efecto por hectárea sucedería cuando los animales integran sus dietas con especies de palatabilidad variable, utilizando de manera más uniforme los forrajes de la comunidad vegetal (Distel y Villalba, 2007).

Los herbívoros no evolucionaron en ambientes dominados por monocultivos, por lo tanto, la diversidad vegetal ofrece la flexibilidad necesaria para cubrir los requerimientos nutrimentales en el tiempo y el espacio.

Confort térmico

Existe creciente interés actual por encontrar alternativas de manejo para mejorar el bienestar animal e incrementar la productividad (Betancourt *et al.* 2003).

Comúnmente en el trópico, los sistemas bovinos manejan pasturas sin sombra provocando estrés calórico, que repercute en la reducción significativa de la producción. Estudios con sombra artificial demuestran incremento en la producción animal comparados con sistemas sin sombra (Betancourt *et al.* 2003; Polla, 2005; Ortiz-Ávila *et al.* 2007).

En América Latina, los productores introducen árboles en potreros para proveer sombra al ganado y obtener leña y madera (Gómez *et al.* 2002). En Uruguay, por ejemplo, se reconoce tradición y cultura que favorece la adopción de prácticas agroforestales para la producción pecuaria: el silvopastoreo con ovinos y bovinos deriva de la herencia en ganadería extensiva asociada con los bosques (Polla, 2005), con mayor interés en los ovinos dado el potencial socioeconómico en el país.

Otras interacciones con el medio ecológico

Otros efectos resultantes de las interacciones del ganado con su medio son: modificaciones (generalmente se acelera) el ciclo de nutrimentos en el agroecosistema, por la deposición de excretas y la incorporación de materia orgánica en el suelo; el pisoteo estropea el material fotosintético y compacta el suelo, las raíces de las plantas pueden quedar expuestas, o bien la compactación provocada limita el crecimiento radicular y altera la tasa de infiltración de humedad en el suelo (Borrelli y Oliva, 2001; Musálem, 2002; Trujillo, 2009).

Los efectos anteriores han sido descritos por diversos autores, pero el enfoque del impacto sobre el medio ecológico es variable. Cuando se considera la intensidad de los efectos y la capacidad de amortiguamiento de los cambios, algunas interacciones producen efectos benéficos y otras resultan negativas. Por ejemplo, el pisoteo se describe como negativo por sus efectos sobre la vegetación (Borrelli y Oliva, 2001), aunque también promueve la incorporación de hojarasca, remoción del suelo y rotura de costras superficiales o la incorporación de semillas (Musálem, 2002; Trujillo, 2009).

La relación de la carga animal modifica el grado de compactación en suelo, y también se describe que las preferencias de consumo modifican la composición botánica del bosque, influyendo en la densidad de especies, el rebrote y la tasa de renovación de individuos (Carranza y Ledesma, 2009; Trujillo, 2009).

APROVECHAMIENTO DE FLORA NATIVA COMO FORRAJE

Los árboles multipropósito representan un inmenso potencial natural que ha sido pobremente estudiado, pese a la urgente necesidad de energía y proteína para la producción animal (Febles y Ruíz, 2008).

La selección de especies leñosas debe considerar ciertos puntos importantes para valorar su potencial en la alimentación animal (Gómez *et al.* 2002):

1. Presencia de árboles y arbustos consumidos por los herbívoros en forma estacional o continua, en ecosistemas y agroecosistemas.
2. Identificación de especies utilizadas tradicionalmente por comunidades locales para alimentar a sus animales.
3. Caracterización del forraje: determinación de materia seca (MS), composición química y digestibilidad.
4. Introducción de especies estudiadas en otros países.
5. Aspectos agroforestales: métodos de propagación, distancias y densidades de siembra, producción de biomasa, capacidad de rebrote, etcétera.

6. Evaluación de su inclusión en dietas para sistemas de producción a escala comercial o de economías campesinas.
7. Pruebas de preferencias (cafetería) que estudian el consumo voluntario de follajes arbóreos poco conocidos.

La estacionalidad como factor de disponibilidad y calidad del forraje

El manejo convencional de los animales en pastoreo implica la ocupación de la superficie durante todo el año, ya sea de manera secuencial por fracciones de la pradera (pastoreo rotacional) o de forma continua en la superficie total (Franco *et al.* 2002). Sin embargo, la consideración de la época del año permite planear y programar diversas actividades relacionadas con el ciclo productivo (agrícola o ganadero), como la preparación del terreno, el momento de siembra y cosecha, el manejo de riego o esperar la temporada de lluvias, los calendarios de medicina preventiva en el ganado, las temporadas de empadre y manejo reproductivo, entre otras.

La época del año condiciona la disponibilidad y calidad nutricional del forraje por la influencia que ejerce sobre el ciclo biológico de la vegetación, debido a los cambios en periodicidad e intensidad de la radiación solar, distribución de humedad y variación de la temperatura ambiental durante las estaciones del año (Núñez, 1998; Peri, 2009).

Las observaciones sobre fluctuación de la calidad del forraje cobran mayor importancia en regiones con condiciones edáficas y climáticas extremas. Por ejemplo, los pueblos andinos con temporadas secas y frías rigurosas, tienden a planear el aprovechamiento del espacio y con ello, la utilización máxima de los recursos disponibles, estableciendo una estrategia ecológica donde la identificación de los recursos permite la diferenciación de actividades en función del potencial del ecosistema (Núñez, 1998). En Chile, la actividad de pastoreo en trashumancia o nómada ha disminuido al grado de considerarse próxima a desaparecer, por la intensidad del pastoreo que se practicaba (1960-1970): muchos animales y cortos períodos de recuperación aún en el ciclo de un año; en consecuencia se acentuaron las sequías (1980-1999) y actualmente ya no se prefiere este tipo de pastoreo estacional. El pastoreo de trashumancia es de tipo estacional y en esta región chilena como en la República Mexicana ha sido desplazado por otras estrategias productivas no necesariamente del tipo agropecuario (Núñez, 1998).

Otro ejemplo lo describe Peri (2009) en el pastoreo de la Patagonia donde se practican tres tipos de sistemas silvopastoriles: el nómada, el continuo y el pastoreo estacional. El pastoreo estacional se caracteriza por la utilización de pastizales en tierras bajas con bosque nativo o el área de transición ecotono-bosque durante el invierno, y pastoreo en zonas altas en verano. Para incrementar el rendimiento de la actividad ganadera, se

propuso el manejo del bosque (prácticas de raleo), que permitan mejor crecimiento de las pasturas: en invierno, el forraje disponible escasea porque las bajas temperaturas limitan su crecimiento, de ahí que recurran a las zonas bajas; mientras que en el verano, la disponibilidad de alimento es mejor, con mejor contenido nutrimental también y la ausencia de nevadas favorece el pastoreo en zonas altas (Peri, 2009).

En México, el efecto de la estacionalidad sobre la disponibilidad y calidad del forraje se observa más en regiones del semiárido, dada la fragilidad del ecosistema y la intensidad de defoliación a la que puede ser sometido (Franco *et al.* 2002).

Para establecer las prácticas que conserven el equilibrio en las sucesiones de los páramos o ambientes de pastoreo, se sugiere como elemento fundamental la participación e integración de la población local en la toma de decisiones sobre la gestión de recursos (Molinillo y Monasterio, 2002). Por ello, los SSP conservan los procesos ecológicos, los servicios ambientales, la biodiversidad y el desarrollo ecológico y socialmente sustentable.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema silvopastoril estacional (SSPE) con ovinos a partir de la caracterización del medio ecológico y la evaluación de dos interacciones planta-animal para valorar el potencial de aceptación como actividad productiva en condiciones de bosque de pino-encino.

Objetivos específicos

1. Caracterizar el medio ecológico y socioeconómico como antecedentes del diseño silvopastoril.
2. Evaluar disponibilidad, selectividad y tasa de rebrote de especies forrajeras en el bosque para caracterizar la relación planta-animal en silvopastoreo.
3. Evaluar las condiciones edáficas y la composición florística después del silvopastoreo para describir el impacto inmediato sobre el bosque.
4. Comparar el diseño del SSPE con los sistemas locales de producción ovina para valorar el potencial de aceptación entre productores locales.

HIPÓTESIS

El potencial forrajero del bosque de pino-encino permite implementar sistemas silvopastoriles con un manejo estacional de la disponibilidad de la flora nativa. En consecuencia, el sistema silvopastoril estacional de ovinos es una alternativa de producción sustentable al sistema de pastoreo tradicional.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

El trabajo se realizó en el ejido de Santa María Mazatla, municipio de Jilotzingo en el Estado de México. El municipio se ubica en dirección Noroeste de la Ciudad de México; sus límites políticos colindan al Noreste con Atizapán de Zaragoza, al Noroeste con Isidro Fabela, al Suroeste con Oztolotepec y Xonacatlán, y al Sureste con Naucalpan de Juárez (Figura 1); lo recorre parte de la cadena montañosa de Monte Alto, prolongación de la Sierra de las Cruces (INEGI, 2009).

Santa María Mazatla se localiza entre el paralelo 19º, 24', 59" al paralelo 19º 33' 26" de latitud norte, y del meridiano 99º 19' 56" al meridiano 99º 28' 25" de longitud oeste, a una altitud de 2756 a 2870 m.s.n.m. Predominan los climas tipo semifrío húmedo con lluvias en verano C(E)(w) en las zonas de mayor altitud, y templado subhúmedo con lluvias en verano C(w) en las zonas bajas. Las lluvias más abundantes se presentan en los meses de junio a septiembre y finalizan normalmente en la primera quincena de octubre, el promedio de precipitación pluvial anual es de 2680 mm. La temperatura promedio anual es de 13.7° C y oscila entre los 5.6 y 29.5° C., presentando temporada de heladas a partir del mes de noviembre. La estación meteorológica más cercana es la de Toluca de Lerdo (INEGI, 2009; SMA, 2007; García, 1989).

El suelo predominante en el ejido es de tipo luvisol crónico que presenta buena fertilidad y textura arcillosa, con drenaje interno eficiente. Como suelo secundario existe el andosol úmbrico, derivado de la ceniza volcánica, que se distingue por la alta capacidad de retención de humedad y fijación de fósforo, pero con alta susceptibilidad a la erosión (SMA, 2007).

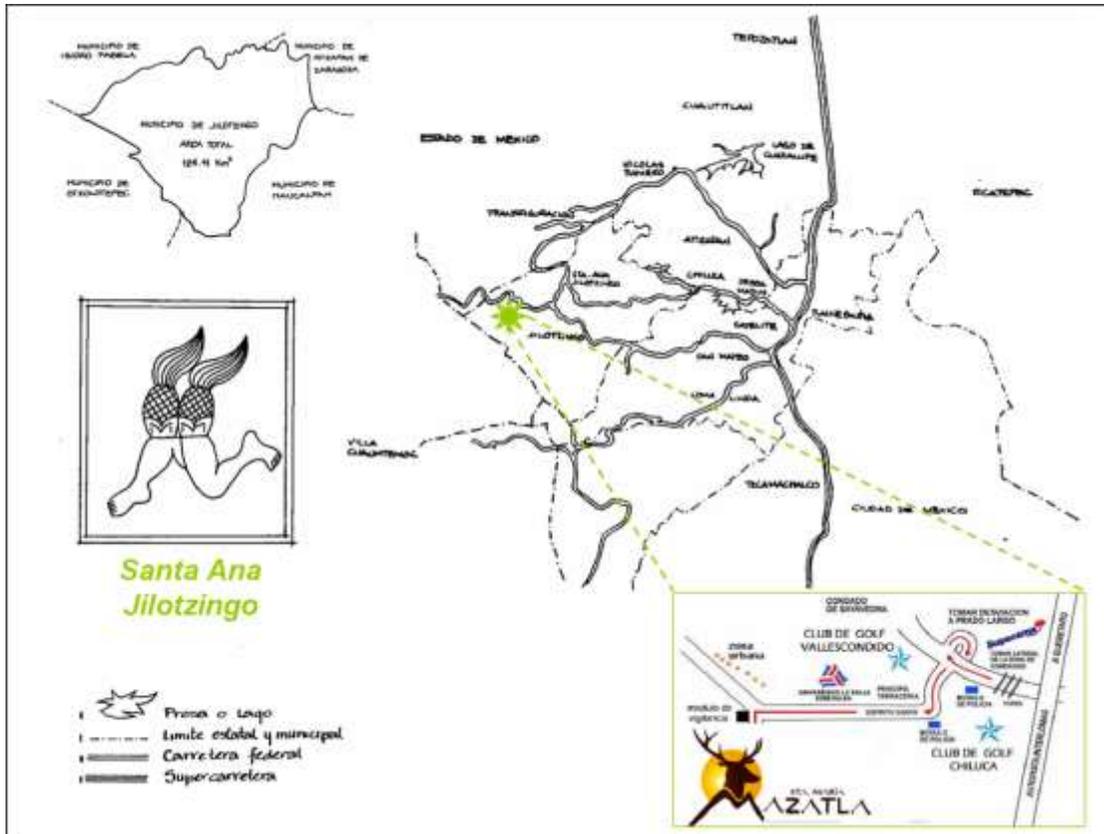


Figura 1. Localización del municipio de Jilotzingo y el ejido Santa María Mazatla. Modificado de Valdez, 2006.

El tipo de vegetación que caracteriza al ejido Santa María Mazatla es el bosque mixto con rodales de pinos y oyamel; así como áreas de pastizal. Entre las especies vegetales más representativa se encuentran oyamel (*Abies religiosa*), pinos (*Pinus montezumae*), tepozán (*Buddleia americana*, *B. cordata*), madroño (*Arbutus xalapensis*), aile (*Alnus sp.*), encinos (*Quercus spp.*), cedros (*Cupressus lindleyi*) (INEGI, 2009; SMA, 2007). Entre la fauna se identifican tejones (*Taxidea taxus berlandieri*), gorriones (*Carpodacus mexicanus*), golondrina (*Hirundo rustica*), ratones de campo, lagartijas, sapos y gran variedad de insectos (Valdez, 2006).

En Jilotzingo, el 78.65% del territorio está dedicado a la explotación forestal, el 9.12% al uso agrícola de temporal, el 5.05% al uso pecuario y 0.51% al uso urbano (INEGI, 2009); el coeficiente de agostadero ponderado es de 13.11 Ha/UA (COTECOCA, 2002 a y b). En Santa María Mazatla la vocación del suelo es forestal; sin embargo, la silvicultura no es fuente central de ingresos ni la principal ocupación. Las actividades económicas que se desarrollan en el ejido por orden de importancia son: recreación para visitantes foráneos y regionales, comercio informal o establecido, producción agrícola (frijol, maíz, haba, calabaza, avena), y producción pecuaria familiar (ovinos, bovinos, gallinas,

cerdos). Se ha identificado potencial rentable para el cultivo de papa, así como frutales de regiones frías: durazno, pera, manzana, ciruela, chabacano (García, 1998).

La mayoría de los pobladores del ejido tienen empleos en los centros urbanos aledaños como Naucalpan, Atizapán, Cuautitlán, incluso en la ciudad de México. Esto ha propiciado que gran parte de la fuerza de trabajo se contrate en la industria y abandonen las tierras.

Sistema de identificación para el trabajo de campo

Mediante el uso de un GPS modelo Etrex-H se trazó el perímetro y se determinó la superficie (4450 m²) de un terreno boscoso elegido como parcela experimental. Se generó un sistema de referencia a partir del croquis obtenido, con 10 transectos de 5m x 25m que incluyeron, cada uno de ellos, 5 micro-parcelas de 3m x 3m (Figura 2, A y B)

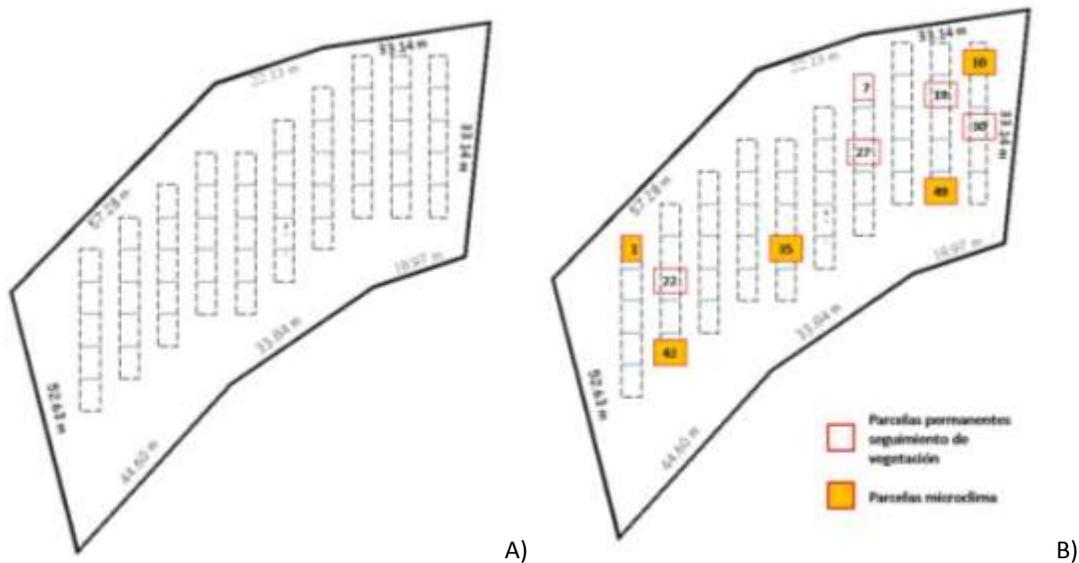


Figura 2. Croquis de la parcela experimental. A) Trazo de transectos y micro-parcelas. B) Localización de micro-parcelas permanentes para seguimiento de vegetación y lecturas climáticas. Elaboración propia, 2010.

Aleatoriamente se seleccionaron 10 micro-parcelas y con base en el croquis, se identificaron en el terreno mediante la colocación de estacas.

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN OVINA LOCAL

Se realizaron entrevistas semiestructuradas durante los recorridos y visitas con informantes clave para conocer y describir los sistemas de producción ovina que se practican en el ejido. La información obtenida se organizó en un cuadro comparativo a partir de los atributos: características del rebaño, sistema de alimentación, instalaciones, requerimiento de mano de obra, manejo rutinario, insumos y productos.

DISPONIBILIDAD DE RECURSOS FORRAJEROS NATIVOS

Prueba de preferencias (cafetería): La flora nativa potencialmente forrajera fue identificada con ayuda de un informante clave. Los datos consultados durante la identificación en campo fueron: **abundancia (Ab)** en la localidad (mínima abundancia: 1, abundancia regular: 2 y mayor abundancia: 3), **estacionalidad** (perenne= **P**; anual de lluvias= **LL**) y **preferencia conocida (PC)** en los animales (poco preferida: 1, preferencia regular: 2 y muy preferida: 3). Estas observaciones se compararon con la conducta de los animales mediante una prueba de cafetería en corral con un rebaño integrado por 12 hembras y dos corderos. Se ofrecieron cantidades similares de cada especie propuesta y se valoró la preferencia de los animales (**PA**) (preferencia baja: 1, preferencia regular: 2 y preferencia alta: 3).

Se generó una base de datos y se evaluaron estadísticamente a través de la prueba de χ^2 las siguientes relaciones: 1) la independencia de la preferencia animal y la preferencia conocida, 2) la dependencia entre las preferencias y la abundancia de especies, 3) la dependencia entre las preferencias y la estacionalidad, 4) la independencia entre la abundancia y la estacionalidad. Se utilizó el programa estadístico G-Stat 2.0.

Se colectaron y herborizaron ejemplares para su identificación botánica en el Herbario de la Facultad de Ciencias, UNAM.

ANÁLISIS DEL MEDIO ECOLÓGICO DE LA PARCELA EXPERIMENTAL

Comparación microclimática de ambientes de pastoreo

La caracterización microclimática se realizó con el registro de la temperatura del aire (**T**, °C) y humedad relativa (**HR**, %), utilizando un multímetro termohigrómetro Fluke 971. Para apreciar la variación a lo largo del día (Escutia, 2009), los datos se registraron en tres horarios: mañana (8:00-10:30 hrs), medio día (12:00-13:30 hrs) y tarde (16:00-17:30 hrs), al menos una vez por semana durante el periodo de silvopastoreo. El seguimiento se realizó en 5 micro-parcelas del área de silvopastoreo (identificadas previamente) y en 5 sitios de una pradera local.

Se generó una base de datos y se compararon las condiciones microclimáticas entre la parcela experimental (**bosque**) y la pradera a través de un diagrama de dispersión de la temperatura y la humedad relativa. Utilizando la prueba *U de Mann-Whitney* se evaluaron las diferencias microclimáticas entre ambos ambientes. La heterogeneidad microclimática se evaluó mediante el coeficiente de variación en los dos ambientes. El programa estadístico que se usó fue G-Stat 2.0.

Valoración del estado del suelo

Se colectaron muestras de suelo en tres áreas: zona alta, zona media y zona baja (Figura 3), y se analizaron en el laboratorio Central de la Universidad Autónoma Chapingo para determinar los valores de retención de humedad a capacidad de campo (CC, %) y de punto de marchitamiento permanente (PMP, %), densidad aparente (D_{ap} , $g\ cm^{-3}$), pH y contenido de materia orgánica (MO, %).

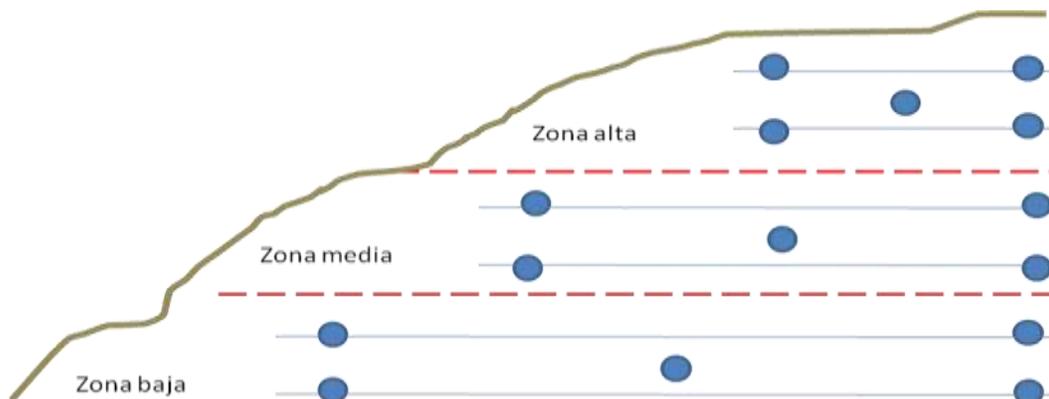


Figura 3. Esquema sobre el diseño y patrón de muestreo del suelo. Creación propia, 2010.

Se evaluó el grado de compactación ($kg\ cm^{-2}$) empleando un penetrómetro para suelos Humboldt H-4200, en 5 micro-parcelas seleccionadas aleatoriamente dentro del área experimental (Figura 3). Se tomaron 5 lecturas en cada micro-parcela y 4 lecturas en las veredas principales, posteriormente se calculó la media de los valores obtenidos por sitio.

En las 10 micro-parcelas de seguimiento (Figura 2, B) se evaluaron las características del mantillo: cobertura (%), profundidad (cm) y apariencia de la materia orgánica (identificable / no identificable).

Estructura y composición florística

Se colectaron ejemplares botánicos a fin de estimar la riqueza de la comunidad vegetal. La estructura de la vegetación se evaluó en 10 micro-parcelas permanentes de 3m x 3m seleccionadas aleatoriamente. Las variables registradas fueron: especie, forma de crecimiento (**FC**; árbol, arbusto o hierba), altura promedio (**AI**; cm), cobertura estimada del estrato herbáceo (**C**, %) y daño por herbivoría (**H**; escala de 0 a 5, donde 0 = 0%, 1= 1-10%; 2= 11-25%; 3= 26-50%; 4= 51-75%; 5= 76-100%; modificado de Medinaceli y Miranda-Avilés 2004).

Con los datos obtenidos se estimó cobertura relativa, la frecuencia relativa y el valor de importancia relativa (VIR) para árboles, arbustos y hierbas en la parcela experimental (Mostacedo y Fredericksen, 2000); todos los parámetros se expresan en porcentaje (%). Los cálculos se realizaron en Excel del paquete Office 2007.

DISEÑO DEL SISTEMA SILVOPASTORIL ESTACIONAL (SSPE) CON OVINOS

Se utilizó una superficie de 4450 m² con vegetación predominante de bosque de pino-encino. El período de permanencia del rebaño comprendió la temporada de lluvias, durante los meses de julio a septiembre.

El horario de silvopastoreo fue en dos tiempos: de 8:00-12:00 hrs y de 14:00-16:00 hrs, con encierro nocturno en corral. Se contrató un pastor para el manejo diario del rebaño. La alimentación consistió en 100% pastoreo.

Manejo del rebaño

Se integró un rebaño de ovinos criollos con 7 corderos de 6-7 meses y una oveja mayor de 2 años. Los animales se desparasitaron y se pesaron un día antes de iniciar el silvopastoreo. Durante el periodo de silvopastoreo se pesaron cada mes para dar seguimiento a la ganancia de peso y se registró el peso final.

Se realizó análisis de varianza para evaluar diferencia significativa entre el peso promedio mensual del rebaño en silvopastoreo, utilizando el programa estadístico G-Stat 2.0.

EVALUACIÓN DE INTERACCIONES PLANTA-ANIMAL EN SILVOPASTOREO

Selectividad

a) Etograma en bosque: Los animales fueron observados durante su estancia en la parcela experimental. El etograma se realizó un mes después de haber iniciado el período de silvopastoreo. Se registró el sitio de observación (micro-parcela), el número de animales, la especie y la estructura que consumían durante un intervalo de 10 min (Pineda, 2007). Se obtuvo por frecuencia relativa la relación de especies más preferidas.

b) Microhistología: Se colectaron muestras vegetales y de heces para elaborar las laminillas de identificación. Con esta técnica se identificó el número de especies y la frecuencia relativa de aparición (González y Améndola, 2010).

Los resultados obtenidos en el etograma y la técnica microhistológica se evaluaron con análisis de frecuencia para identificar las especies con mayor frecuencia de aparición y se compararon mediante la prueba *U de Mann-Whitney* en el programa estadístico G-Stat 2.0.

Características del rebrote (impacto en la vegetación)

Se delimitó un área de exclusión de 6mx6m dentro de la parcela experimental. El sitio se eligió identificando previamente la presencia de las principales arbustivas y algunas

de las herbáceas antes observadas en el etograma. Se describió el estado inicial de la vegetación previo a la introducción del rebaño y se registró el número de ejemplares, su altura al suelo, el grosor y el número estimado de tallo/ramas.

El área de exclusión se sometió a pastoreo durante 30 minutos. Las especies vegetales consumidas fueron identificadas para dar seguimiento cada 3 semanas hasta finalizar el periodo de silvopastoreo. La información registrada en campo se utilizó para estimar la cantidad promedio de rebrotes por especie, y la velocidad de rebrote en función del tiempo.

VALORACIÓN DEL IMPACTO EN EL BOSQUE

Estado del suelo

Concluido el periodo de silvopastoreo, se midió nuevamente el grado de compactación de suelo en las 10 micro-parcelas y las veredas, así como las condiciones del mantillo, tal como en la caracterización inicial.

Composición florística: persistencia de especies

Durante y al finalizar el periodo de silvopastoreo se realizó seguimiento a la vegetación en las 10 micro-parcelas, registrando información sobre cobertura (%), altura (cm) y velocidad de rebrote con base en el listado de especies obtenido en la caracterización inicial de la estructura vegetal.

La información obtenida se comparó con los datos iniciales para identificar la variación en la composición florística como respuesta a la perturbación hecha por el rebaño.

El estado del suelo y de la flora se comparó con los estados iniciales descritos en la caracterización de la parcela experimental. Se utilizó el programa estadístico G-Stat 2.0.

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE ACEPTACIÓN DEL SSPE

Practicidad de manejo: SSPE vs sistemas locales

Las características del sistema silvopastoril estacional (SSPE) se organizaron en un cuadro comparativo con las propias de los sistemas locales para identificar diferencias en el manejo correspondiente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

DISPONIBILIDAD DE RECURSOS FORRAJEROS NATIVOS

De la consulta con el informante clave se integró una lista de 19 especies nativas con potencial forrajero (Cuadro 1), entre las cuales se presentaron las tres formas biológicas de crecimiento: herbáceas, arbustivas y arbóreas. Con excepción de *Vicia faba*, todas las especies crecen en el bosque.

En la prueba de cafetería en corral, se identificó la preferencia manifiesta por el rebaño hacia cada una de las especies colectadas. Los resultados se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Especies con potencial forrajero sugeridas por el informante clave. Elaboración propia.

Especie	Nombre común	Preferencia animal	Preferencia conocida	Abundancia y estacionalidad
<i>Dahlia coccinea</i>	Lulo	3	2	1 Lluvias
<i>Bidens odorata</i>	Acahual blanco	2	1	2 Lluvias
<i>Desmodium uncinatum</i>	Pegarropa	2	2	1 Lluvias
<i>Jaltomata procumbens</i>	Jaltomate	2	1	1 Lluvias
<i>Bromus carinatus</i>	Pipilote	3	3	3 Lluvias
<i>Viguiera cordata</i>	Acahual amarillo	3	2	3 Lluvias
<i>Smilax moranensis</i>	Zarzaparrilla	3	3	2 Lluvias
<i>Crataegus mexicana</i>	Tejocote	3	3	3 Perenne
<i>Rosa canina</i>	Garambullo	2	2	2 Lluvias
<i>Symphoricarpos microphyllus</i>	Perlilla	2	1	2 Lluvias
<i>Arracacia atropurpurea</i>	Xirintú	2	2	2 Lluvias
<i>Cornus excelsa</i>	Frutilla 1	3	3	3 Perenne
<i>Garrya laurifolia</i>	Chichicaule	2	2	3 Perenne
<i>Viburnum stenocalyx</i>	Frutilla 2	2	3	1 Perenne
<i>Astragalus micranthus</i>	Ebol	3	2	1 Lluvias
<i>Trifolium repens</i>	Alfalfa cimarrona	2	2	2 Perenne
<i>Buddleia cordata</i>	Tepozán	2	2	3 Perenne
<i>Lopezia racemosa</i>	Perita	3	3	1 Lluvias
<i>Vicia faba</i>	Haba	3	3	1 Anual cultivo
<i>Cunila lythrifolia</i>	Poleo	1	0	1 Lluvias

Preferencia del animal: 1=poco preferida, 2=preferencia regular, 3=muy preferida; **preferencia conocida:** 1=poco preferida, 2=preferencia regular, 3=muy preferida; **abundancia en el bosque:** 1=mínima abundancia, 2=abundancia regular, 3=mayor abundancia; **estacionalidad:** LL=anual de lluvias, P= perenne.

Se encontró diferencia significativa ($\chi^2=27.936$, g.l.=6; $p<0.0001$) entre la preferencia de los animales (**PA**) y la comentada por el informante clave (preferencia conocida, **PC**); lo que sugiere que las observaciones realizadas por el informante son poco representativas de la realidad de selección de especies en el bosque por los animales.

La diferencia estadística encontrada entre la preferencia conocida por el productor y la manifiesta por el animal puede explicarse con el hecho de que, tradicionalmente, en el ejido no se recurre al bosque como área de pastoreo sino que se practica el desmonte para inducir pastizales donde alimentar a los rebaños (Valdez, 2006).

Las preferencias, tanto conocida por el informante como manifiesta en la prueba de cafetería, fueron dependientes de la abundancia (**PA**: $\chi^2=5.157$, g.l.=4, $p>0.05$; **PC**: $\chi^2=4.920$, g.l.=6, $p>0.05$) y la estacionalidad (**PA**: $\chi^2=1.164$, g.l.=2, $p>0.05$; **PC**: $\chi^2=2.312$, g.l.=3, $p>0.05$) de las especies en el bosque. La abundancia (**Ab**) de las especies con potencial forrajero fue dependiente de la estacionalidad ($\chi^2=5.519$, g.l.=2, $p>0.05$).

Estas relaciones describen que la preferencia está condicionada por la disponibilidad de forraje: los animales consumen las especies de acuerdo a su presencia durante el año (estacionalidad), y por la abundancia en el ecosistema. Por lo tanto, sería posible incentivar el aprovechamiento de especies nativas si se considera la temporada con mayor disponibilidad y diversidad, como sucede en la época de lluvias.

En contraste con lo reportado por Pineda (2007) sobre comportamiento de selección en silvopastoreo en bosque de pino-encino, el bosque en el ejido de Santa María Mazatla ofreció amplia variedad de especies con potencial forrajero para los ovinos. Si bien, esta especie animal expresa un comportamiento de consumo predominantemente a nivel del suelo (Polla, 2005), la prueba de palatabilidad en corral evidenció que hay especies leñosas (árboles y arbustos) con posibilidad de ser consumidas siempre y cuando se encuentren dentro del perfil de consumo de los ovinos, y no únicamente considerar las herbáceas, como lo reportó Pineda (2007).

ANÁLISIS DEL MEDIO ECOLÓGICO

Microclima

En la comparación de condiciones microclimáticas no se encontró diferencia estadística en la distribución de la temperatura ambiental (**T**: *U de Mann-Whitney*= -0.668, $P>0.05$) y de humedad relativa (**HR**: *U de Mann-Whitney*= 0.816, $P>0.05$) en la parcela experimental (**bosque**) y la pradera. La dispersión para las lecturas de **T** y **HR** en los dos ambientes se ilustra en la Figura 4.

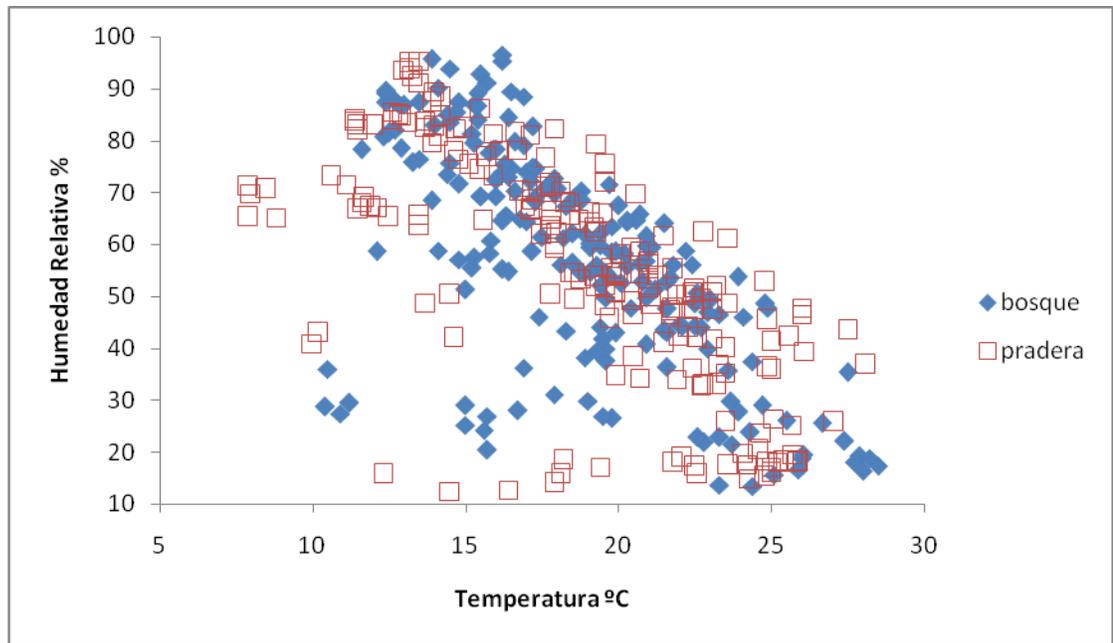


Figura 4. Diagrama de dispersión de la temperatura y la humedad relativa del bosque y de la pradera. Elaboración propia.

Al comparar los coeficientes de variación (CV) tampoco se obtuvo diferencia estadística ($P > 0.05$; Figura 5, A y B), pero se observó que la **T** (CV= 21.52%) y la **HR** (CV= 37.64%) del bosque son más homogéneas que en la pradera (**T**: CV= 24.83%; **HR**: CV= 39.32%).

El bosque tuvo un efecto moderador sobre las fluctuaciones de las condiciones microclimáticas (temperatura ambiental y humedad relativa). En cambio, las variaciones de la pradera fueron drásticas en un mismo día, sobre todo en el intervalo entre las 12:00 hrs y las 16:00 hrs (Fig. 5, A y B). Las interacciones entre componentes microclimáticos permiten explicar que mientras el bosque modera los cambios en la temperatura ambiental, paralelamente la humedad relativa permanece más constante que en una pradera, donde la incidencia de radiación solar es completa y acelera la evaporación, reduciendo la humedad en el aire en cuestión de horas (12:00-16:00 hrs). Aunque el análisis estadístico no obtuvo diferencia significativa entre ambos ambientes, el comportamiento de las condiciones microclimáticas coincide con la descripción de García (1998), quién reportó que la Sierra de las Cruces conforma sus tipos climáticos como resultado de las interacciones entre múltiples factores, que daban como resultado fenómenos de enfriamiento, condensación y precipitación. Este autor describió incluso la estacionalidad de la sequía intraestival (canícula), misma que se pudo observar durante la presente investigación en la segunda quincena de Agosto; sin embargo, de forma similar a lo que concluyó, la disminución en las lluvias fue poco trascendente.

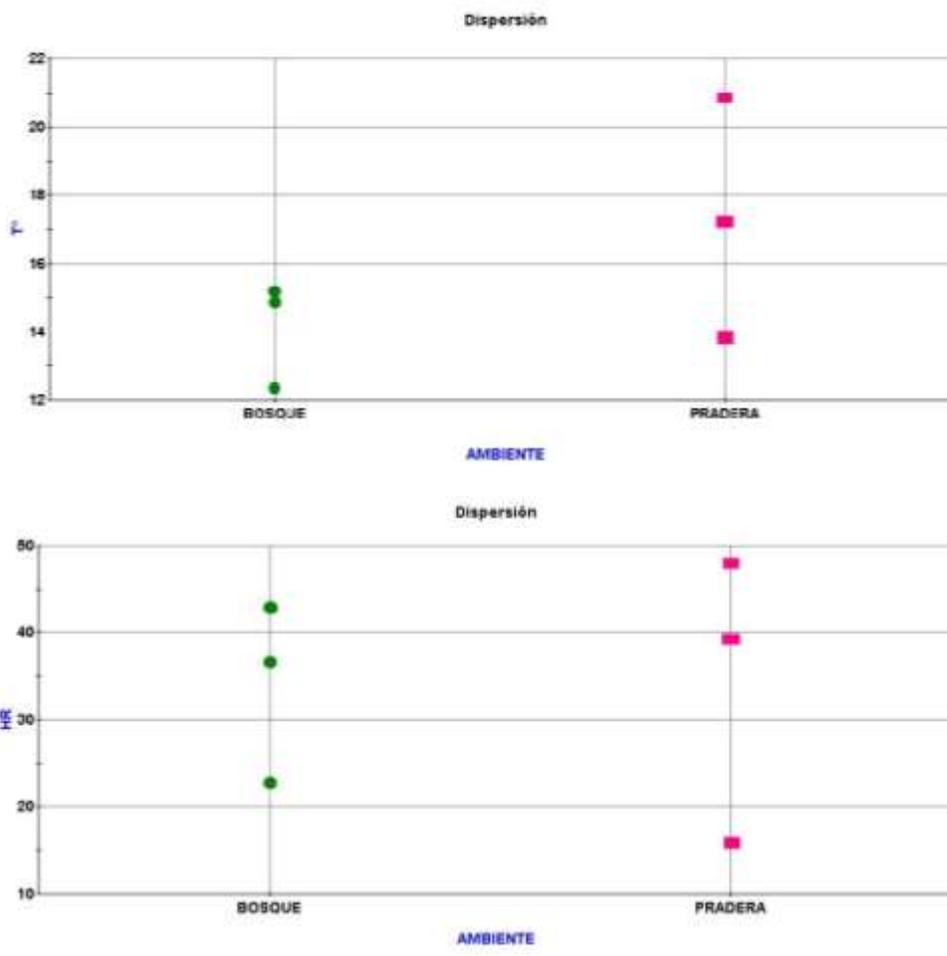


Figura 5. Gráfica de dispersión de los coeficientes de variación para temperatura T (A) y humedad relativa HR (B) en el bosque y la pradera.

La estructura de la vegetación influye en varios elementos del microclima (velocidad del viento, humedad relativa, temperatura del aire, calidad y cantidad de radiación solar). Como lo menciona Escutia (2009), las copas de las plantas modulan los cambios en la temperatura del aire; por consiguiente se explica que en una pradera, donde la vegetación es predominantemente herbácea de porte bajo, las condiciones ambientales no tienen cobertura de amortiguamiento y los cambios son rápidos y muy variables. En la parcela experimental el efecto de copa por presencia de arbustivas y arbóreas en distintas etapas de crecimiento participó en la modulación de los cambios en las condiciones microclimáticas, presentándose mínimas fluctuaciones durante el día. En contraste, la pradera presentó un amplio rango de fluctuación diaria.

Un ejemplo claro de la capacidad amortiguadora del bosque se presentó al inicio del mes de Septiembre cuando tuvo lugar la primera helada del año. En consecuencia, la

vegetación en la pradera se quemó mientras las especies del bosque que servían de forraje en silvopastoreo no tuvieron merma.

Los resultados sobre comparación de condiciones microclimáticas permiten sugerir que el bosque ofrece al rebaño un entorno de bienestar térmico de mayor duración a lo largo del día, pudiendo coincidir con Betancourt *et al.* (2003) respecto al efecto favorable de la sombra sobre el rendimiento productivo del ganado como resultado de la disminución del estrés calórico.

Suelo

En la parcela experimental, se describe un suelo ligero ($Dap= 0.91 \text{ t m}^{-3}$), rico en materia orgánica (8.9%) y con alta capacidad de retener humedad ($CC= 45.8\%$; $PMP=24.7\%$); el pH de 6.4 favorece la disponibilidad de nutrimentos para la vegetación.

En el Cuadro 2 se muestran los resultados sobre estado del mantillo y grado de compactación del suelo, en condiciones previas a la introducción del rebaño.

Cuadro 2. Características del mantillo y grado de compactación del suelo en la parcela experimental.

Mantillo ¹ y suelo ²	Micro-parcelas									
	1	7	10	19	22	27	30	35	42	49
Cobertura ¹ (%)	100	95	50	95	100	100	35	100	100	80
Profundidad ¹ (cm)	5	12	3	10	12	10	3	5	10	6
Apariencia de MO ^{1*}	Id	Id	Id	Id	Id	Id	Id	Id	Id	Id
Compactación ² (kg cm^{-3})**	0.75	1.0	0.90	0.85	1.20	1.05	1.10	1.15	1.45	1.0

1. Características valoradas en mantillo. 2. Características valoradas en el suelo descubierto de mantillo.

(*) Apariencia de materia orgánica (MO): Id, identificable; y NId, no identificable.

(**) El valor de grado de compactación mostrado es la media de 5 lecturas tomadas dentro del área de 3mx3 m en la micro-parcela.

Respecto del grado de compactación, se encontró un valor promedio de 1.045 kg cm^{-2} en las 10 micro-parcelas permanentes, y 1.8 kg cm^{-2} en las veredas de la parcela experimental. La diferencia entre valores de compactación puede explicarse como consecuencia de la frecuencia de tránsito que es más intensa sobre las veredas que a lo largo del terreno. El grado de compactación del suelo en la parcela experimental corresponde con las características de un suelo franco-limoso (Aguilera, 1989), que describe la textura predominante en la parcela experimental.

Los resultados del estado de suelo concordaron con la descripción de los suelos de bosque: tienen alta capacidad de retener humedad (>20%), pueden ser profundos (>15 cm) o someros (<10 cm) con extensa cobertura de mantillo de profundidad

considerable (>5 cm), lo cual aporta gran cantidad de materia orgánica (>4%) para incorporarse al esqueleto mineral (Aguilera, 1989).

La historia geológica de la región (Sierra de las Cruces, una derivación del Eje Neovolcánico Transversal), explica que los suelos resultaron de los procesos eruptivos y la evolución litológica, gracias al proceso de meteorización (García, 1998). El suelo de la parcela experimental resultó un ejemplo de las condiciones antes mencionadas, originado por meteorización y arrastre-acumulación en áreas de lomerío, donde se favorecen los procesos de percolación, indispensables para la evolución de suelos profundos en el sector bajo de la vertiente.

La evolución florística condicionada por la altitud, la influencia climática y las condiciones de suelo (García, 1998; Valdez, 2006), dio como resultado bosques mixtos, pinares, bosques de *Alnus sp.* y *Abies sp.*, cuya presencia contribuye a la generación de horizontes orgánicos (O1=matillo y O2=humus) profundos (>5 cm; Aguilera, 1989). Sin embargo, entre las interacciones de los factores antes mencionados, se observó que la temperatura (templada a fría) imperante en la región, limita la velocidad de humificación de la hojarasca y ocoxal¹ acumulado en el horizonte O1, como lo reportó García (1998).

Tanto la incorporación de materia orgánica como las propiedades físicas inherentes al esqueleto mineral del suelo contribuyen a una textura franco-limosa (Aguilera, 1989), que permite absorber humedad y mantenerla disponible para la vegetación, presentando capacidad de drenaje eficiente, a pesar de la pendiente del terreno (>8% de inclinación). Además, las características de la textura corroboran los valores obtenidos para el grado de compactación (1.045 kg cm³), que permiten observar una consistencia ligeramente dura en seco, y friable a firme estando húmedo (Aguilera, 1989). Lo anterior implica que el suelo de la parcela experimental se describe como un sustrato óptimo para el crecimiento radicular, gracias a la capacidad de retener humedad disponible para su absorción, con incorporación de materia orgánica continua y el potencial para el intercambio iónico eficiente para la nutrición vegetal.

Estructura y composición florística

En la estructura general de la vegetación se reconocieron especies de las tres formas de crecimiento. Se consideraron las plantas que estuvieran dentro del perímetro de 3m x 3m, con distancia máxima al suelo de 1.20 m, juzgando el potencial de ser

¹ Término que define la acumulación en el suelo de acículas de las coníferas en los bosques mixtos y pinares.

consumidas por el rebaño en silvopastoreo. La información obtenida sobre estructura florística se presenta en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Estructura florística general por micro-parcela de seguimiento.

Id micro-parcela	Cobertura estrato herbáceo (%)	Número de especies (S)	Altura promedio (cm)	Árboles (#)	Arbustos (#)	Hierbas (#)
1	231	7	39,4	1	3	3
7	100	5	46,0	0	4	1
10	141	7	22,3	1	4	2
19	275	9	28,4	1	4	4
22	215	11	29,1	1	4	6
27	177	9	33,9	1	3	5
30	290	9	69,6	1	5	3
35	357	13	25,3	1	4	8
42	223	13	20,8	3	2	8
49	346	12	30,0	0	5	7

Por análisis de frecuencia, de un total de 30 especies (Cuadro 3) identificadas en las 10 micro-parcelas permanentes, se determinó que 10.53% son ejemplares arbóreos, 40% son arbustivas y 49.47% son herbáceas.

En su análisis sobre los ecosistemas de la Sierra de las Cruces, García (1998) describe ampliamente la presencia de las principales arbóreas de la región: coníferas del género *Abies* y *Pinus*; fagáceas del género *Quercus*, y otras latifoliadas como *Garrya laurifolia*, *Prunus serotina* y *Crataegus mexicana*. Las especies anteriores fueron identificadas en la parcela experimental, con excepción de *Abies religiosa* (oyamel, abeto), cuya distribución depende de una altitud mayor.

En el estrato denominado “herbáceo” (distancia al suelo de 1.20 m), se identificó amplia diversidad florística (Cuadro 4). El análisis de los datos de campo permitió obtener los valores de importancia relativa (VIR). Las especies *Cornus excelsa* (27.65), *Garrya laurifolia* (17.51), *Symphoricarpos microphyllum* (17.13%), *Bromus carinatus* (16.52) y *Smilax moranensis* (16.46) son las especies con VIR más alto, esto indica que considerando cobertura y frecuencia relativas, son las especies de mayor importancia ecológica en la parcela experimental (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

Cuadro 4. Composición florística general evaluada en la parcela experimental (área de bosque).

ESPECIE (S)	FORMA BIOLÓGICA	ALTURA (cm)	COB (%)	COB REL (%)	FR (%)	VIR
<i>Achillea millefolium</i>	Hierba	5	1	0.04	1.05	1.09
<i>Alchemilla procumbens</i>	Hierba	5	1	0.04	1.05	1.09
<i>Berberis sp</i>	Arbusto	50	65	2.88	4.21	7.09
<i>Bromus carinatus</i>	Hierba	17.5	230	10.20	6.32	16.52
<i>Chimaphilla umbellata</i>	Hierba	15	10	0.44	1.05	1.49
Compuesta sitio 1	Hierba	60	40	1.77	1.05	2.82
<i>Cornus excelsa</i>	Arbusto	52.78	410	18.18	9.47	27.65
<i>Desmodium uncinatum</i>	Hierba	17.5	41	1.82	2.11	3.93
<i>Galium uncinulatum</i>	Hierba	6.67	21	0.93	3.16	4.09
<i>Garrya laurifolia</i>	Árbol	49.37	205	9.09	8.42	17.51
Hoja de sierra	Hierba	10	10	0.44	1.05	1.49
<i>Oxalys corniculata</i>	Hierba	6.5	2	0.09	2.11	2.20
<i>Packera sanguisorbae</i>	Hierba	12.5	65	2.88	2.11	4.99
Pasto ancho	Hierba	13	46	2.04	6.32	8.36
<i>Polytrichum commune</i>	Hierba	< 5	97	4.30	6.32	10.62
Posible cestrum	Arbusto	20	20	0.89	1.05	1.94
<i>Prunus serotina</i>	Árbol	32.5	135	5.99	8.42	14.41
<i>Quercus crassipes</i>	Árbol	20	15	0.67	1.05	1.72
<i>Rubus strigosus</i>	Arbusto	40	50	2.22	1.05	3.27
<i>Senecio arborescens</i>	Arbusto	120	40	1.77	1.05	2.82
<i>Senecio roldana</i>	Arbusto	47.5	30	1.33	2.11	3.44
Similar a capulín	Arbusto	50	10	0.44	1.05	1.49
Similar a cornus aterciopelado	Arbusto	120	20	0.89	1.05	1.94
<i>Smilax moranensis</i>	Hierba	40.83	205	9.09	7.37	16.46
<i>Symphoricarpos microphyllum</i>	Arbusto	33.57	220	9.76	7.37	17.13
Terciopelo compuesta	Arbusto	45	20	0.89	1.05	1.94
<i>Thalictrum pubigerum</i>	Hierba	30	15	0.67	2.11	2.78
<i>Trisetum virletti</i>	Hierba	40	91	4.04	3.16	7.20
Umbellifera 2	Hierba	35	35	1.55	2.11	3.66
<i>Viburnum stenocalyx</i>	Arbusto	42.5	105	4.66	4.21	8.87

Altura: valor promedio de los 10 sitios de observación; COB: cobertura estimada en campo; COB REL: cobertura relativa; FR: frecuencia relativa; VIR: valor de importancia relativa.

En el estudio realizado por Corral *et al.* (2002), sobre diversidad en el estrato arbóreo del bosque mesófilo de montaña en Tamaulipas, reportaron *Quercus sp*, *Ostrya sp*, *Liquidambar sp* y *Carya sp* como especies florísticas de mayor peso ecológico; su perspectiva consideraba el bosque mesófilo en su nivel máximo de desarrollo florístico. En la parcela experimental de la presente investigación, se caracterizó la vegetación dentro del perfil de consumo de ovinos, considerando arbustos y árboles jóvenes como especies con potencial forrajero, además de las herbáceas.

Los resultados de Corral *et al.* (2002), reportaron que la distribución de los valores VIR describe un bosque heterogéneo, con 18 especies compartidas, de un total de 32 especies identificadas. La diversidad en la parcela experimental también evidenció heterogeneidad florística considerando los valores VIR.

En el Anexo II se presenta el listado completo de las especies identificadas en el Herbario de la Facultad de Ciencias, U.N.A.M., presentes en la parcela experimental. El listado obtenido (Cuadro 4 y Anexo II) evidencia la diversidad florística de la parcela experimental, lo que sugiere también diversidad en las especies con potencial forrajero.

MANEJO DEL REBAÑO

El rebaño en silvopastoreo fue integrado por 7 corderos de 6-7 meses de edad y una oveja adulta equivalentes a 1.25 UA (Gutiérrez y Díaz, 2000). Todos eran animales criollos, nacidos y destetados en el ejido Santa María Mazatla, provenientes de un rebaño de sistema mixto que pastoreaba en praderas. Los corderos no tenían experiencia en silvopastoreo, por lo que se conservó a la hembra adulta como guía.

El manejo del rebaño fue apoyado diariamente por un pastor de la comunidad (Figura 6, A y B).



Figura 6. A) Pesaje inicial de los animales; B) Silvopastoreo guiado con pastor.

Previo al inicio del silvopastoreo, los animales se identificaron con collares numerados, se pesaron y desparasitaron (Figura 6, A). Se realizó un segundo pesaje un mes después de haber iniciado la investigación y finalmente el tercer pesaje fue la fecha en que concluyó el período de silvopastoreo. En el Cuadro 5 se muestra el peso individual de los animales registrado en cada fecha.

Cuadro 5. Registro mensual de peso vivo (kg) de los animales del rebaño en silvopastoreo.

Id animal/Peso Kg	16-Julio	19-Agosto	16-Septiembre
1	16	19.5	22
2	11	14	16
3	29	30.5	32
4	16	18.5	20
5	18	19.5	20
6	20	23	25
7	17.5	20	22
Guía	30	34.5	37

Los valores de peso promedio para cada fecha de registro se analizaron con el método estadístico de Kruskal-Wallis para evaluar diferencia estadística entre las tres fechas de pesaje (Cuadro 6).

Cuadro 6. Análisis de varianza para el peso promedio del rebaño en silvopastoreo. Estadístico de Kruskall-Wallis.

Parámetros	Pesaje 1: 16-Julio	Pesaje 2: 19-Agosto	Pesaje 3: 16-Septiembre
Media	19.69	22.44	24.25
Varianza	43.35	45.82	48.21
Coefficiente de variación	33.44	30.17	28.63

No se obtuvo diferencia estadística entre los pesos promedio en cada fecha ($H=3.2337$; $gl=2$, $p>0.05$). El resultado permite sugerir que el periodo de seguimiento al silvopastoreo podría ser mayor al intervalo utilizado en la presente investigación, para evaluar posibles diferencias entre el peso inicial y el peso final al concluir el silvopastoreo. Si bien el peso individual mantuvo una tendencia de incremento (Cuadro 5) y se homogeneizó la talla de los animales del rebaño durante el tiempo que duró la investigación, obteniéndose 74.75g de ganancia diaria de peso (GDP).

En la primera semana de silvopastoreo se observó que los ovinos en el bosque preferían consumir gramíneas y otras herbáceas; el rebaño regresaba con hambre al corral. Al cabo de 3 semanas de iniciar la investigación, la búsqueda por pastos y herbáceas se amplió a la selección de arbustivas y jóvenes arbóreas dentro del perfil de consumo (1.20 m). Este comportamiento fue más evidente en la hembra guía y aquellas corderas que la seguían más (No. id: 2, 4 y 7). Un mes después de iniciar la investigación, todos los animales realizaban ramoneo y consumo de herbáceas.

El comportamiento inicial del rebaño en silvopastoreo coincide con las observaciones realizadas por Pineda (2007), quien reportó que *“los ovinos no aprecian las hojas de los árboles y arbustos y siempre consumen pasto si se les ofrece esta opción”*. Sin embargo, el proceso de aprendizaje guiado por la oveja durante el período de silvopastoreo favoreció que el perfil de selección de forrajes se ampliara hacia las leñosas dentro del horizonte de consumo.

Thorhallsdottir *et al.* (1987) reportaron que la presencia de la oveja-madre modificó el aprendizaje sobre preferencias/aversiones por una dieta, en función de los efectos post-ingestivos o ante una nueva formulación. Los resultados de Provenza y Villalba (1998) consideraron que los cambios en los entornos físicos que alteren la distribución, abundancia y características del forraje, modificaron también las preferencias de los animales. En este sentido, los resultados presentes coinciden en que el rebaño se expuso a un entorno nuevo, al salir de la pradera para ingresar al manejo silvopastoril

en el bosque. Como lo identificaron Thorhallsdottir *et al.* (1987), la presencia de un “modelo social” (la oveja-guía en este rebaño), favoreció la adaptación al nuevo entorno de consumo, por la experiencia del animal adulto y por tratarse de un individuo “familiar”, puesto que las interacciones sociales influyen el comportamiento y los animales –gregarios- prefieren estar con sus compañeros (Provenza y Villalba, 1998).

Como resultado del aprendizaje, la talla de los animales se homogeneizó y el peso individual siguió una tendencia de incremento: el rebaño conformó una dieta que le permitió satisfacer sus requerimientos y obtener ganancia de peso (Provenza, 2007).

Con la adaptación y asimilación de la parcela experimental como “entorno familiar”, el rebaño presentó conductas, similares a las observadas por Pineda (2007): 1) la tendencia de comportamiento gregario por imitación de los iguales (oveja guía y los corderos más pequeños) lo cual favoreció el pastoreo en grupo, y 2) períodos de en que los individuos menos gregarios (o diferenciando jerarquía) pastorearon más alejados de los otros (los corderos más pesados: No. Id 6, 5 y 3).

Se observó también la conducta de consumo por el camino a la zona de pastoreo, ya que modifica el comportamiento en pastoreo (Pineda, 2007). Se corroboró que este factor a su vez depende la relación distancia-tiempo para llegar al área de (silvo-) pastoreo, de las características florísticas del camino y de la capacidad de guiar al rebaño hacia la zona de interés, como lo reportaron Pineda (2007) y Provenza, (2007). Tratándose de un rebaño pequeño (menos de 10 animales) el manejo pudo ser más fácil, y fue posible conducirlo hasta la parcela experimental sin contratiempos. Además, el menor número de animales favoreció la observación del comportamiento en grupo e individual, difiriendo con Pineda (2007) quien refirió dificultades para describir el consumo durante el camino al área de pastoreo.

Provenza (2007) reportó que los diferentes sistemas de manejo de ganado modifican el aprendizaje de los jóvenes para “forrajear”, como se evidenció en esta investigación. Los rebaños que utilizan ambientes complejos probablemente mantienen la diversidad en los ecosistemas, lo cual puede beneficiar a los herbívoros.

INTERACCIONES PLANTA-ANIMAL EN SILVOPASTOREO

Selectividad

El etograma se realizó un mes después de iniciar el silvopastoreo, una vez que el rebaño se adaptó a la rutina. La información obtenida se muestra en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Resultados del etograma aplicado al rebaño en silvopastoreo estacional.

Id sitio	Especie	Estructura	Núm de animales/ conducta	
			Mordisqueo	Ingestión
27	<i>Pastos</i>	Hojas	0	8
	<i>Cornus excelsa</i>	Hojas	2	4
	<i>Garrya laurifolia</i>	Hojas	2	7
	<i>Smilax moranensis</i>	Hojas, tallo	3	4
	<i>Rubus strigosus</i>	Hojas, tallo	2	6
	<i>Prunus serotina</i>	Hojas	3	6
35	<i>Cornus excelsa</i>	Hojas	3	7
	<i>Garrya laurifolia</i>	Hojas	3	8
	<i>Senecio arborescens</i>	Hojas	4	6
	<i>Smilax moranensis</i>	Hojas, tallo	3	7
	<i>Viburnum stenoclyx</i>	Hojas	4	6
	<i>Aterciopelada rosa</i>	Hojas, tallo	3	5
	<i>Rubus strigosus</i>	Hojas, tallo	2	5
	<i>Crataegus mexicana</i>	Hojas	4	5
	<i>Achillea millefolium</i>	Completa	4	7
	<i>Pastos</i>	Hojas	2	8
41	<i>Smilax moranensis</i>	Hojas, tallo	3	4
	<i>Cornus excelsa</i>	Hojas	3	6
	<i>Garrya laurifolia</i>	Hojas	3	8
	<i>Prunus serotina</i>	Hojas	2	6
	<i>Viburnum stenocalyx</i>	Hojas	3	6
43	<i>Pastos</i>	Hojas	2	8
	<i>Desmodium uncinatum</i>	Hojas	2	4
	<i>Achillea millefolium</i>	Completa	3	6
	<i>Smilax moranensis</i>	Hojas, tallo	3	4
49	<i>Cornus excelsa</i>	Hojas	3	7
	<i>Rubus strigosus</i>	Hojas, tallo	2	5
	<i>Smilax moranensis</i>	Hojas, tallo	3	5
	<i>Garrya laurifolia</i>	Hojas	3	6
	<i>Prunus serotina</i>	Hojas	2	7
	<i>Berberis sp.</i>	Hojas	3	0
	<i>Pastos</i>	Hojas	3	8
	<i>Pinus sp.</i>	Hojas	3	3
	<i>Crataegus mexicana</i>	Hojas	4	6

Se determinó la frecuencia absoluta y relativa en la selección de especies como resultado del etograma. El análisis de frecuencias (Cuadro 8) muestra que las especies diferentes de gramíneas con mayor porcentaje de selección fueron: *Garrya laurifolia* (14.63%), *Smilax moranensis* (13.01%) y *Cornus excelsa* (11.79%). El conjunto de especies identificadas que fueron seleccionadas por los ovinos representaron 63.82%, mientras que los pastos (16.26%) y otras especies (19.92%) no identificadas durante la observación, sumaron 36.18%. Lo anterior evidencia que la dieta seleccionada en el

bosque se integró por una amplia variedad de especies, pertenecientes a las diversas formas biológicas (herbáceas, arbustivas y arbóreas).

Cuadro 8. Análisis de frecuencia de las observaciones de especies seleccionadas durante el etograma.

Especie observada	Forma biológica	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (fi%)
<i>Garrya laurifolia</i>	Árbol	36	14.63
<i>Smilax moranensis</i>	Hierba (bejuco)	32	13.01
<i>Cornus excelsa</i>	Arbusto	29	11.79
<i>Prunus serotina</i>	Árbol	25	10.16
<i>Senecio arborescens</i>	Hierba	12	4.88
<i>Viburnum stenocalyx</i>	Arbusto	12	4.88
<i>Crataegus mexicana</i>	Árbol	11	4.47
<i>Rosa canina</i>	Arbusto	N/O	N/O
Gramíneas	Hierba	49	16.26
Otras	Variable	49	19.92

N/O: no observado

Por otra parte, el análisis microhistológico en heces corroboró la presencia en la selección hecha en el bosque (parcela experimental), de al menos 8 especies identificadas y bien diferenciadas, además de pastos (ver Anexo III). En el Cuadro 9 se presentan los resultados sobre frecuencia absoluta y relativa de las especies identificadas mediante técnica microhistológica.

Cuadro 9. Análisis de frecuencia de las especies identificadas por microhistología en heces.

Especie observada	Forma biológica	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (fi%)
<i>Cornus excelsa</i>	Arbusto	76.75	15.75
<i>Garrya laurifolia</i>	Árbol	45.37	8.95
<i>Smilax moranensis</i>	Hierba (bejuco)	44.87	8.65
<i>Prunus serotina</i>	Árbol	41.37	7.98
<i>Viburnum stenocalyx</i>	Arbusto	36.37	6.88
<i>Rosa canina</i>	Arbusto	34.75	6.49
<i>Crataegus mexicana</i>	Árbol	33.87	4.48
<i>Senecio arborescens</i>	Hierba	31.87	5.62
Gramíneas	Hierba	74.50	15.44
Otras	Variable	83.75	16.51

Valores de frecuencia absoluta y frecuencia relativa en porcentaje de las especies identificadas mediante microhistología en heces del rebaño en silvopastoreo.

El análisis de frecuencia en la técnica de microhistología en heces muestra que los porcentajes más altos los tuvieron: *Cornus excelsa* (15.75%), las gramíneas (15.44%) y las especies no identificadas (16.51%). Sin embargo, de forma semejante a lo que se observó en los resultados del etograma, el conjunto de especies identificadas y diferentes a gramíneas acumularon la mayor proporción de la selección (67.79%) mientras que los pastos y *otras especies* no identificadas representaron 31.95%.

Las especies observadas en el etograma y la técnica microhistológica coinciden con las principales especies que integraron la composición florística de la parcela experimental (determinado por el VIR obtenido en la evaluación). Además, correspondieron con varias utilizadas en la prueba de cafetería con la que se valoró el potencial forrajero de especies nativas. De ahí el interés en corroborar la preferencia en silvopastoreo, haciendo seguimiento con el etograma y mediante microhistología en heces.

La comparación entre frecuencia relativa (fi) observada en etograma contra (fi) en microhistología (Cuadro 10), no obtuvo diferencia significativa (U de Mann-Whitney= 128.12; P>0.05). El análisis corroboró que las técnicas son análogas y sus resultados fueron complementarios: se observó a los animales consumir plantas específicas, mismas que se identificaron en heces.

Cuadro 10. Comparación de frecuencias relativas de especies forrajeras identificadas por etograma en campo y mediante técnica microhistológica en heces.

Especie observada	Frecuencia etograma (fi%)	Frecuencia heces (fi%)
<i>Cornus excelsa</i>	11.79	15.75
<i>Crataegus mexicana</i>	4.47	4.48
<i>Garrya laurifolia</i>	14.63	8.95
<i>Prunus serotina</i>	10.16	7.98
<i>Rosa canina</i>	0	6.49
<i>Senecio arborescens</i>	4.88	5.62
<i>Smilax moranensis</i>	13.01	8.65
<i>Viburnum stenocalyx</i>	4.88	6.88
Gramíneas	16.26	15.44
Otras	19.92	16.51

Fi: frecuencia relativa

En valores absolutos, la frecuencia de selección de especies como *Cornus sp.*, *Garrya sp.*, *Prunus sp.* y *Smilax sp.*, observadas en el etograma fueron diferentes en comparación con la frecuencia observada en heces; sin embargo, se evidenció que las especies mencionadas conforman una importante proporción de la dieta seleccionada (más del 50%). Las variaciones en valores pueden explicarse por la digestibilidad de las especies en función de sus características individuales y por efecto de la asociación durante la conformación de la dieta en silvopastoreo (Villalba, 2006).

En el animal en pastoreo, la selectividad está determinada por la genética, experiencias anteriores, condicionamiento, estado fisiológico y estado nutricional del animal, por la disponibilidad relativa de forraje, el aporte de nutrimentos y el contenido de metabolitos secundarios que influyen la gustosidad, el consumo y la digestibilidad de la materia orgánica (Baraza *et al.* 2005; Villalba 2006; Pineda, 2007).

Impacto en la vegetación

El área de exclusión (6mx6m) dentro de la parcela experimental, se eligió identificando previamente la presencia de las principales arbustivas y algunas de las herbáceas antes observadas en el etograma. La caracterización florística y las especies identificadas para darles seguimiento se presentan en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Descripción florística en el área de exclusión elegida para valorar la velocidad de rebrote de especies forrajeras en el bosque.

Especie	Forma de crecimiento ¹	Altura promedio (cm) ¹	Cobertura estimada (%) ¹	# plantas ²	# tallos* ²	Diam de tallos (mm) ²
<i>Berberis sp.</i>	Arbusto	80	20	3	n/c	n/c
<i>Cornus excelsa</i>	Arbusto	180	60	14	7	3
<i>Crataegus mexicana</i>	Árbol	100	20	7	7	4
<i>Garrya laurifolia</i>	Árbol	120	20	10	3	4
<i>Prunus serotina</i>	Árbol	80	40	11	3	2
<i>Senecio arborescens</i>	Arbusto	150	80	16	5	5
<i>Smilax moranensis</i>	Hierba (junco)	Variable	30	13	4	2
<i>Viburnum stenocalyx</i>	Arbusto	150	30	5	9	3
Pasto ancho	Hierba	30	40	44	90%	n/c

¹ información registrada previamente a la introducción del rebaño. ² Información registrada después de la salida del rebaño. (*) Conteo promedio por espécimen observado. n/c= No considerada

En el área de exclusión se observó que la preferencia más alta es por las hojas en el 100% de las especies observadas. El promedio de diámetro de tallos que consumieron los ovinos en las arbustivas y arbóreas jóvenes fue de 3.28 mm. En el caso de herbáceas se observó que la biomasa remanente de pastos alcanza 2-3 cm de distancia al suelo, y el consumo de *Smilax moranensis* se caracterizó por la selección de hojas y puntas de tallo (zarcillos). El seguimiento de la capacidad de rebrote se registró cada 3 semanas, obteniéndose durante el período de silvopastoreo 2 momentos para el registro de información (Cuadro 12).

Cuadro 12. Seguimiento de rebrote en el área de exclusión.

Especie	# plantas	% rebrotes		Diam tallos (mm)		Tamaño hoja (cm)	
		1	2	1	2	1	2
<i>Cornus excelsa</i>	14	5	30	Sc	Sc	<1-1.5	2-2.5
<i>Crataegus mexicana</i>	7	5	20	Sc	Sc	Yemas	1-2, yemas
<i>Garrya laurifolia</i>	10	10	40	Sc	Sc, >long	<1-2	0.5-3.5
<i>Prunus serotina</i>	11	20	40	Sc	Sc	<1-2	2-6
<i>Senecio arborescens</i>	16	10	30	Yemas	4, >long	<1	3-8
<i>Smilax moranensis</i>	13	40	60	Sc	Sc, long	<0.5-1.5	3-5
<i>Viburnum stenocalyx</i>	5	10	30	Sc	Sc, >long	<0.5-1	1.5-3
Pasto ancho	44	40	70	NA	NA	4-12 cm	10-25 cm

Intervalo 1: primer seguimiento a las 3 semanas; intervalo 2: segundo seguimiento a las 6 semanas; Sc: sin cambio; NA: no aplica; ">long"= aumentó longitud.

Los resultados del seguimiento evidencian que el número de individuos por especie no cambió con respecto al tiempo 0 (Cuadros 11 y 12).

Sobre la capacidad de rebrote se observaron diferencias entre las especies (Figura 7), siendo las más rápidas las herbáceas (1-2 semanas). Dentro del grupo de leñosas, *Prunus serotina* fue la especie con menor tiempo de rebrote (3 semanas). Las tasas más lentas correspondieron a *Crataegus mexicana*, *Cornus excelsa*, *Viburnum stenocalyx* y *Senecio arborescens* (9 a 12 semanas).

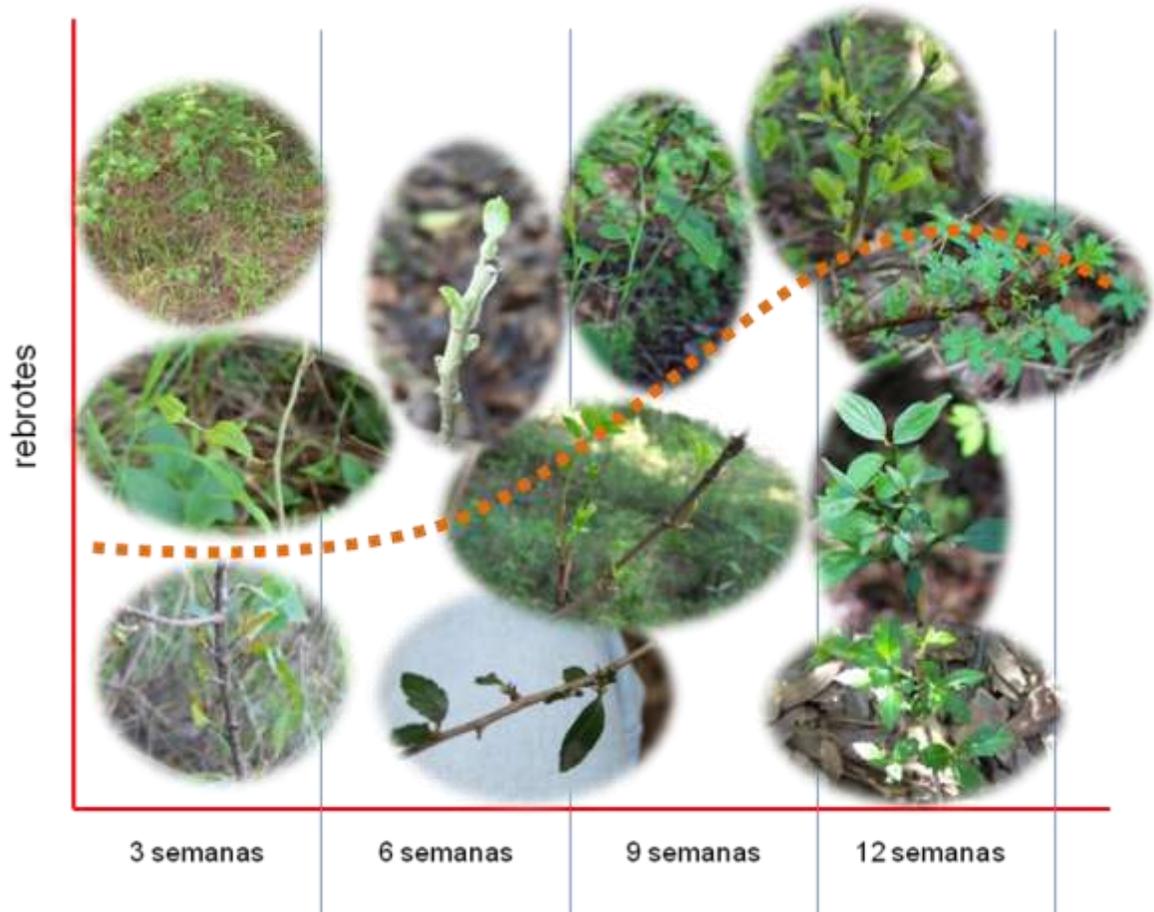


Figura 7. Esquema de la velocidad de rebrote de diferentes especies en el bosque. Elaboración propia, 2011.

El diámetro de los tallos en los individuos pastoreados no cambió durante el intervalo de seguimiento, aunque se observó crecimiento apical (*Garrya sp.*, *Senecio sp.*, *Smilax sp.* y *Viburnum sp.*) y desarrollo de yemas como consecuencia de la perturbación inducida por el rebaño (Cuadro 12).

Las observaciones en el segundo seguimiento indicaron que el crecimiento foliar es muy variable entre especies. *Crataegus sp.*, *Viburnum sp.* y *Cornus sp.* presentaron el crecimiento foliar más lento, lo que coincide con su tasa de rebrote; sin embargo, otras

especies como *Garrya sp* y *Senecio sp*, sugieren un crecimiento foliar acelerado una vez que brotan las yemas, aunque su tasa de rebrote es lenta.

El área de exclusión presentó recuperación evidente al cabo de 6 semanas después del silvopastoreo: el 87.50% de las especies presentaron hojas de al menos 2.5 cm de longitud.

Los resultados de seguimiento a la vegetación en el área de exclusión evidenciaron que los ovinos no sustrajeron individuos, únicamente consumieron partes de plantas. Y además del área de exclusión, también fue evidente el efecto de recuperación en las especies pastoreadas en la parcela experimental: la perturbación por herbivoría del rebaño estimuló la capacidad de rebrote de la flora, coincidiendo con las observaciones de Medinaceli y Miranda-Avilés (2004) y Provenza (2007).

La herbivoría es la interacción planta-animal más frecuente no sólo en agroecosistemas, sino en la naturaleza (Medinaceli y Miranda-Avilés, 2004), y su papel es muy importante para la restauración florística de un bosque. Las observaciones sobre herbivoría confirmaron que el rebaño consumió amplia variedad de especies vegetales; en el área de exclusión se observó que la cobertura vegetal presentó eficiente capacidad de recuperación, con velocidades de rebrote diferentes entre especies, pero favorecidas por la época del año y las condiciones edáficas.

En su investigación sobre patrones de vegetación y pastoreo en el páramo andino, Molinillo y Monasterio (2002), concluyeron que el impacto negativo de los bovinos se relacionó con su baja capacidad selectiva y dimensiones corporales limitantes para consumir forrajes nativos, así como con la deficiente capacidad de la cobertura vegetal para soportar los niveles de herbivoría. El presente trabajo difiere en varios sentidos con estos autores: se desarrolló en bosque de clima templado con mayores niveles de humedad, por lo que la cobertura vegetal es más densa que en el páramo y la especie animal fueron ovinos, cuyo “diseño natural” le confiere ventajas para el silvopastoreo en comparación con el bovino.

En el caso de los bovinos (Molinillo y Monasterio, 2002), la perturbación en un entorno de pastoreo puede ser más grave que la ejercida por el ovino. Como lo explicaron Borrelli y Oliva (2001), el menor tamaño de los ovinos, asociado a la relación volumen ruminal: peso corporal y el diseño de “boca pequeña” los caracteriza como rumiantes de bajos requerimientos absolutos de alimento, por lo que invierten más tiempo para seleccionar las partes más nutritivas de las plantas. La capacidad selectiva de los ovinos permite al bosque conservar la densidad florística por especie y la defoliación induce al rebrote.

La extracción de biomasa no comprometió la capacidad de recuperación de la flora, los individuos permanecieron y utilizaron sus reservas para el rebrote. La extracción o destrucción de individuos provocaría una recuperación más lenta, dependiendo de la velocidad de la sucesión vegetal que ocupara el nicho desocupado por los individuos extraídos como lo han mencionado algunos investigadores (Borrelli y Oliva, 2001; Esquivel-Sheik, 2005).

Disponibilidad de forraje

El rebaño constituido por 7 corderos y una oveja, alcanzaron un peso promedio de 22.05 kg. Con base en la relación entre el peso vivo y el consumo de materia seca (MS) individual, se calculó que el forraje disponible (FFdisp) en la parcela experimental fue de 529.20 kg al mes (estimado con 35% MS). En el Cuadro 13 se muestran los cálculos obtenidos.

Cuadro 13. Estimación del forraje disponible en la parcela experimental con base en CMS individual esperado.

Parámetro	Estimación	Resultado
CMS individual: 3.5% PV	22.05 kg*0.035	0.77 kgMS/animal/día
CMS/rebaño	0.77 kgMS*8 animales	6.17 kgMS/rebaño/día
CMSt/mes	6.17 kgMS*30 días	185.22 kgMSt/mes
CMSt/período: 3 meses	185.22 kgMS*3 meses	555.66 kgMSt/3 meses
Forraje disponible (35% MS)	(556.66 kg*100)/35	1587.60 kgFFdisp/3 meses
Forraje disponible/mes	1587.60 kgFF/3 meses	529.20 kgFFdisp/mes
Ajuste del 50% utilización	(529.20 kgFF*100)/50	1058.40 kgFF producido

CMS: consumo de materia seca; CMSt: consumo de materia seca total; kgFFdisp: kilogramos de forraje fresco disponible.

La disponibilidad de forraje debe valorarse con técnicas de campo para determinar valores más exactos, por lo que los resultados presentados en el cuadro deben tomarse con reserva.

Las observaciones de Borrelli y Oliva (2001) sobre el pastoreo en la Patagonia Austral, refieren que la dieta de los ovinos se compone de forrajes con calidad muy heterogénea; sus análisis microhistológicos indicaron que la selección depende del área ecológica, de la abundancia de sitios y especies atractivos, y de la época del año. En Mazatla, la parcela experimental tuvo una composición florística diversa (gran número de especies presentes) con cobertura homogénea (mínima variación en la cobertura en micro-parcelas); lo que sugiere que al rotar sitios preferidos no se identificó fluctuación

en la selección de especies, probablemente esto se debió a que la parcela experimental era un área boscosa no perturbada antes por rebaños.

Las dietas y hábitats diversos permiten a los animales seleccionar entre alternativas que satisfacen mejor las necesidades nutricias y atenuar efectos de metabolitos secundarios presentes en el forraje (Baraza *et al.* 2005; Provenza, 2007; Distel y Villalba, 2007). El rebaño en silvopastoreo expresó selectividad por una amplia variedad de especies del bosque, realizando herbivoría selectiva (defoliación), sin extracción de plantas completas, contribuyendo a la regeneración del estrato herbáceo mediante rebrotes.

Las observaciones sobre selección de especies permiten inferir que cuanto mayor es la edad del animal, más eficiente es el proceso de selección (Pineda, 2007), evidenciado por el rol de la oveja guía en el aprendizaje del rebaño.

Entre las interacciones a estudiar en pastoreo se sugiere la clasificación-identificación de las plantas según selectividad, como los 5 grupos propuestos por Stuth (1991; citado por Borrelli y Oliva, 2001). Esta clasificación describiría la dinámica de selección en silvopastoreo, y en conjunto con la estructura y composición florística permitiría evaluar, tal vez predecir, la presión de pastoreo que un ecosistema o agroecosistema puede soportar (Borrelli y Oliva, 2001).

Cabe considerar la pregunta de investigación sobre memoria del silvopastoreo. Thorhallsdottir *et al.* (1987), observaron en ovinos que el aprendizaje sobre consecuencias de ingestión se recordaba hasta 60 días. Provenza y Villalba (2007) refieren que los cambios en el entorno de consumo (pastoreo) afectan las preferencias por los alimentos. En este sentido, el rebaño en silvopastoreo probablemente obtuvo una estrategia de adaptación a un nuevo ambiente de forrajeo, lo cual sugiere que hubo una integración funcional de la información sensorial (olor, sabor, texturas) y los efectos post-ingestivos (interacción entre nutrimentos y toxinas con los receptores químicos, osmóticos y mecánicos), como lo mencionan estos autores, y en consecuencia se podría esperar que en futuras exposiciones de estos individuos a un entorno similar (bosque) volvieran a manifestar las preferencias y su habilidad para discriminar comidas familiares y nuevas (Provenza y Villalba, 2007).

Se sugiere también complementar con investigación sobre las características nutrimentales de las especies seleccionadas para evaluar la composición de la dieta y las posibles interacciones entre nutrimentos y factores anti-nutrimentales, como lo sugieren Distel y Villalba (2007) y Baraza *et al.* (2005).

IMPACTO EN EL BOSQUE

Suelo

Las características del suelo (grado de compactación) y de mantillo tuvieron dos valoraciones de seguimiento. Los resultados promedio para la parcela experimental se muestran a continuación.

Cuadro 14. Condiciones edáficas de la parcela experimental.

Momento de evaluación	SUELO		MANTILLO		
	Compactación kg/cm ²	Cobertura (%)	Profundidad (cm)	MOId (%)	MONId (%)
Edo. Inicial	1.04	85.5	7.6	100.0	0.0
Seguimiento	no leído	68.1	3.94	79.5	20.5
Edo. Final	0.98	88.5	7.4	94.0	6.0

MOId: materia orgánica identificable; MONId: materia orgánica no identificable.

El grado de compactación del suelo no tuvo diferencia estadística (U de Mann-Whitney= 1.79; P>0.05) entre el estado inicial y la evaluación al término del período del silvopastoreo.

En cuanto a las características de mantillo, la cobertura promedio en los tres momentos de evaluación no fue estadísticamente diferente (H=5.14; g.l.=2; P>0.05); la profundidad tampoco obtuvo diferencia estadística (H=2.66; g.l.= 2; P>0.05). Estas características no difirieron estadísticamente, pero en valores absolutos, se observa que en el primer seguimiento sí disminuyó tanto la cobertura como la profundidad. Esto se explica por efecto del pisoteo y arrastre que realizaban los ovinos durante su tránsito en silvopastoreo. Sin embargo, en el seguimiento final, los valores volvieron a incrementarse, como consecuencia de la activa acumulación de hojarasca y la salida del rebaño al concluir el período silvopastoril.

En cambio, la comparación de materia orgánica del mantillo sí obtuvo diferencia estadística significativa (H=8.83; gl=2; P<0.05) entre las condiciones MOId y MONId. La diferencia se explica por el efecto de la presencia animal: el pisoteo realizado troceó la hojarasca y se pudo identificar una capa superficial de mantillo con hojarasca entera, producto del activo recambio foliar y otra capa inferior con hojarasca de partícula reducida.

Los resultados sobre compactación del suelo pueden explicarse por el breve período de evaluación (3 meses). Aunque se identifica como efecto negativo del pastoreo la compactación del suelo por consecuencia del pisoteo (Borrelli y Oliva, 2001; Enríquez *et al.* 1999), se necesita un mayor período de evaluación de la presencia animal en el sitio de silvopastoreo para poder evidenciar cambios en el grado de compactación, puesto

que dicho efecto varía por el tipo de suelo y la época del año (Aguilera, 1989; Enríquez *et al.* 1999).

Además, los efectos sobre el suelo se aceleran si existe escasa cubierta vegetal (Aguilera, 1989; Enríquez *et al.* 1999; Musálem, 2002; Carranza y Ledesma, 2009), y la parcela experimental conservó su cobertura arbórea y la presencia de mantillo. Los ovinos tienden a caminar por veredas que conectan los lugares preferidos y estos caminos pueden resultar en focos erosivos especialmente en áreas con pendiente donde canalizan el agua de escurrimiento (Borrelli y Oliva 2001); sin embargo, se observó que el efecto de arrastre del mantillo por los animales favoreció el acolchado y cobertura de las veredas de tránsito por la parcela experimental. La propia cobertura arbórea y de los estratos inferiores, provocan la esorrentía del agua de lluvia por sus copas, amortiguando el impacto erosivo que pudiera ejercer, y favorecen la infiltración del agua pluvial antes que forme flujos de esorrentía. En lo anterior, también participa la textura del suelo (franco-limoso, Aguilera, 1989) con capacidad de retención de humedad.

Para el caso de las condiciones de mantillo, fue evidente que los animales modificaron la acumulación de la materia orgánica: removieron la hojarasca, la trocearon y también hubo efecto de arrastre (Figura 8). Sin embargo, la velocidad de degradación de la MO y su incorporación en el suelo dependen de la temperatura ambiental, la humedad y la temperatura del suelo (García, 1998).



Figura 8. Estado del mantillo antes y durante la estancia del rebaño en la parcela experimental.

De acuerdo con los resultados de García (1998) sobre el análisis del paisaje en la región, la acumulación de MO en el bosque se combina con el efecto de temperaturas frías que hace lenta su degradación e incorporación al esqueleto mineral. Sin embargo, el efecto de regulación de temperatura observado en el bosque, en conjunto con la época del año en que se realizó esta investigación, posiblemente contribuyen a una más rápida incorporación de materia orgánica con partícula disminuida por efecto del pisoteo del rebaño.

Lo anterior coincide con las referencias sobre el efecto benéfico del silvopastoreo sobre el estímulo al ciclo de nutrientes, remoción del suelo y rotura de capas de compactación superficiales, incorporación de semillas y MO al suelo (Borrelli y Oliva, 2001; Musálem, 2002; Gómez *et al.* 2002).

Persistencia de especies

En el seguimiento en las micro-parcelas (Cuadro 15), algunas herbáceas identificadas en la caracterización inicial no se observaron en el seguimiento de las 10 micro-parcelas; y se encontraron otras especies que al inicio no estuvieron presentes.

Los datos de VIR en el seguimiento corroboraron que la parcela experimental es una comunidad con balance en la cobertura y frecuencia de especies florísticas (Corral *et al.* 2002), como se describió en la caracterización inicial.

Cuadro 15. Composición florística y valores de importancia relativa después del silvopastoreo.

ESPECIE (S)	COB (%)	COB REL (%)	FRECUENCIA	FR (%)	VIR
<i>Achillea millefolium</i>	10	0.39	1	1.12	1.51
<i>Alchemilla procumbens</i>	0	0	0	0	0
<i>Berberis sp</i>	75	2.92	4	4.49	7.42
<i>Bromus carinatus</i>	220	8.57	5	5.62	14.19
<i>Chimaphilla umbellata</i>	20	0.78	1	1.12	1.90
Compuesta sitio 1	40	1.56	1	1.12	2.68
<i>Cornus excelsa</i>	415	16.17	9	10.11	26.28
<i>Desmodium uncinatum</i>	60	2.34	2	2.25	4.58
<i>Galium uncinatum</i>	35	1.36	3	3.37	4.73
<i>Garrya laurifolia</i>	190	7.40	8	8.99	16.39
Hoja de sierra	20	0.78	1	1.12	1.90
<i>Musgo</i>	20	0.78	1	1.12	1.90
<i>Oxalys corniculata</i>	71	2.77	2	2.25	5.01
<i>Packera sanguisorbae</i>	55	2.14	2	2.25	4.39
Pasto 2 (ancho)	225	8.77	6	6.74	15.51
<i>Polytrichum commune</i>	35	1.36	2	2.25	3.61
Posible cestrum	20	0.78	1	1.12	1.90
<i>Prunus serotina</i>	150	5.84	8	8.99	14.83
<i>Quercus crassipes</i>	20	0.78	1	1.12	1.90
<i>Rubus strigosus</i>	50	1.95	1	1.12	3.07
<i>Senecio arborescens</i>	40	1.56	1	1.12	2.68
<i>Senecio roldana</i>	30	1.17	2	2.25	3.42
Similar a capulín	25	0.97	1	1.12	2.10
Similar a cornus aterciopelado	20	0.78	1	1.12	1.90
<i>Smilax moranensis</i>	205	7.99	7	7.87	15.85
<i>Symphoricarpos microphyllum</i>	240	9.35	7	7.87	17.21
Terciopelo compuesta	20	0.78	1	1.12	1.90
<i>Thalictrum pubigerum</i>	20	0.78	1	1.12	1.90
<i>Trisetum virletti</i>	91	3.54	3	3.37	6.92
Umbellifera 2	40	1.56	2	2.25	3.81
<i>Viburnum stenocalyx</i>	105	4.09	4	4.49	8.58

Las diferencias con el estado inicial de la parcela fueron variaciones en la cobertura y frecuencia relativas de las especies identificadas en cada micro-parcela. Estas modificaciones resultaron del efecto de herbivoría del rebaño (Medinaceli y Miranda-Avilés, 2004), el tránsito realizado (rebaño y pastor), la capacidad y velocidad de rebrote de las plantas y el ciclo biológico de otras especies que brotaron ya entrada la estación de lluvias (Escutia, 2009), después de la caracterización inicial.

La distribución de los VIR después del período de silvopastoreo es amplia y heterogénea, es decir, las proporciones se reparten entre todas las especies (31 especies identificadas y monitoreadas), sin observarse acumulación importante en algunas de ellas: el VIR más alto fue de 26.28 para *Cornus excelsa*. Estas condiciones constituyen un VIR balanceado como lo describieron Corral *et al.* (2002).

Sin embargo, hubo dos factores que modificaron la diversidad florística evaluada. En primer lugar, se observó un efecto de “perturbación hormiga” por parte del pastor durante la rutina de manejo del rebaño: era común que arrancara hojas, tallos o troceara ramas a las plantas que encontraba a su paso, transitaba con pisoteo sobre coronas y brotes provocando acame o ruptura de tallos y macollos, o bien defoliaba y acamaba arbustos con la cuerda de manejo de la oveja guía.

El segundo factor fue la decisión de manejo del propietario del terreno usado como parcela experimental. Los usos y costumbres sobre manejo de los predios se han orientado a la deforestación del bosque y la extracción de madera (Valdez, 2006). En el caso de la parcela experimental, el propietario practicó la deforestación del dosel arbustivo y herbáceo, removiendo por completo las especies dentro del perfil de consumo para los ovinos, exponiendo el suelo a la lluvia del resto de la estación y esto contribuyó a la rápida acumulación de hojarasca para el momento de la lectura final de características de suelo y mantillo (Figura 9, A y B).



Figura 9. A) La parcela experimental previa a la introducción del rebaño; B) La parcela experimental al final del período silvopastoril (manejo del propietario).

Por lo anterior, el impacto antrópico pudo ser más perjudicial que la presencia del rebaño. Por ejemplo, respecto de los efectos positivos y negativos del pastoreo, se han identificado consecuencias por el pisoteo: corte, rotura y aplastamiento de material fotosintético, plantas descalzadas y raíces expuestas (Borrelli y Oliva, 2001). Las observaciones y los resultados obtenidos evidenciaron que la perturbación en el bosque generada por los ovinos no alcanza las dimensiones citadas, pero sí las pudieron inducir las acciones humanas antes descritas.



Figura 10. Series de rebrotos. A) Terraplén con pastos y *Rubus sp* de 1 semana de recuperación; B) *Smilax sp* y *Prunus sp* de 1 semana de recuperación; C) *Smilax sp*, *Prunus sp* y *Senecio arborescens* de 4 semanas de recuperación.

Un factor que afectó la calidad de rebrotos, la tasa de recuperación y contribuyó a la herbivoría, fue la presencia de dos plagas en la parcela experimental: gusanos “azotadores” (no especificado) y la ninfa de la “mosca pinta” (*Aeneolamia spp.*), que en ese estadio se le llama “salivazo” (Figura 11 A y B).

En el caso de los gusanos, el efecto fue directo sobre los rebrotes, pues son troceadores y consumen limbos y folíolos completos, dejando sólo nervaduras centrales o raquis en algunos casos (Figura 11.A). Los ejemplares de *Garrya laurifolia* y *Prunus serotina* fueron los más susceptibles, principalmente el primero.

Respecto de la incidencia del “salivazo”, resultó un hallazgo interesante dado que se ha descrito mayormente en regiones tropicales. Sin embargo, se refieren como condiciones favorables las regiones con humedad relativa >60%, temperaturas entre 20-35 °C y precipitaciones >1000 mm (Enríquez *et al.* 1999); esas condiciones se pueden cumplir en la parcela experimental. El salivazo se observó siempre en las gramíneas, alojado en la base de las coronas de los macollos o en las partes más basales de los tallos (Figura 11.B).



Figura 11. Plagas encontradas en la parcela experimental. A) Gusanos “azotadores”; B) Salivazo, (*Aeneolamia spp.*).

La producción de biomasa (capacidad de rebrote) a partir de la radiación solar depende directamente del área foliar disponible (Borrelli y Oliva, 2001). Si bien se identificó la velocidad y capacidad de rebrote de varias especies seleccionadas durante el silvopastoreo, la incidencia de plagas limita la recuperación completa, ya que potencializan la herbivoría y/o consumen las reservas biológicas para el rebrote.

Los resultados obtenidos sobre impacto en el bosque corroboran la información obtenida en el área de exclusión discutida en el capítulo anterior: el rebaño no sustrajo individuos, consumieron algunas estructuras vegetales (hojas, tallos). Igualmente, se observó la capacidad de rebrote y velocidad de recuperación de las especies consumidas para describir la persistencia de especies ante el silvopastoreo.

Molinillo y Monasterio (2002), en sus resultados sobre pastoreo en el páramo andino, reportaron la presencia de zonas con tapiz siempre verde con gran heterogeneidad y diversidad florística, que ofrecía forrajes diferentes en calidad, distribución espacial y ritmos productivos; sin embargo, la palatabilidad fue baja. En contraste, la parcela

experimental como un entorno de silvopastoreo en ecosistema natural, presentó una oferta de forraje nativo con alta palatabilidad, con cobertura vegetal con capacidad de recambio constante (favorecida por la época del año), amplia diversidad florística (# de spp) y cobertura homogénea.

Esquivel-Sheik (2005), quien evaluó regeneración natural de leñosas en potreros de Nicaragua, encontró similitudes en riqueza y diversidad de especies en 3 estados de desarrollo (plántulas, juveniles y adultos), aunque la distribución de abundancia/sp fue más variable en plántulas y juveniles, lo cual indicó mayores presiones de selección sobre los estados iniciales de regeneración que sobre los adultos. Las especies evaluadas en la presente investigación podrían clasificarse también por su estado de desarrollo, y en las arbóreas se identificarían mayormente los estados juveniles, como es el caso de *Garrya sp*, *Prunus sp*, *Quercus sp*, *Pinus sp*, e incluso *Crataegus sp*; la presión de selección sería un parámetro muy útil para evaluar el impacto en el bosque e identificar si las especies seleccionadas coinciden o no con las más abundantes o con mayor densidad en el área de silvopastoreo.

Borrelli y Oliva (2001), recomiendan identificar **especies clave** para dar seguimiento a la intensidad del pastoreo y a sus efectos sobre especies de la selección base y especies menos palatables. Por su parte, Esquivel-Sheik (2005), concluyó que los esfuerzos para conservar la cobertura arbórea “deben basarse en las características ecológicas de las especies y sus respuestas a diferentes condiciones de manejo y de sitio dentro de las pasturas”.

Los presentes resultados sobre silvopastoreo estacional representan oportunidades para investigación posterior: el período de seguimiento a la vegetación fue suficiente para caracterizar el impacto en el bosque, pero las observaciones realizadas por los autores antes mencionados son factibles de implementar y complementar la propuesta sobre validación del sistema.

Otra parte de la validación del sistema silvopastoril estacional (SSPE) puede ser el efecto sobre las condiciones edáficas en el tiempo. El período evaluado en la presente investigación fue corto y se debe considerar el tiempo requerido para que las propiedades físico-químicas del suelo amortigüen los cambios en la compactación inducidos por la carga animal utilizada (1.25 UA).

Musálem (2002), refirió como ventajas de la Agroforestería la combinación de la productividad y los servicios. Una desventaja es que los árboles compiten por luz y agua con la vegetación de estratos inferiores. Esas características se presentaron en la parcela experimental, pero la competencia en este caso obedece a la sucesión ecológica natural en el bosque, que pudo modificarse por presencia del rebaño.

Finalmente, Esquivel-Sheik (2005), concluyó que los esfuerzos para conservar la cobertura arbórea deben basarse en las características ecológicas de las especies y sus respuestas a diferentes condiciones de manejo y de sitio dentro de las pasturas. Molinillo y Monasterio (2002) propusieron que las estrategias de pastoreo deben replantearse para mantener los procesos ecológicos, los servicios ambientales, la biodiversidad y el desarrollo ecológico y ser socialmente sustentable.

Provenza (2007), refiere que centrar el pastoreo en el uso moderado de los forrajes y áreas clave, ha provocado trabajar bajo la filosofía “alimentar mejor y dejar el resto”, sin darse cuenta que se aceleró la disminución de la biodiversidad y se incrementó la abundancia de especies menos deseables.

La práctica agroforestal propuesta en la presente investigación, coincide con los autores anteriores: el SSPE se diseñó para ofrecer una alternativa productiva (sistema de engorda de ovinos) que aproveche recursos naturales de forma racional (estacionalidad favorece período de recuperación), conservando el bosque y la biodiversidad (defoliación selectiva, no depredación). La inclusión en el modelo de la evaluación de impacto en el bosque sienta las bases para modificar la “filosofía” mencionada por Provenza (2007, párrafo anterior), en un esfuerzo por contribuir a la generación de información mediante metodologías replicables y adaptables a otras condiciones de medio ecológico.

POTENCIAL DE ACEPTACIÓN DEL SSPE

Se identificaron dos modalidades de producción ovina en el ejido (Figura 12). El **sistema mixto** que consiste en pastoreo diurno, en praderas abiertas por desmonte del bosque o resultantes de áreas de cultivo, y encierro nocturno en corrales próximos a la vivienda del productor. El otro sistema es **confinado o en estabulación total**, en el cual los borregos no realizan actividades de pastoreo y la alimentación es en pesebre (Anexo V). El manejo del SSPE se planeó para que fuera congruente con las prácticas locales: horario y tiempo de pastoreo, forma de resguardo, tipo de animales utilizados (Cuadro 16).

Las principales diferencias entre el SSPE y los sistemas locales (Figura 12) fueron en aspectos técnicos: utilización de registros, manejo de carga animal acorde al área de silvopastoreo. Pero la principal innovación fue en dos aspectos:

- a) Mostar a los productores que el bosque tiene potencial para alimentar a los ovinos, con variedad de forrajes nativos que no implican costo monetario pero sí responsabilidad de manejo.

- b) Trabajar con lotes de engorda durante una parte del año y no mantener el rebaño de forma continua en el tiempo.

Tradicionalmente, los productores locales de ovinos engordan sus animales pastoreando en praderas o alimentados en corrales. Las praderas existentes mayoritariamente han sido abiertas deforestando el bosque aunque existen algunos pastizales naturales pero se han utilizado como áreas de cultivo (Valdez, 2006). Los rebaños se mantienen en ciclo productivo completo: crecimiento, reproducción, destete, engorda; y la vida útil promedio puede ser mayor a los tres años (hembras).

Cuadro 16. Comparación de los atributos entre los sistemas locales de producción ovina y el SSPE propuesto.

Atributo	Sistema Mixto	Sistema Confinado	Sistema Silvopastoril
Rebaño			
Cantidad	10-30	Acorde a espacio	Carga animal
Raza mejorada	No	Sí	No
Edad homogénea	No	Sí	Sí
Alimentación			
Pastoreo	Sí: puede ser 100%	No	Sí: puede ser el 100%
Complementos/suplementos	Ocasional: sal	Sí: forraje de corte	Recomendado: minerales
Instalaciones			
Corral	Rústico	Permanente	Adaptable
Pradera	Sólo herbáceas	N/A	Estrato herbáceo: bosque
Manejo			
Registros	No: observación, memoria	No: observación, memoria	Sí: id anim, ganancia de peso
Fin zootécnico	Producción carne	Producción carne	Producción carne
Ciclo productivo	Completo, continuo	Completo, continuo	Engorda, estacional
Reemplazos	Ocasional	Semental	Lote completo al año
Desparasitación	Anual	Anual	A la recepción
Medicina preventiva	Ocasional	Ocasional	Recomendable
Mano de obra			
Familiar	2	3	2
Capacitada	2	2	2(3)
Insumos por ciclo			
Animales	1	2	3
Alimento	2	3	1
Otros	Pastor, MVZ	MVZ	Pastor, MVZ
Productos			
Animales para abasto	3	3	3
Pie de cría	2	1	1
Consumo familiar	3	2	3
Mercado			
De oportunidad	Local	Local	Local: estudio de mercado

Sí: se utiliza; No: no se utiliza; N/A: no aplica. La escala numérica indica la importancia de esa cualidad, 1: poco importante; 2: importancia regular; 3: muy importante.



Figura 12. Sistemas ovinos locales y sistema silvopastoril estacional SSPE.

La propuesta de SSPE se diseñó para manejar lotes de animales para engordar y vender al cabo del período de silvopastoreo, sin conservar animales de recría ni durante un año completo. Este manejo tiene la finalidad de disminuir los costos de producción: los animales se alimentaron con forrajes nativos en el bosque, conservándolos mientras ganan peso y homogenizan la talla promedio, el lote completo saldría a venta y se obtendrían las ganancias del ciclo de engorda.

Al mismo tiempo, se propuso este período de engorda estacional que permitiera aprovechar el forraje nativo en la época de mayor disponibilidad e igual capacidad de recuperación: la estación de lluvias; permitiendo que el bosque regenere su vegetación con la humedad residual y alcance su etapa de floración para la persistencia de recursos el próximo año.

Las coincidencias más importantes que pueden favorecer la aceptación del SSPE en la localidad fueron:

- a) Constituir el rebaño con animales locales, para evitar percepciones sobre ventajas productivas con razas mejoradas, poco utilizadas en el ejido (salvo algunos sistemas mixtos).
- b) Manejo del rebaño en horarios similares de pastoreo y con encierro nocturno, lo que probó que no es necesario cambiar las rutinas de interacción con los

ovinos, sino el sitio de alimentación: bosque en sustitución (o complemento) de praderas.

- c) Empleo de mano de obra familiar que permite al productor dedicarse a su rebaño en SSPE como lo haría en el sistema mixto.

La opción de mano de obra capacitada se propuso considerando la administración del área de silvopastoreo, la importancia de implementar registros (edades, ganancias de peso, medicina preventiva, entre otros), y para identificar los animales para su seguimiento. Sin embargo, se observó que los productores realizan de forma empírica las actividades anteriores: los registros individuales los llevan “de memoria”, gracias a la identificación de sus animales mediante nombres asignados por alguna característica distintiva, la administración del área de pastoreo la realizan observando el comportamiento del rebaño (proporción de tiempo que pasan consumiendo o caminando). En el silvopastoreo implementado también se dio este tipo de administración: el pastor realizó “rotación” de sitios de permanencia diaria en la parcela experimental (Anexo IV).

El diseño del SSPE en el ejido Santa María Mazatla coincide con la propuesta de Pérez y Huerta (2002) sobre el interés en la adopción de sistemas agroforestales (SAF): se busca la permanencia de los agroecosistemas en el tiempo, evitando o disminuyendo la relación negativa entre el humano y el ambiente. Por ello, este sistema silvopastoril se propuso para implementarse durante la época del año de mayor producción de forraje, con un período corto de ocupación y el resto del año como tiempo de recuperación.

Los arreglos agroforestales generan beneficios a considerar para su adopción, por ejemplo, Ortiz-Ávila *et al.* (2007), evaluaron interacciones de SAF y encontraron relaciones positivas entre la diversificación productiva con la demanda de mano de obra y la cantidad de productos por familia, y relación negativa entre diversificación productiva y dependencia de subsidios. En este sentido, el SSPE es una propuesta de conservación de recursos naturales y diversificación productiva para el beneficio de la comunidad y sus unidades familiares.

De forma similar, el diseño del SSPE consideró las condiciones agroecológicas de la zona y la capacidad de realizar el manejo más adecuado de las especies vegetales y animales asociadas, como lo sugirieron Pérez y Huerta (2002) para elegir las prácticas agroforestales.

Ortiz-Ávila *et al.* (2007), concluyeron que la caracterización de un sistema de manejo de recursos naturales debe integrar en su análisis la perspectiva temporal de los beneficios, el origen de las entradas monetarias y el valor de uso de los productos obtenidos de cada componente.

Este primer diseño se realizó con un rebaño de edades homogéneas, con las ventajas que representa para referir la productividad del sistema. El SSPE puede ser más eficiente si se considera la suplementación mineral, la evaluación de la relación beneficio-coste y la realización de un estudio de mercado. Los aspectos anteriores se proponen para la validación del sistema silvopastoril en futuras investigaciones.

Se deberá procurar un equilibrio entre conservación y utilización de recursos, para ello se requiere **conocimiento completo y de largo plazo**; mientras tanto, el manejo-utilización debe tener presente el *principio de precaución*, reconociendo que el cambio es inevitable pero implementando medidas que mitiguen el impacto negativo sobre la capacidad de carga a nivel de estructura y función del ecosistema (UNCCD, 2011).

CONCLUSIONES

1. El medio ecológico ofreció condiciones favorables para el silvopastoreo en bosque de pino-encino: bienestar térmico y diversidad florística con potencial forrajero.
2. La disponibilidad de forraje nativo permitió la integración de una dieta en silvopastoreo compuesta por al menos 8 especies distintas a gramíneas, consumidas por defoliación selectiva.
3. La carga animal utilizada permitió la ganancia de peso de los animales y la recuperación de los recursos forrajeros.
4. El impacto en el bosque evidenció que la defoliación selectiva estimula el rebrote y la presencia del rebaño favorece la incorporación de materia orgánica del mantillo en el suelo.
5. El diseño del SSPE coincidió con las formas básicas de manejo de rebaños realizadas por los productores locales y el uso de mano de obra familiar no limitó el manejo de ovinos en silvopastoreo.

IMPLICACIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

El pastoreo genera transiciones en los pastizales, entendidos como cambios de un estado inicial-original a otro modificado (Borrelli y oliva, 2001). El silvopastoreo realizado en la parcela experimental indujo una transición esperada; sin embargo, la época del año (Tº, pp, radiación solar) y las condiciones edáficas estimularon el rebrote y la rápida recuperación general de los forrajes nativos.

La transición no pudo ser valorada más ampliamente, primero por efecto del manejo realizado por el propietario y segundo, por el intervalo de tiempo empleado en la investigación. Esto último sugiere realizar la validación del SSPE diseñado, en un período más amplio, y evaluar el seguimiento a la recuperación del área.

Coincidiendo con Provenza (2007), el manejo del rebaño en silvopastoreo estableció un contexto que permitió al rebaño aprender cómo aprovechar nuevos alimentos en un nuevo hábitat, creando una “cultura” como respuesta de ese conocimiento.

Las investigaciones que realizaron análisis microhistológico han concluido que la selección de especies depende del área ecológica, de la abundancia de sitios y especies atractivas, y de la estación del año (Borrelli y Oliva, 2001). En el presente trabajo, la técnica microhistológica se utilizó para describir la composición botánica de la dieta y corroboró las observaciones en el etograma. Los efectos de selección en escala espacial propuestos por Borrelli y Oliva pueden implementarse en análisis posteriores que

contribuyan al conocimiento sobre comportamiento y selección de dieta en silvopastoreo, apoyándose en la composición florística y la distribución de las especies en el área de estudio.

“Quien maneja pastizales debe conocer el impacto del pastoreo sobre el ecosistema, considerar a los animales solamente como productos no es suficiente en la actualidad” (Borrelli y Oliva, 2001). Bajo esa premisa, la valoración inicial del impacto en el bosque por el SSPE proporcionó información sobre la presencia del rebaño en el medio ecológico. Coincidiendo con Carranza y Ledesma (2009), sobre la complejidad de los SSP que implica un diseño y manejo holístico, y que la evaluación de especies vegetales no debe considerarse como eslabón absoluto e independiente dentro de la ganadería (Febles y Ruíz, 2008), este trabajo consideró los principales componentes y sus interacciones más significativas (relación clima-suelo-planta-animal) que se traducen en productos útiles para el ser humano. Se incluyeron factores del manejo de un entorno natural bajo el esquema de un agroecosistema (SSPE), presuponiendo que los sistemas de evaluación de especies no han podido integrar gran cantidad de factores, por lo que las investigaciones ofrecen datos parciales (Febles y Ruíz, 2008).

El SSPE se diferencia de otras prácticas agroforestales por ubicar el ciclo productivo en una época del año específica y porque propone el aprovechamiento del medio ecológico natural, no de una remediación de praderas a las que se deba invertir recursos para establecer leñosas perennes (Enríquez, *et al.* 1999; Musálem, 2002; Quinto *et al.* 2009; Trujillo, 2009).

LITERATURA CITADA

- Aguilera HN. 1989. Tratado de edafología de México. Tomo I. Facultad de Ciencias, UNAM. México. Pp. 65-86.
- Baraza E, JJ Villalba, FD Provenza. 2005. Nutritional context influences preferences of lambs for foods with plant secondary metabolites. *Applied Behaviour Science*. 92: 293-305.
- Betancourt K, I Muhammad, CA Harvey, B Vargas. 2003. Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito. *Agroforestería de las Américas*, 10: 39-40.
- Borrelli P y G Oliva. 2001. Efectos de los animales sobre los pastizales. *In: Ganadería sustentable en la Patagonia Austral*. Borrelli P y G Oliva. INTA Región Patagonia Sur. Argentina. Pp. 99-128.
- Carranza CA, M Ledesma. 2009. Bases para el manejo de sistemas silvopastoriles. *In: Memorias del XIII Congreso Forestal Mundial*. Buenos Aires, Argentina. 18 al 23 de octubre de 2009. Pp. 21-33.
- Challenger A. 2003. Conceptos generales acerca de los ecosistemas templados de montaña en México y su estado de conservación. *In: Conservación de ecosistemas templados de montaña*. Sánchez O. Instituto Nacional de Ecología. México. Pp. 17-44.
- Convención para el Combate a la Desertificación (UNCCD). Red Temática Regional en Agroforestería y Reducción de la Pobreza para América Latina y el Caribe. Documento base. ONU. Archivo electrónico disponible en: www.unccd.int; consultado en septiembre 23 de 2011.
- Corral RJ, CO Aguirre, PS Jiménez, ChJ Navar. 2002. Muestreo de diversidad y observaciones ecológicas del estrato arbóreo del bosque mesófilo de montaña. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 8:125-131.
- COTECOCA, SAGARPA. 2002a. Coeficientes de agostadero por entidad federativa, con base en Cotecoca, SARH. Memorias de coeficientes de agostadero años 1972-1986. México.
- COTECOCA, SAGARPA. 2002b. Coeficientes de agostadero por tipo de vegetación para el Estado de México, con base en Cotecoca, SARH. Memorias de coeficientes de agostadero años 1972-1986. México.
- Distel A, JJ Villalba. 2007. Plant diversity, diet selection and animal production. *Revista Argentina de Producción Animal*. 27: 55-63.

Enríquez JF, F Meléndez, E Bolaños. 1999. Tecnología para la producción y manejo de forrajes tropicales en México. Libro Técnico No. 7. División Pecuaria. INIFAP-SAGAR. México. Pp. 139-176.

Escutia J. 2009. Heterogeneidad arquitectónica y microclimática en forofitos y distribución espacial de *Tillandsia recurvata* en un sistema semiárido. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 160 pág.

Esquivel-Sheik MJ. 2005. Regeneración natural de árboles y arbustos en potreros activos en Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua. Tesis de Maestría. CATIE, Costa Rica. 80 pág.

Febles G, TE Ruíz. 2008. Evaluación de especies arbóreas para sistemas silvopastoriles. Avances en Investigación Agropecuaria. 12: 4-27.

Franco FJ, CGA Gómez, RM Sánchez, MGD Mendoza, GR Bárcena, LL Carreón, HJE Hernández. 2002. Tiempo de pastoreo, cobertura vegetal y grado de utilización de especies arbóreas y arbustivas por el ganado caprino en la Mixteca Oaxaqueña. *In: Memorias del XXV Congreso Nacional de Buiatría*. Guerrero, México. 11 al 13 de julio de 2002. Pp. 123.

García RA. 1998. Análisis integrado de paisajes en el occidente de la Cuenca de México. Tesis Doctoral. Facultad de Geografía e Historia. Universidad Complutense de Madrid. España. 180 pág.

Gómez ME, L Rodríguez, E Murgueitio. 2002. Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente protéica. CIPAV. Colombia. 150 pág.

González EA, RD Améndola. 2010. Técnica microhistológica para la determinación de la composición botánica de la dieta de herbívoros. Universidad Autónoma Chapingo, México. Pp. 12-38.

Gutiérrez E, H Díaz. 2000. Estimación de unidades animal mes (UAM) para determinar la adecuada capacidad de carga. Revista de la Unión Ganadera Regional de Nuevo León. Disponible en: www.unionganaderanl.org.mx, consultado en Noviembre 9 de 2011.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2009. Anuario estadístico del Estado de México. México. 300 pág.

Medinaceli A, F Miranda-Avilés. 2004. Herbivoría en relación al tamaño de planta y a las diferencias de exposición de *Pilea sp* en la Estación Biológica Tunquini. Ecología en Bolivia, 39: 4-8.

Molinillo M, M Monasterio. 2002. Patrones de vegetación y pastoreo en ambientes de páramo. Ecotrópicos, Sociedad Venezolana de Ecología. 15: 19-34.

- Mostacedo B, TS Fredericksen. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en Ecología Vegetal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR). Santa Cruz, Bolivia. 156 pág.
- Musálem MA. 2002. Sistemas silvopastoriles, una alternativa de desarrollo rural sustentable para el trópico de México. Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 8: 91-100.
- Nahed TJ, ST Alemán, FG Jiménez, López Q. 2007. Estudio para desarrollar sistemas agrosilvopastoriles: experiencias en la región maya Tzotzil. *In*: Memorias de la II Conferencia electrónica sobre Agroforestería para la producción animal en América Latina. FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/home/es/>; consultado en abril 3 de 2009. Pp. 346-358.
- Nair JKL. 1997. Agroforestería. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 245 pág.
- Núñez MKS. 1998. Peine: Saber andino, manejo de recursos y transformaciones. Estudios Atacameños. 16: 283-292.
- Ocampo, TL. 2000. Sistemas silvopastoriles. Programa de Apoyo al Desarrollo Rural, Colegio de Posgraduados. México. 20 pág.
- Ortiz-Ávila T, O Maserá, J Morales. 2007. Caracterización de tres sistemas de manejo de recursos naturales en un ecosistema templado de México. Revista Brasileña de Agroecología. 2: 17-26.
- Pérez JJ, I Huerta. 2002. Agroforestería y ética ambiental en la gerencia de sistemas de producción. Revista Venezolana de Gerencia, 7: 23-45.
- Peri PL. 2009. Sistemas silvopastoriles en Patagonia: revisión del conocimiento actual. *In*: Memorias del I Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Argentina. 14 al 16 de mayo de 2009. Archivo electrónico.
- Pineda SM. 2007. Comportamiento en pastoreo y características nutricias de especies consumidas por ovinos y caprinos en bosque de encino. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. México. 170 pág.
- Polla MC. 2005. Silvopastoreo con ovinos. Dirección General Forestal, MGAP. Uruguay. Pp. 8-24.
- Provenza FD, JJ Villalba. 1998. Self-organization of foraging behavior: from simplicity to complexity without goals. Nutrition Research Review. 11: 199-222.
- Provenza FD. 2007. Adaptability, foraging and the complexity of landscapes. Department of Rangeland Resources. Utah State University. 10 pag.

Quinto L, PA Martínez-Hernández, L Pimentel-Bribiesca, DA Rodríguez-Trejo. 2009. Planeación de un sistema silvopastoril en ladera en Huatusco, Veracruz aplicando el método Nezahualcoyotl. Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 15: 141-146.

Secretaría del Medio Ambiente (SMA), 2007. Situación de la flora y fauna del Estado de México respecto a la NOM-059-SEMARNAT-2001. Gobierno del Estado de México. Disponible en: www.edomex.gob.mx; consultado en enero 6 de 2011.

Thorhallsdottir AG, FD Provenza, DF Balph. 1987. Food aversion learning in lambs with or without a mother: discrimination, novelty and persistence. Applied Animal Behaviour Science. 18: 327-340.

Trujillo N. 2009. Silvopastoreo: árboles y ganado, una alternativa productiva. Sitio Argentino de Producción Animal. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/manejo%20silvopastoril/100-forestal_silvopastoreo.pdf consultado en enero 15 de 2012.

Valdez RME. 2006. Diagnóstico ambiental del municipio de Jilotzingo Estado de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. México. 220 pág.

Vega LA, DR Mendoza. 2001. Evaluación de la condición actual de los agostaderos del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Agrosilvopastoril (CEIEPASP), ubicado en el municipio de Chapa de Mota, Estado de México. SAGARPA. México. 38 pág.

Villalba JJ. 2006. Explicación funcional de la palatabilidad en herbívoros. Evidencia anatómica, fisiológica y de comportamiento. Utah State University, Dept. of Wildland Resources. Pp. 4.

ANEXO I. FORMATOS DE REGISTRO DE INFORMACIÓN EN CAMPO

Registro de condiciones microclimáticas: bosque y pradera

HOTSA 4

FECHA: 29/3/2011

Parcela (10)				parcela (11)				parcela (12)				parcela (13)			
Ta	HR	Prc	P.BH	Ta	HR	Prc	P.BH	Ta	HR	Prc	P.BH	Ta	HR	Prc	P.BH
08:00	17.0	11.4	18.0	16.0	64.2	10.7	13.2	16.6	70.4	11.2	13.5	15.5	66.2	9.8	10.2
12:00	20.9	11.4	19.8	20.3	64.3	13.0	15.3	16.3	72.1	12.7	13.5	19.1	59.6	7.7	10.6
16:00	20.1	11.4	19.0	20.1	53.3	10.0	14.9	18.4	57.8	9.9	10.5	18.4	59.5	7.4	10.8

Parcela (14)				parcela (15)				parcela (16)				parcela (17)			
Ta	HR	Prc	P.BH												
08:00	13.9	17.2	9.6	12.3	11.1	16.5	10.8	12.6	17.2	13.9	12.1	13.8	13.8	12.1	11.0
12:00	20.1	11.8	15.0	21.0	16.5	11.3	15.7	21.8	15.3	15.0	14.7	21.0	14.7	11.9	15.0
16:00	21.9	10.4	11.3	15.6	22.2	10.1	10.6	12.9	21.3	11.1	15.0	10.1	10.4	10.4	11.0

Parcela (18)				parcela (19)				parcela (20)				parcela (21)			
Ta	HR	Prc	P.BH												
08:00	13.9	17.2	9.6	12.3	11.1	16.5	10.8	12.6	17.2	13.9	12.1	13.8	13.8	12.1	11.0
12:00	20.1	11.8	15.0	21.0	16.5	11.3	15.7	21.8	15.3	15.0	14.7	21.0	14.7	11.9	15.0
16:00	21.9	10.4	11.3	15.6	22.2	10.1	10.6	12.9	21.3	11.1	15.0	10.1	10.4	10.4	11.0

Parcela (22)				parcela (23)				parcela (24)				parcela (25)			
Ta	HR	Prc	P.BH												
08:00	14.6	13.1	7.6	9.6	11.7	16.9	5.6	8.7	11.6	16.8	6.9	11.5	14.8	16.1	11.3
12:00	21.3	16.4	14.0	22.1	14.0	8.8	13.3	21.5	11.0	9.6	14.3	20.5	14.5	10.3	14.5
16:00	25.0	15.9	10.8	18.4	21.1	16.9	8.3	19.7	22.1	15.9	14.3	23.3	13.0	8.6	15.3

Parcela (26)				parcela (27)				parcela (28)				parcela (29)			
Ta	HR	Prc	P.BH												
08:00	15.3	19.5	12.2	15.6	18.5	7.6	9.1	10.8	22.9	19.5	11.7	10.8	13.3	15.8	9.1
12:00	21.5	13.4	9.1	13.8	20.4	14.2	14.2	14.2	18.1	15.1	12.8	18.7	16.9	11.3	14.3
16:00	22.0	14.6	9.9	14.9	13.5	11.6	15.9	21.1	14.0	11.6	14.5	22.9	13.3	8.5	15.2

Parcela (30)				parcela (31)				parcela (32)				parcela (33)			
Ta	HR	Prc	P.BH												
08:00	16.6	13.1	7.6	9.6	11.7	16.9	5.6	8.7	11.6	16.8	6.9	11.5	14.8	16.1	11.3
12:00	21.3	16.4	14.0	22.1	14.0	8.8	13.3	21.5	11.0	9.6	14.3	20.5	14.5	10.3	14.5
16:00	25.0	15.9	10.8	18.4	21.1	16.9	8.3	19.7	22.1	15.9	14.3	23.3	13.0	8.6	15.3

Registro de la caracterización de especies forrajeras en el bosque.

Mazatla estrato herbáceo (cuadros 5x5 m)

Fecha _____

Hoja **3**

Id Cuadro	Especie	Forma de crecimiento	Altura promedio (cm)	Cobertura estimada (%)	Daño herbivoría (0 a 5)
27	Fruilla Cornus	Arbusto	45	85	0
27	Hoyo de agaveato flaco	Arbusto	30	10	2
27	Capulín	Arbol	20	10	1
27	Roldana (Senecio sp) falta	Arbusto	45	10	3
27	Pasto 2	Herb	15	1	0
27	Similar a cornus → checar colecta / falta	Arbusto	40	30	0
27	Pasto macollo gris (sepo) (4) → checar colecta	Herb	50	1	0
27	Compuesto toripala	Herb	45	20	3
27	Pasto 1	Herb	15	10	0
1	Fruilla Cornus	Arbusto	50	80	2
1	Pala amarilla Borboni	Arbusto	35	20	0
1	Similar a cornus	Arbusto	45	20	2
1	Similax	Equino	50	60	3
1	Capulín	Arbol	35	10	2
1	Compuesta del sitio 1 florida (4)	Arbusto	60	40	0
1	Musco estela	Herb	5	1	0
22	Pestilla	Arbusto	50	30	2
22	Pseudoy Compuesta	Herb	15	10	0
22	Fruilla Cornus	Arbusto	50	20	1

Cobertura: 70%
 Iluminación: 2
 Grado de pastoreo: 35
 Cobertura: 80%
 Iluminación: 2
 Grado de pastoreo: 25

Criterio de inclusión de estrato herbáceo: plantas con altura menor a 1.3 m

Daño por herbivoría: 0 = 0%, 1 = 1 a 10%, 2 = 11 a 25%, 3 = 26 a 50%, 4 = 51 a 75%, 5 = 76 a 100%

Registro de seguimiento a la vegetación (área de exclusión).

Área 1/evaluar rebate 5.80x6.0x7.50x6.20m

Mazatla estrato herbáceo (cuadros 5x5 m) Sup:

Fecha 29/Julio/2011

Hoja 1 (rebate, matorral)

Id Cuadro	Especie	Forma de crecimiento	Altura promedio (cm)	Cobertura estimada (%)	Daño herbivoria (0 a 5)
	Cornus (frutilla d.)		2.0m	60	
	Pseudo-tepezalcán *		1.5m	80	Ø
	Zarzamora (Urtica)		Variable	30	
	Palo amarillo matorral		80	20	
	Hoja aguacate		1.2	20	
	Pasto ancho		30	40	
	Capulin		80	40	
	Enano (combrera)		50	10	
	Tejocote		1.0	20	
	Pasto ancho				
3/Ago/2011	Diseño Especie	#plant	Altura	#ramas	Diámetro
	Cornus	14	2.0m	7	6mm
	Pseudo-tepezalcán	16	1.5m	5	9mm
	Zarzamora	13	Variable	4 ^{cm}	4mm
	Hoja aguacate	10	1.2	3	9mm
	Capulin	11	80	3	4mm
	Tejocote	7	1.0	7	4mm
	Pasto ancho	44	7cm	90% ^{consumido}	4mm
					mm

Criterio de inclusión de estrato herbáceo: plantas con altura menor a 1.3 m

Daño por herbivoría: 0 = 0%, 1 = 1 a 10%, 2 = 11 a 25%, 3 = 26 a 50 %, 4 = 51 a 75%, 5 = 76 a 100%

**ANEXO II. LISTADO FLORÍSTICO DE LA PARCELA EXPERIMENTAL. EJIDO SANTA MARÍA
MAZATLA, JILOTZINGO, ESTADO DE MÉXICO.**

		
<p><i>Viburnum stenocalyx</i> (Oerst.) Hemsl. Adoxaceae Frutilla. Arbusto</p>	<p><i>Arracacia atropurpurea</i> (Lehm.) Benth. & Hook. f. ex Hemsl Apiaceae Xirintú. Herbácea</p>	<p><i>Asclepias pringlei</i> (Greenm.) Woodson. Apocynaceae Herbácea</p>
		
<p><i>Ageratina lucida</i> (Ortega) R.M. King & H. Rob. Asteraceae Arbusto</p>	<p><i>Erigeron galeottii</i> (A. Gray) Greene Asteraceae Herbácea</p>	<p><i>Packera sanguisorbae</i> (DC.) C. Jeffrey. Asteraceae Compuesta amarilla. Herbácea</p>
		
<p><i>Viguiera cordata</i> (Hook. & Arn.) D'Arcy. Asteraceae Acahual amarillo. Herbácea</p>	<p><i>Sonchus asper</i> (L.) Hill Asteraceae Herbácea</p>	<p><i>Symphyotrichum expansum</i> (Poepp. ex Spreng.) G.L. Nesom Asteraceae Herbácea</p>



Dahlia coccinea Cav.
Asteraceae
Dalia, lulo. Herbácea



Bidens odorata Cav.
Asteraceae
Achual blanco. Herbácea



Achillea millefolium L.
Asteraceae
Minihelecho. Herbácea



Taraxacum officinale L.
Asteraceae
Diente de león. herbácea



Picris echioides L.
Asteraceae
Herbácea



Roldana petasitis H. Rob
Asteraceae
Roldana. Herbácea



Senecio arborescens Steetz
Asteraceae
Pseudotepozán. Arbustiva



Berberis sp.
Berberidaceae
Palo amarillo. Arbustiva



Alnus acuminata Kunth
Betulaceae
Alnus, aile. Arbórea



Phacelia platycarpa (Cav.) Spreng.
Boraginaceae
Herbácea



Tillandsia usneoides (L.) L.
Bromeliaceae
Herbácea epífita



Symphoricarpos microphyllus
Kunth. Caprifoliaceae
Perlilla. Arbustiva

		
<p>Clethra mexicana DC. Clethraceae Zapotillo. Arbórea</p>	<p>Cornus excelsa H.B.K. Cornaceae Frutilla, cornus. Arbustiva</p>	<p>Arbutus xalapensis Kunth Ericaceae Madroño. Arbórea</p>
		
<p>Chimaphila umbellata (L.) W.P.C. Barton. Ericaceae Herbácea</p>	<p>Desmodium uncinatum (Jacq.) DC. Fabaceae Pega-pega, frijolillo. Herbácea</p>	<p>Trifolium repens L. Fabaceae Trébol blanco, alfalfa cimarrona. Herbácea</p>
		
<p>Astragalus micranthus Nutt. Fabaceae Ebo silvestre. Herbácea</p>	<p>Quercus crassipes Humb. & Bonpl. Fagaceae Encino flaco. Arbórea</p>	<p>Quercus crassifolia Humb. & Bonpl. Fagaceae Encino ancho. Arbórea</p>
		
<p>Garrya laurifolia Hartw. ex Benth. Garryaceae Hoja aguacate. Arbórea</p>	<p>Cunila lythrifolia Benth. Lamiaceae Poleo. Herbácea</p>	<p>Salvia officinalis Lamiaceae Herbácea</p>



Prunella vulgaris L.
Lamiaceae
Moradilla. Herbácea



Pinguicula moranensis Kunth
Lentibulariaceae
Herbácea



Buddleia cordata Kunth
Loganiaceae
Tepozán. Arbórea



Lopezia racemosa Cav.
Onagraceae
Perita. Herbácea



Oenothera rosea L'Hér. ex Aiton
Onagraceae
Cruz de Malta. Herbácea



Govenia capitata Lindl.
Orchidaceae
Herbácea



Conopholis alpina Liebm.
Orobanchaceae
Herbácea epífita (parásita)



Oxalis corniculata R. Knuth
Oxalidaceae
Falso trébol, trebolillo. Herbácea



Abies religiosa (Kunth) Schldtl. & Cham.
Pinaceae
Oyamel. Arbórea



Penstemon campanulatus (Cav.)
Willd. Plantaginaceae
Herbácea



Agrostis hiemalis (Walter) Britton,
Sterns & Poggenb. Poaceae
Pasto 5. Herbácea



Trisetum virletii E. Fourn.
Poaceae.
Macollo grande. Herbácea

		
<p>Bromus carinatus Hook. & Arn Poaceae Pipilote, pasto 1. Herbácea</p>	<p>Briza subaristata Lam. Poaceae Pasto 4. Herbácea</p>	<p>Juncus arcticus Willd. Poaceae Pasto 3. Herbácea</p>
		
<p>Polytrichum commune Hedw. Polytrichaceae Musgo estrella. Herbácea</p>	<p>Thalictrum pubigerum Benth. Ranunculaceae Presunta umbelífera. Herbácea</p>	<p>Clematis dioica Tamura Ranunculaceae Junco. Herbácea</p>
		
<p>Rhamnus mucronata Schtdl. Rhamnaceae Arbustiva</p>	<p>Prunus serotina Ehrh. Rosaceae Capulín. Arbórea</p>	<p>Crataegus mexicana Loudon Rosaceae Tejocote criollo. Arbórea</p>
		
<p>Alchemilla procumbens J. N. Rose Rosaceae Herbácea</p>	<p>Rosa canina L. Rosaceae Garambullo. Arbustiva</p>	<p>Rubus strigosus Michx. Rosaceae Frambuesa. Arbustiva</p>



Galium uncinulatum DC.
Rubiaceae
Herbácea



Smilax moranensis M. Martens &
Galeotti. Smilacaceae
Zarzaparrilla blanca. Herbácea



Jaltomata procumbens (Cav.) J.L.
Gentry. Solanaceae
Jaltomate. Herbácea



Physalis chenopodifolia Lam.
Solanaceae
Tomatillo. Herbácea

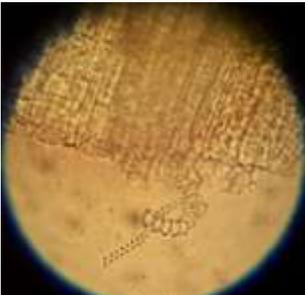


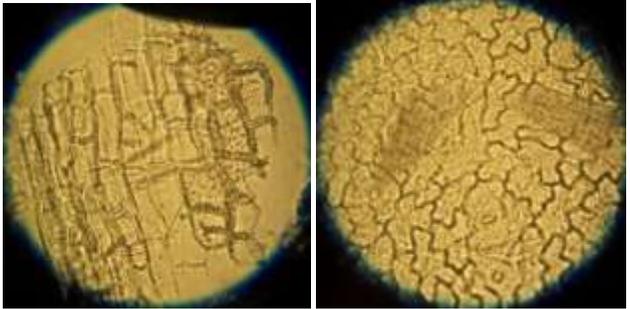
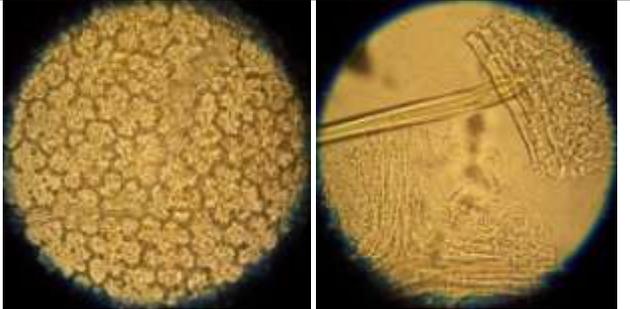
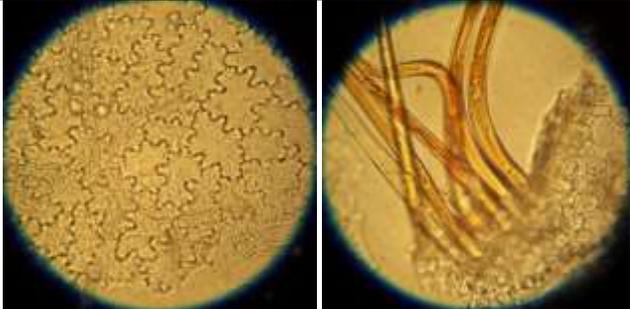
Cleyera sp.
Theaceae
Arbórea

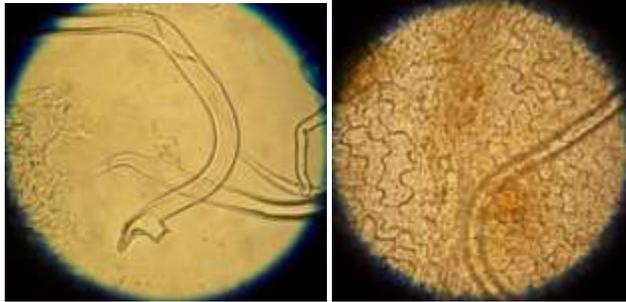
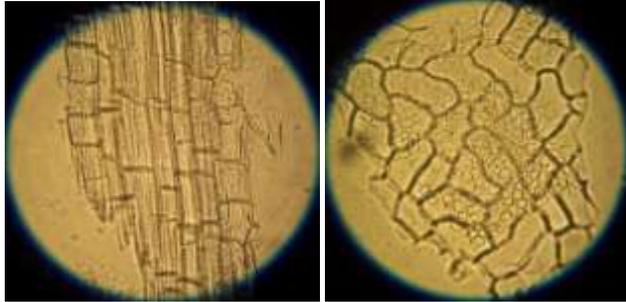
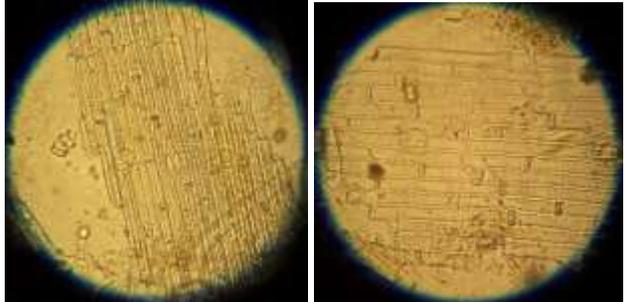


Verbena carolina L.
Verbenaceae
Verbena común. Herbácea

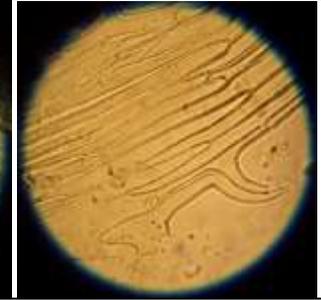
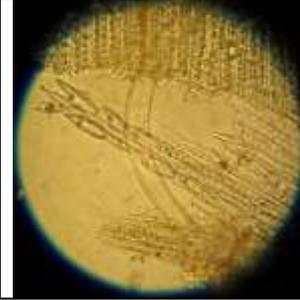
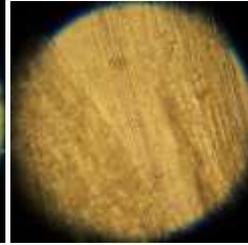
ANEXO III. GUÍA DE IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES EN TÉCNICA MICROHISTOLÓGICA

Especie e Imagen en campo	Características estructurales	Imagen en Microhistología (objetivo 40x)	
 <p data-bbox="296 662 632 695"><i>Cornus excelsa</i>; Frutilla, cornus</p>	<p data-bbox="730 367 1247 427">Muestra integrada principalmente por hojas y algunas puntas de tallo.</p> <p data-bbox="730 431 1247 524">Células <i>romboides</i> con estomas de mayor tamaño que estas células. Otro tipo celular de bordes <i>ondulados</i> y con vesículas redondas.</p> <p data-bbox="730 529 1247 621">Las más escasas son células <i>cuadradas</i>, que pueden tener "<i>roseta</i>" de inserción de tricomas con células <i>cuadrangulares largas</i>.</p> <p data-bbox="730 626 1247 719">Tricomas en forma de "T". Estructuras de conducción en arreglo de <i>espirales</i>, muy evidentes y bastante abundantes.</p>		
 <p data-bbox="296 1019 632 1052"><i>Crataegus mexicana</i>; Tejocote</p>	<p data-bbox="730 724 1066 751">Muestra compuesta por hojas.</p> <p data-bbox="730 756 1247 816">Células como "<i>manchas de jirafa</i>" chicas, contienen numerosos <i>estomas redondeados</i>.</p> <p data-bbox="730 821 1247 914">Se identifican áreas de inserción de tricomas como "<i>rosetas</i>". Las células contienen <i>cristales cúbicos</i> y <i>vesículas de almidones</i> (color rojizo o verde). La acumulación de almidones semeja una masa granular "<i>gelatinosa</i>".</p> <p data-bbox="730 919 1247 1076">En estructuras de conducción son células <i>cuadradas largas</i>, con "<i>rosetas</i>" de inserción y <i>cristales cúbicos</i>.</p>		
 <p data-bbox="296 1377 632 1409"><i>Garrya laurifolia</i>; hoja aguacate</p>	<p data-bbox="730 1081 1247 1141">Muestra principalmente compuesta por hojas y algunos raquis.</p> <p data-bbox="730 1146 1247 1271">Células <i>romboides</i> de 2 tamaños, pueden tener <i>vesículas de almidones</i>. Estas capas presentan los <i>estomas</i> que son del tamaño de las células grandes. Otro plano es de células <i>redondas</i>.</p> <p data-bbox="730 1276 1073 1304">También hay células <i>alargadas</i>.</p>		

	<p>Muestra integrada por hojas y tallos delgados. Células <i>onduladas de bordes gruesos</i>, y otras como "<i>manchas de jirafa</i>" grandes que contienen conjuntos de <i>vesículas de almidones</i>. Los <i>estomas</i> son más grandes que las células romboides y se ubican en las capas de éstas y de las tipo "<i>manchas</i>". Células <i>cuadradas y alargadas</i> muy escasas. Pueden tener vesículas muy pequeñas. Ocasionalmente, se observan haces de <i>crisales en forma de aguja</i>.</p>	
	<p>Muestra integrada por hojas y puntas de tallo. Células <i>onduladas</i> y como "<i>manchas de jirafa</i>". Entre ambos tipos se pueden encontrar <i>estomas</i>: son <i>muy redondos</i>. Se observa otro tipo celular <i>ondulado con bordes gruesos, "semejante a flores"</i>, es el tipo más abundante. Pueden tener vesículas de almidones. Hay células <i>cuadradas grandes y alargadas</i> con paredes discontinuas. <i>Tricomas</i> grandes con médula color dorado. Se insertan aparentemente en células cuadradas.</p>	
	<p>En la molienda se separaron muchas <i>nervaduras</i>. Células <i>onduladas</i> con bordes profundos como "<i>piezas de rompecabezas</i>", algunas más anchas y otras alargadas. En estas capas se ubican los <i>estomas</i>. Otro tipo celular es de forma <i>romboide</i>, pueden tener vesículas de almidones. Pueden ser de dos tamaños y en las más chicas abundan los <i>estomas</i>. Células <i>redondas</i> debajo de las romboides. <i>Estomas</i> redondos con <i>células adyacentes estriadas</i>. Puede haber <i>tricomas</i> sueltos.</p>	

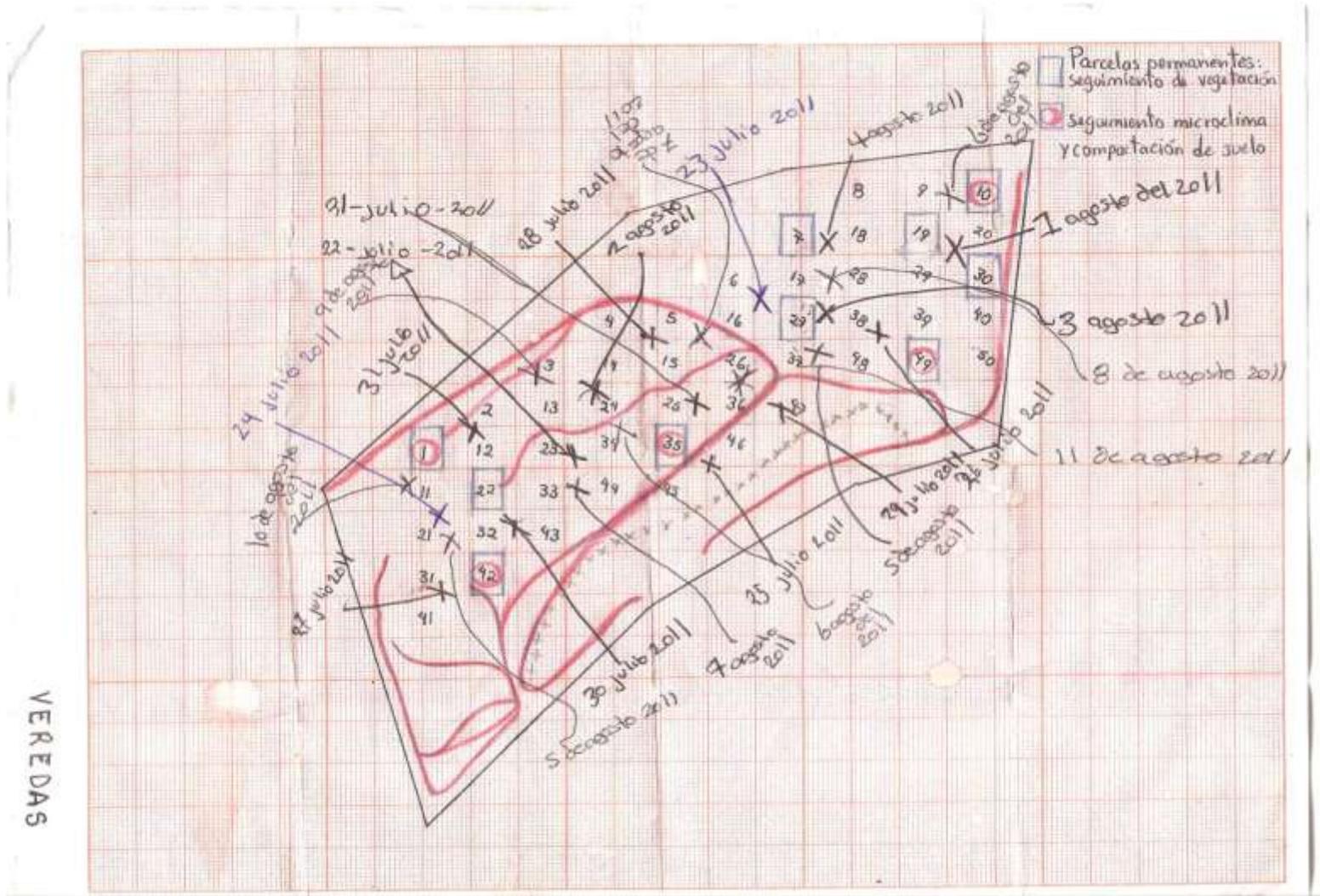
	<p>Muestra de hojas y puntas de tallo. Se separa mucha “pelusa” durante la molienda. Células onduladas o lobuladas con microvesículas. En esta capa se observan los estomas, que son alargados. Hay otro estrato con células redondas grandes. Células cuadradas alargadas y otras con forma de manchas de jirafa. Muchos tricomas sueltos transparentes o huecos, muy evidentes y grandes, con base de forma pedunculada.</p>	
	<p>Muestra incluyó hojas, partes de tallos y frutos con semillas. Células como “manchas de jirafa” chicas y grandes, con múltiples vesículas de almidones. También hay células onduladas. En ambos tipos se pueden encontrar estomas, que son de forma alargada. Células cuadradas con cristales y microvesículas; ocasionalmente tienen estomas. Pueden observarse otras células alargadas redondeadas. Se observan cristales cúbicos y en drusas en las estructuras de conducción.</p>	
	<p>Las células son alargadas con paredes de bordes ondulados o discontinuos y lisos. Los estomas se distribuyen en filas paralelas.</p>	
<p>Gramíneas: se identificaron 4 spp en la parcela experimental</p>		

Otras especies: características diversas



Observaciones realizadas con objetivo 40x (Embarcadero y Améndola, 2010).

ANEXO IV. CROQUIS DE LA PARCELA EXPERIMENTAL: REGISTRO DEL PASTOR



ANEXO V. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS OVINOS LOCALES Y EL SISTEMA SILVOPASTORIL ESTACIONAL

Atributo	Sistema mixto	Sistema confinado	Sistema silvopastoril
Rebaño	Cantidad variable: 10-30 borregos	Cantidad variable: disponibilidad de espacio	En función de la carga animal para el bosque
Tipo de animales	Criollos, cruzas locales	Razas mejoradas, criollos	Adaptados a pastoreo (criollos)
Edad de animales	Variable	Homogénea (lote de raza mejorada); puede ser variable en rebaños criollos	Se recomienda un rebaño de edad homogénea.
Desparasitación	A anual	A anual	Al iniciar silvopastoreo
Registros	Ausentes. Apreciación visual	Ausentes a muy generales	Recomendado. Se obtiene información sobre la respuesta del bosque y el comportamiento del rebaño
Alimentación	En pastoreo diurno	En pesebre	Silvopastoreo en bosque
Tipo de dieta	Selección hecha por el rebaño; compuesta por especies herbáceas, principalmente gramíneas.	Formulada con alimento comercial, grano de maíz y fuentes de fibra (rastrajo, cascarilla de trigo)	Selección hecha por el rebaño; compuesta por especies herbáceas y arbustivas, así como frutos de arbóreas.
Supervisión de dieta	Mínima	Frecuente. Seguir la fórmula recomendada	
Complemento	Ausente	Ingrediente de la dieta: fuentes de fibra	Recomendado: energético y/o mineral
Instalaciones	Corral de encierro	Corral permanente	Corral de encierro
Tipo de materiales	Postes de madera o tronco, malla, tablonés u otros materiales. Construcción rústica o improvisada	Postes fijos, de madera o concreto, al menos un muro sólido, rejas y otras paredes con materiales y acabados más resistentes	Materiales de elección. Lo más importante es ubicar la instalación cercana al área de silvopastoreo. Recomendable diseño resistente que facilite la limpieza y favorezca la ventilación
Mano de obra	Familiar, o bien con pastor externo	Familiar	Familiar o con pastor externo
Capacitación requerida	Empírica	Empírica	Empirismo local es muy útil, vinculando saberes del manejo de rebaño con conocimiento del bosque. Se complementa con aprendizaje sobre manejo estacional y elaboración de registros.

Caracterización de los sistemas ovinos locales y el sistema silvopastoril estacional, continúa...

Atributo	Sistema mixto	Sistema confinado	Sistema silvopastoril
Manejo rutinario	Se realiza pastoreo diurno en dos periodos al día, con encierro nocturno hasta el día siguiente. Agua disponible en el intervalo entre pastoreo, al llegar al corral.	El rebaño se estabula todo el tiempo. Alimento y agua se ofrecen en el corral.	Silvopastoreo diurno en dos períodos al día, con encierro nocturno. Agua disponible al salir del bosque y en el corral.
Duración del ciclo productivo	Continuo, con reproducción estacional anual	Continuo, con dos ciclos reproductivos	Estacional, en época de lluvias. Como complemento al pastoreo tradicional
Medicina preventiva	Ocasional	Ocasional	Control de parásitos y aplicación de vitaminas
Calendario reproductivo	Empírico estacional anual	Empírico a partir de recomendaciones previas con razas mejoradas sin marcada estacionalidad	No aplica, es un ciclo de engorda.
Reemplazos	Ocasional a criterio o necesidad del propietario (más de un año sin reemplazos)	Principalmente para el semental. Con raza mejorada siguen recomendaciones en combinación con su experiencia	El lote completo se renueva cada año: después de cada ciclo de silvopastoreo, todo el lote se vende y uno nuevo se introducirá al año siguiente
Insumos	Animales nuevos, pago al pastor	Alimento; animales cada 2-3 años	Lote anual
Animales	Los contados reemplazos que considere el productor	Reemplazos para semental (evitar consanguinidad) y hembras (conservar fertilidad)	Se adquiere el lote completo cada año para un nuevo ciclo de silvopastoreo
Alimento	Forraje en época seca y fría (ocasional)	Alimento comercial, grano, salvado	Complemento energético o mineral
Otros	Pago a pastor	Servicios veterinarios	Fármacos desparasitantes
Productos	Animales para abasto, carne	Animales para abasto y pie de cría; carne	Animales para abasto, carne
Mercado	Local, acopiadores foráneos (oportunidad)	Local, acopiadores foráneos (oportunidad)	Local