



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO



DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA, INVESTIGACIÓN Y SERVICIO EN
SUELOS

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL
DESARROLLO SOSTENIBLE

**EFFECTO DEL SILVOPASTOREO CON OVINOS EN LOS
BRINZALES DE *Abies hickelii***

Que como requisito parcial para obtener el grado de
Maestro en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible

PRESENTA
MARISELA APARICIO LECHUGA

Bajo la supervisión de
Dr. Alejandro Lara Bueno



CHAPINGO, TEXCOCO EDO. DE MÉXICO. JUNIO 2016

**EFFECTO DEL SILVOPASTOREO CON OVINOS EN LOS BRINZALES
DE *Abies hickelii***

Tesis realizada por Marisela Aparicio Lechuga bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

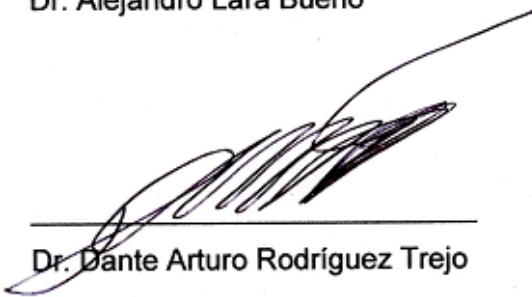
**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL DESARROLLO
SOSTENIBLE**

DIRECTOR:



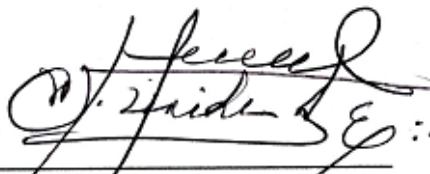
Dr. Alejandro Lara Bueno

CO-DIRECTOR:



Dr. Dante Arturo Rodríguez Trejo

ASESOR:



Dr. Miguel Uribe Gómez

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Los bosques de <i>A. hickelii</i>	4
2.1.1 Composición botánica	5
2.1.2 Factores antropogénicos que afectan la pérdida de biodiversidad del bosque	6
2.2 Uso sostenible de la tierra con los sistemas silvopastoriles	7
2.2.1 Interacciones de los sistemas silvopastoriles	8
2.2.2 El silvopastoreo en bosque de coníferas.....	10
2.2.3 Pastoreo y regeneración arbórea	10
3. OBJETIVOS.....	12
3.1 Objetivos generales:.....	12
3.2 Objetivos particulares:	12
4. HIPÓTESIS	12
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
5.1 Descripción del área de estudio	13
5.2 Diseño experimental de parcelas de pastoreo	14
5.3 Medición de densidad de regeneración.....	15
5.4 Trasplante de <i>A. hickelii</i>	16
5.5 Composición florística	17
5.6 Sistema de pastoreo.....	19
5.7. Impacto a la vegetación.....	20
5.7.1 Efecto del silvopastoreo con ovinos en los brinzales de <i>A. hickelii</i>	20

5.7.2 Evaluación de la selectividad de los ovinos en las plantas forrajeras del bosque de <i>A. hickelii</i>	22
5.7.3 Cobertura vegetal.....	22
5.8 Análisis de semilla de <i>A. hickelii</i>	23
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
6.1 Evaluación del sistema silvopastoril	26
6.1.1 Diversidad vegetal.....	26
6.1.2 Cobertura de especies	27
6.1.3 Selectividad de especies forrajeras por los ovinos.....	30
6.1.4 Mordisqueo y mortalidad	33
6.1.5 Incremento en altura de <i>A. hickelii</i>	36
6.1.6 Ganancia de peso de los animales	37
6.2 Análisis de las semillas de <i>A. hickelii</i>	40
7. CONCLUSIONES	42
8. FUENTES CONSULTADAS	43
9. ANEXOS.....	47

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Número de especies inicial y final por parcela de regeneración natural sin pastoreo (RSP) y con pastoreo (RCP), trasplante sin pastoreo (TSP) y con pastoreo (TCP).....	26
Cuadro 2. Porcentaje de cobertura en bosque de <i>Abies hickelii</i> con regeneración natural sin pastoreo (RSP), regeneración natural con pastoreo (RCP), con trasplante sin pastoreo (TSP) y trasplante con pastoreo (TCP).....	27
Cuadro 3. Especies con mayor cobertura vegetal en la parcela de regeneración natural sin pastoreo (RNSP) y regeneración natural con pastoreo (RNCP).	28
Cuadro 4. Especies con mayor cobertura vegetal en las parcelas de trasplante sin pastoreo (TSP) y trasplante con pastoreo (TCP).....	29
Cuadro5. Etograma aplicado a los ovinos en pastoreo en las parcelas de regeneración con pastoreo y trasplante con pastoreo. (mordisqueo: 1-4 nivel de preferencia, 1 como el más preferido).	31
Cuadro 6. Número de yemas para la parcela de regeneración natural sin pastoreo (RSP) y con pastoreo (RCP), trasplante sin pastoreo (TSP) y con pastoreo (TCP).....	34
Cuadro 7. Comparación de medias con $P < 0.05$ para las parcelas de regeneración sin pastoreo (RSP), regeneración con pastoreo (RCP), trasplante sin pastoreo (TSP) y trasplante con pastoreo (TCP).	34
Cuadro 8. Supervivencia de <i>Abies hickelii</i> con regeneración natural sin pastoreo (RSP), regeneración natural con pastoreo (RCP), con trasplante sin pastoreo (TSP) y trasplante con pastoreo (TCP).....	35

Cuadro 9. Incremento en altura (cm) para las parcelas de regeneración natural sin pastoreo (RSP) y con pastoreo (RCP), parcelas de trasplante sin pastoreo (TSP) y con pastoreo (TCP)	36
Cuadro 10. Altura media para las parcelas de regeneración natural sin pastoreo (RSP) y con pastoreo (RCP), parcelas de trasplante sin pastoreo (TSP) y con pastoreo (TCP).....	37
Cuadro 11. Ganancia de peso total de los ovinos pastoreando en bosque de <i>Abies hickelii</i> con regeneración natural sin pastoreo (RSP), regeneración natural con pastoreo (RCP), trasplante sin pastoreo (TSP) y trasplante con pastoreo (TCP).....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Calendario fenológico de <i>Abies hickelii</i> en el Pico de Orizaba, Veracruz (Ávila, 2000).	5
Figura 2. Municipio de Calcahualco, Veracruz (INEGI, 2010).....	13
Figura 3. Parcelas de tratamientos de regeneración natural (a) y trasplante (b).	14
Figura 4. Diseño de unidades de muestreo para estimar regeneración de brinzales de <i>A hickelii</i>	16
Figura 5. Planta de <i>A. hickelii</i> trasplantadas en las parcelas del bloque b.....	17
Figura 6. Trazo de la línea Canfield sobre el terreno.	18
Figura 7. Individuos pastando en el área experimental.....	20
Figura 8. Identificación de brinzales para evaluar el impacto de los ovinos sobre <i>A. hickelii</i>	21
Figura 9. Emisión de rebrotes de <i>A. hickelii</i> posterior al mordisqueo de los borregos.	33
Figura 10. Sobrevivencia de los brinzales medida al final del experimento en las parcelas con regeneración natural sin pastoreo (RSP), regeneración natural con pastoreo (RCP), con trasplante sin pastoreo (TSP) y trasplante con pastoreo (TCP).	35
Figura 11. Ganancia de peso total de los animales. (1-A, 2-A y 3-A: rebaño azul; 1-N, 2-N y 3-N: rebaño naranja; 1-R, 2-R y 3-R: rebaño rosa)	39
Figura 12. Ganancia de peso de los animales (□) por periodo de pastoreo y parcela de RCP (regeneración con pastoreo) y TCP (trasplante con pastoreo)	40
Figura 13. a: semilla con ala, b: corte transversal de la semilla.	41

DEDICATORIA

A mis hijas, Alondra y Julieta, por ser ellas el motor de mi vida. Las amo.

A mi amado esposo Antonio, por todo el apoyo recibido en este trayecto. Te amo.

A mi familia con todo mi amor, gracias mamá.

“Mi padre me dio el mayor regalo que cualquier persona podría darle a otra persona: creía en mí”

Jim Valvano

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma máter, la Universidad Autónoma Chapingo por darme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente.

A los miembros del comité por sus valiosas aportaciones y todo el apoyo en el desarrollo de este trabajo, muchas gracias por todo su tiempo.

Al Parque Nacional Pico de Orizaba, en especial al Biólogo Armando Elesvan quien amablemente recibió la propuesta de investigación, gracias por su amistad y el apoyo económico.

Al pueblo de México, porque gracias a él recibí una beca a través de CONACyT para financiar mis estudios.

DATOS BIBLIOGRÁFICOS



Datos personales

Nombre: Marisela Aparicio Lechuga

Fecha de nacimiento: 02 de noviembre de 1986

Lugar de nacimiento: Pahuatlán de Valle, Puebla, México.

CURP: AALM861102MPLPCR07

Profesión: Ingeniero en Restauración Forestal

Cédula profesional: 08700493

Desarrollo académico

Bachillerato: Preparatoria Agrícola

Licenciatura: Universidad Autónoma Chapingo

“Efecto del silvopastoreo con ovinos en los brinzales de *Abies hickelii*”

“Effect of silvopastoral system with sheep in *Abies hickelii* saplings”

RESUMEN

El presente estudio se realizó en Vaquería, Municipio de Calcahualco, Veracruz, en los terrenos colindantes al Parque Nacional Pico de Orizaba. El objetivo de la investigación fue evaluar el impacto del pastoreo de ovinos en los brinzales de *Abies hickelii*. Para ello, se establecieron dos parcelas experimentales, una con regeneración natural y otra con reforestación. Cada parcela fue dividida en seis subparcelas, tres para pastoreo y tres como testigo. Se utilizaron tres rebaños de tres borregos cada uno, que estuvieron pastando durante cuatro meses y medio en las parcelas experimentales. Las variables a evaluar fueron: composición florística y cobertura vegetal (mediante línea Canfield), incremento en altura del oyamel, número de yemas mordisqueadas, mortalidad de árboles y peso de los animales. El impacto sobre la cobertura vegetal fue significativo ($p < 0.05$), ya que ésta se redujo de un 80% a un 30% en la parcela de regeneración natural, si bien el comportamiento en la parcela de trasplante fue similar. En cuanto a la composición florística también hubo disminución de especies. Respecto al efecto sobre el oyamel, la sobrevivencia fue mayor a 80% y ninguno de los individuos muertos mostró daño físico. Con relación al peso de los animales todos evolucionaron positivamente pero de forma muy variable, con una media de 6.7 kg. El efecto de los ovinos sobre los brinzales es bajo, aun cuando la densidad de los mismos sea alta.

Palabras clave: silvopastoril, ovinos, *Abies hickelii*, supervivencia, cobertura vegetal.

Tesis de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible.
Universidad Autónoma Chapingo
Autor: Aparicio-Lechuga Marisela
Director de Tesis: Lara-Bueno Alejandro

ABSTRACT

This research was carried out in Vaqueria, Calcahualco Municipality, Veracruz, in land adjacent to Pico de Orizaba National Park. The objective of the research was to evaluate the impact of sheep grazing on *Abies hickelii* saplings. Two experimental plots were established, one with natural regeneration and the other with reforestation. Each plot was divided into six subplots, three for grazing and three as control. Three flocks of three sheep each grazed for four and a half months in the experimental plots. The variables evaluated were: floristic composition and vegetation cover (by Canfield line), increased height, number of buds gnawed, sapling mortality and animal weight. The impact on vegetation cover was significant ($p < 0.05$) as it fell from 80% to 30% in the natural regeneration plot, although the behavior in the transplant plot was similar. Regarding the floristic composition there was also a decrease in the number of species. As for the effect on the sacred fir, survival was greater than 80% and none of the dead saplings showed physical damage. Relative to animal weight, all developed positively but in a highly variable way, with an average of 6.7 kg. The effect of the sheep on the saplings was low in the two treatments and mortality was due to natural causes.

Keywords: silvopastoral, sheep, *Abies hickelii*, mortality, vegetation cover.

Thesis of Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible.
Universidad Autónoma Chapingo
Author: Aparicio-Lechuga Marisela
Advisor: Lara-Bueno Alejandro

1. INTRODUCCIÓN

México es un país mega-diverso donde se concentran aproximadamente 25,000 especies de plantas, muchas de ellas endémicas; pero esta biodiversidad se ve amenazada principalmente por procesos antropogénicos, lo que ha llevado a que 261 especies de plantas se encuentren con alguna categoría de riesgo (Luna *et al.*, 2011).

En el Parque Nacional Pico de Orizaba y sus zonas de influencia se distribuye *Abies hickelii* que se restringe a la parte sur y sureste del país (Rzedowski, 1978); especie endémica que, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana de Especies en Riesgo, NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2011), está en peligro de extinción, mientras que la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (2012) la cataloga como una especie de oyamel en peligro.

En el Parque Nacional Pico de Orizaba, Blanco y Romero (1989) realizaron la descripción de la vegetación; posteriormente, Ávila (1992) estudió la estructura del bosque de oyamel y su relación con factores ambientales físicos y antropogénicos en tres gradientes altitudinales, donde observó que las áreas con menor gradiente y que están cerca de los poblados, presentaron menor densidad de arbolado y la aparición de nuevas especies por la apertura del dosel. Ramírez (1994) realizó un trabajo sobre la producción ovina.

Posteriormente, Ávila (2000) en su trabajo de ecología poblacional de *A. hickelii* destaca la incidencia de los incendios forestales sobre los estadios jóvenes de la especie, lo que llevó a que las áreas donde se realiza pastoreo no se encuentren brinzales, y aunque en las partes más altas del parque si se encontró regeneración y árboles adultos en estado reproductivo, el estudio proyectó que la cosecha excesiva de los individuos jóvenes o adultos maduros

afectará la capacidad de crecimiento y recuperación del bosque. Cabe mencionar que en las recomendaciones, este mismo autor, indica la necesidad de establecer sistemas agroforestales que ayuden a la subsistencia de los campesinos del área, manteniendo claros dentro del bosque para asegurar el establecimiento de la repoblación de la especie arbórea.

Un año después, Ávila y López (2001) publicaron un estudio sobre la distribución y análisis estructural en el que describen la diversidad vegetal dentro de los bosques de *A. hickelii*, la importancia de la especie por las asociaciones vegetales que se presentan dependiendo del gradiente altitudinal, y destaca la necesidad de capacitar a los pobladores para que hagan uso del bosque de manera sostenible.

Los estudios más actuales que se han hecho en la zona son sobre la detección del cambio de uso de suelo en el área de influencia del Pico de Orizaba. En este sentido, Villegas *et al.* (2011) destacan que durante el periodo 2003-2007 se perdieron 190.4 ha de vegetación forestal y fueron transformadas a zonas de pastizal y áreas agrícolas, y que del 2007 al 2011 se transformaron 73 ha como efecto de los incendios. Sin embargo las principales causas del cambio son por la extracción ilegal de especies maderables, incendios forestales y actividades agropecuarias. Aunque en las conclusiones de ese trabajo se indica que la tasa de transformación es baja (0.1 a 1.3%), se debe tomar en cuenta que el número de hectáreas transformadas es alto y que al ser una especie en peligro de extinción, la disminución de la población de *A. hickelii* (por causas antropogénicas) es motivo de alerta.

Al analizar la información generada desde el 2000 al 2013 se tiene una idea clara de la falta de investigaciones sobre sistemas agroforestales dentro del área, específicamente de los sistemas silvopastoriles (por la tasa de cambio a favor de pastizales) que se fundamentan en los beneficios mutuos que las

especies arbóreas pueden aportar a la producción animal o forrajera y viceversa. Aunque en México existen sistemas silvopastoriles con ovinos, la mayoría son en regiones tropicales y subtropicales, y pocos se han hecho en regiones templadas como bosques de encino (Torres, 2008), bosque mesófilo de montaña (Quinto *et al.*, 2009) y bosque de pino-encino (Ramírez, 2012).

Ante esta problemática, surge la necesidad de analizar el impacto que sobre el bosque de *A. hickelii* tendría un sistema silvopastoril tradicional, dado el cambio de uso de suelo a favor de la presencia de pastizales y zonas agrícolas para medir el daño que se tiene cuando se hace este tipo de uso del bosque; y con la presente investigación se entendería mejor uno de los factores de riesgo en el parque como lo es el pastoreo, ya que la especie en cuestión permanece en riesgo constante de desaparecer puesto que el decreto de Parque Nacional Pico de Orizaba (como área protegida) no ha sido suficiente para mitigar las presiones que se tienen sobre el bosque.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Los bosques de *A. hickelii*

Los bosques de *A. hickelii* son parte de los bosques de coníferas, de acuerdo con la clasificación de Rzedowski (2006), específicamente forman el bosque de abeto (Miranda y Hernández, 1963), donde la temperatura media oscila alrededor de 9.3 °C, precipitación de 1968 mm anuales, sobre suelos de origen volcánico con pH arriba de 4.5 (Ávila, 2011). Estos bosques están confinados a los sitios de montaña, arriba de los 2400 msnm, donde prevalece poca insolación y condiciones de elevada humedad.

En el estrato superior dominan los árboles de alturas que van de los 20 a 40 m, con copas de forma triangular que tienen a cerrar el dosel y la presencia de herbáceas y epífitas suele ser menor que en otros tipos de vegetación (Rzedowski, 1978).

Ávila (2011) señala que en el Parque Nacional Pico de Orizaba está bien representado el bosque de *A. hickelii*, la superficie que cubren es aproximadamente de 362 ha (Ávila, 1987), pero tiende a confinarse hacia las zonas más accidentadas ya que ha sido desplazada por cultivos de papa y haba.

El calendario fenológico de *A. hickelii* es tomado del estudio que realizó Ávila (2000) en el Pico de Orizaba, que muestra con claridad cada una de las fases fenológicas de la especie (Figura 1).

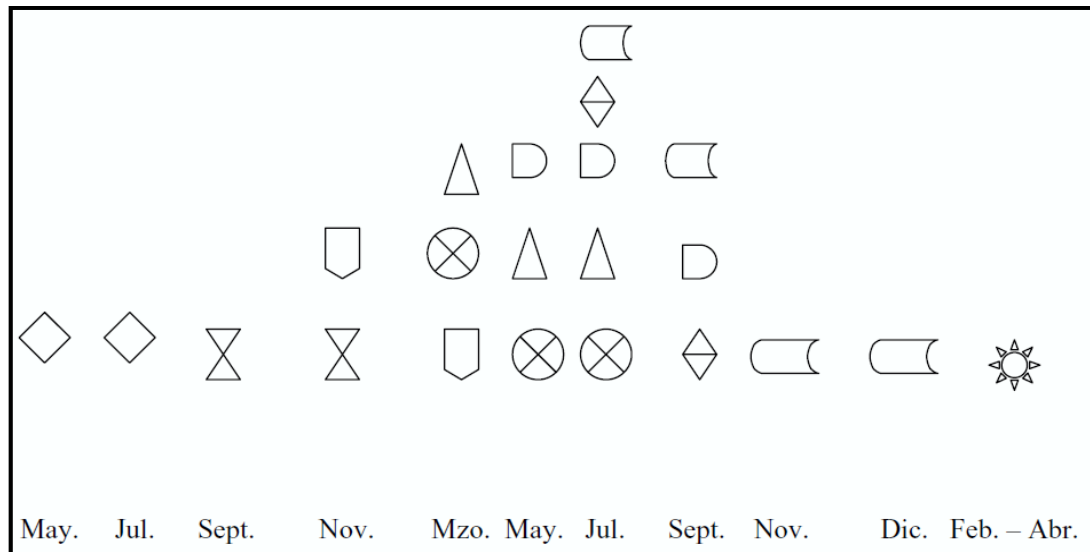
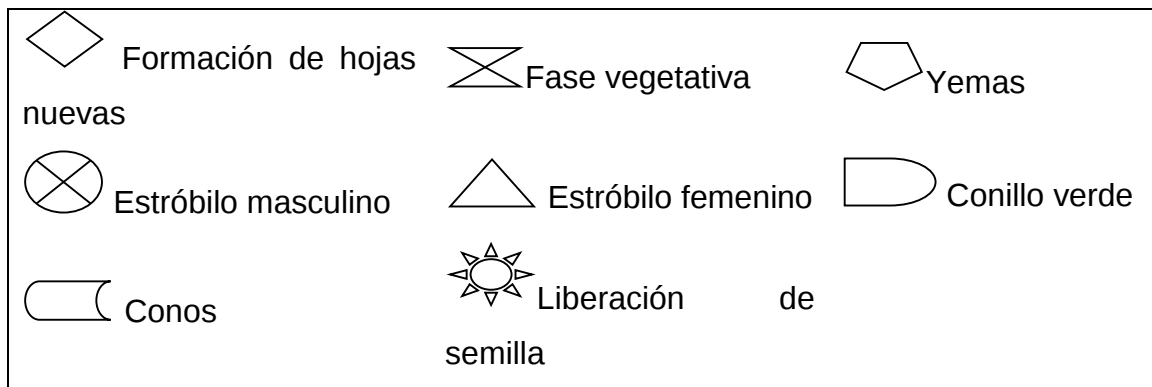


Figura 1. Calendario fenológico de *Abies hickelii* en el Pico de Orizaba, Veracruz (Ávila, 2000).



2.1.1 Composición botánica

La estructura del bosque de oyamel en el Pico de Orizaba presenta cinco estratos: rasante, herbáceo, arbustivo, arbóreo inferior y arbóreo superior.

Entre los 3000 y 3600 msnm, la fisonomía está conformada por *A. hickelii*, *A. religiosa*, *Pinus pseudostrobus*, *P. patula*, *Arbutus xalapensis*, *Alnus firmifolia*, *Salix oxylepis*, *Sambucus mexicana* y *Quercus spp.* En cuanto a los estratos herbáceos y rasante, las familias mejor representadas son *Asteraceae*, *Rosaceae* y *Ericaceae* (Ávila 2001, 2011).

2.1.2 Factores antropogénicos que afectan la pérdida de biodiversidad del bosque

La agricultura es uno de los factores que más avanza en detrimento del área boscosa (Villegas *et al.*, 2011), y el cultivo más importante que se practica en la región aledaña al bosque de oyamel es el de la papa (*Solanum tuberosum*) en altitudes que van de los 2800 a 3200 msnm. Las prácticas de cultivo de la papa se realizan de forma rústica, con el uso de azadón y tracción animal, a través de la rotación simple; la cosecha se realiza entre agosto y septiembre y se deja descansar la tierra para en seguida sembrar cebada o avena forrajera (Ávila, 2011).

Es importante resaltar que los pobladores suelen dejar algunos árboles de *Pinus* y *A. hickelii*, como práctica tradicional, pero cuando realizan la poda de estos individuos para dejar pasar luz solar, ésta normalmente es excesiva por lo que los árboles se ven dañados y deformados (Ávila, 1996).

La ganadería también es muy importante para los habitantes de esas zonas; algunos productores manejan hatos mixtos de ganado bovino, ovino y caprino, a los que dejan pastar libremente en el bosque de acuerdo a lo que observe el pastor. Sin embargo, la palatabilidad aparente que muestran los animales por el muérdago verdadero (*Phoradendron sp.*) es muy interesante, ya que no hay necesidad de ofrecerlo, sino que lo aprovechan cuando es podado de *Alnus*. o de *Pinus*. (Ávila, 2011).

Esta actividad puede tener ventajas, como el aprovechamiento de áreas donde no se puede realizar agricultura y proveer abono al suelo. Sin embargo, al dejar pastar libremente a los animales, hay un efecto sobre el suelo y los individuos jóvenes del bosque, por lo que se debe considerar la carga animal por superficie si se quiere hacer un uso sustentable del bosque (Ávila, 2011).

El cambio de uso de suelo a favor de pastizales con el uso del fuego de forma irracional también es una práctica común que provoca el deterioro del bosque, ya que de esta manera se estimula el crecimiento de los pastos y se elimina de manera rápida a la vegetación presente. Villegas *et al.* (2011) refiere que durante el periodo de 2003-2011, el cambio de uso de suelo a favor de bosques de pino, pastizal y zonas agrícolas fue de 752 ha. Resalta la incidencia de incendios forestales que dañan seriamente a los individuos jóvenes de *A. hickelii*, lo cual ocurre mayormente en las zonas donde se realiza pastoreo. Como consecuencia, no se encontraron árboles jóvenes; sólo en las partes más altas del parque fue donde se observó regeneración y árboles adultos en estado reproductivo (Ávila, 2000).

2.2 Uso sostenible de la tierra con los sistemas silvopastoriles

La agroforestería es concebida como una práctica que sintetiza los conocimientos y habilidades para un manejo múltiple de recursos y servicios, con propósitos ecológicos, técnicos, económicos y sociales (Navarro *et al.*, 2012); además de los productos esperados por cosecha de los cultivos a través del establecimiento de árboles se obtienen leña, carbón, alimento, forrajes y otros productos; se da empleo a más integrantes de la familia, con lo que se diversifican las fuentes de ingreso (Gutiérrez y Fierro, 2006), aumenta la estabilidad económica y disminuye riesgos de deterioro del suelo e incidencia de plagas o enfermedades (Mendieta y Rocha, 2007).

Los sistemas agroforestales tienen gran capacidad de absorción de nutrientes del suelo y reciclaje de los mismos (Mendieta y Rocha, 2007) y resultan una herramienta promisorio para mejorar el bienestar de la población rural, además de promover la conservación de los ecosistemas, los sistemas agroforestales ayudan a reducir la deforestación, lo que disminuye la degradación de cuencas y aporta nutrientes de múltiples productos. Además se puede obtener alimento,

forraje, madera, combustibles, recarga de acuíferos y sumideros de carbono, entre otros beneficios, en el mismo terreno (Navarro *et al.*, 2012).

El mantenimiento y manejo de la biodiversidad en sistemas de producción agroforestal se logra por el efecto de combinar varias acciones; en consecuencia, se tiene una diversidad florística al incluir diferentes especies de formas de vida (árboles, arbustos, herbáceas y pastos, además de animales domésticos), también se hace la inclusión de especies vegetales nativas que favorecen la presencia de vida silvestre (Crespo, 2008). Otro beneficio es la protección del suelo durante todo el año por la cobertura de los árboles y perennes (CATIE, 2009), así como la creación de micro hábitats por la presencia de árboles muertos, troncos de árboles caídos y desechos de hojas (Gutiérrez y Fierro, 2006).

El silvopastoreo es una práctica agroforestal como opción de producción pecuaria en donde las leñosas interactúan con los componentes tradicionales como hierbas forrajeras y animales bajo un manejo integral (Mahecha, 2002). Los árboles pueden ser plantados con diversos propósitos de aprovechamiento como apoyo específico a la producción animal.

2.2.1 Interacciones de los sistemas silvopastoriles

La utilización de los componentes de un sistema agroforestal está determinada por las interacciones entre ellos, a menudo establecida por la influencia del estrato arbóreo sobre los demás componentes, lo que se ve reflejado en términos de fertilidad del suelo, microclima, incidencia de plagas y enfermedades, adicional a los efectos alelopáticos (Rao *et al.*, 1997).

La incorporación de especies leñosas perennes en los sistemas ganaderos tradicionales incrementa la fertilidad del suelo, mejoran su estructura y

disminuyen la erosión, reciclan nutrientes y fijan microelementos; además de favorecer el desarrollo de microfauna. La presencia de árboles afecta la dinámica del agua ya que actúan como barreras contra la escorrentía, reducen el impacto de las gotas que llegan al suelo, incrementan la infiltración y retienen agua. Otros efectos positivos son que ayudan a mejorar la calidad de la dieta de los animales y por tanto pueden disminuir las emisiones de metano de los bovinos (Mahecha, 2002).

Con relación a los beneficios hacia los animales, los árboles en los potreros contribuyen a la regulación del estrés climático, ya que bajo su sombra la temperatura puede ser 2 o 3 °C menor que en espacio abierto, lo cual reduce la carga calórica de los animales y se incrementa la productividad animal, porque pueden dedicar más tiempo a pastorear y rumiar; disminuyen los requerimientos de agua, incrementan la conversión alimenticia, la ganancia de peso y la producción de leche (Ibrahim y Harvey, 2003). También, muchos de los árboles forman parte del suministro de forraje para los animales, importante sobre todo épocas secas, mientras que los animales son los dispersores de semillas de las plantas consumidas.

En áreas frías, las especies leñosas son importantes por la protección que ofrecen contra el viento, aunque los beneficios de fijación de nitrógeno, eficiencia del uso de nutrientes, y control de la erosión son generados en cualquier sistema silvopastoril, sea en zonas cálidas, semiáridas, templadas frías.

Sin embargo, también se puede tener algunas desventajas en los sistemas silvopastoriles, como el menor crecimiento de las pasturas por efecto de la sombra de los árboles, efectos alelopáticos que impiden la germinación, crecimiento o sobrevivencia de otras especies; los árboles pueden presentar

metabolitos secundarios como taninos que hacen menos digestible el follaje disponible como alimento para el ganado (SAGARPA, 2007).

2.2.2 El silvopastoreo en bosque de coníferas

El establecimiento de los sistemas silvopastoriles se ha llevado de manera más intensa en las zonas tropicales, áridas o templadas, pero en las regiones con clima frío son pocas las experiencias que se tienen.

Uno de los trabajos fue realizado en Colombia, donde establecieron *Pennisetum clandestinum* (pasto kikuyo), asociado con *Acacia decurrens* para evaluar la producción de leche y crecimiento del pasto en diferentes densidades. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas (Giraldo y Bolívar, 2006) en el desarrollo del pasto y tampoco en la producción de leche. Asimismo, en la región andina de Colombia, específicamente en los municipios de Málaga y Concepción, se establecieron praderas con *Pennisetum clandestinum*, *Holcus lannatus*, *Trifolium repens* y *T. pratense*, y especies arbóreas como *Acacia melanoxylum* y *A. decurrens*. Los resultados en relación al suelo, mostraron que tienden a neutralizar su pH, y el contenido de materia orgánica se incrementó. Las ganancias de peso vivo por animal no mostraron diferencias significativas, y tampoco se observó una tendencia de aumento con relación a la densidad de *A. decurrens* (Jiménez *et al.*, 2003).

2.2.3 Pastoreo y regeneración arbórea

La disponibilidad y palatabilidad del forraje afecta el nivel de daño de los animales sobre la regeneración arbórea. Simón *et al.* (1997) observaron que las áreas donde se tenía pasto acumulado el nivel de daño sobre los árboles jóvenes fue menor respecto a las áreas donde el pasto había sido cortado, esto para ganado vacuno.

Ratliff y Denton (1995) se manifiesta que en *Pinus ponderosa*, la densidad de árboles por hectárea también influye sobre la cantidad de individuos dañados, ya que a altas densidades se tiene un daño mayor, pero si las densidades están por debajo de los 1200 árboles por hectárea, y además se tienen un buen suministro de agua, el daño que los animales ejercen sobre la regeneración es prácticamente insignificante.

No obstante, el pastoreo también tiene efectos positivos sobre la regeneración arbórea al ir eliminando plantas competidoras, lo que favorece un crecimiento más acelerado de los árboles en comparación con aquellas zonas donde no hay pastoreo y no se está eliminando la competencia (Ratliff y Denton, 1995); también se disminuye el riesgo de incendios severos al tener controlada la carga de material combustible.

Empero, se ha observado que el ganado bovino puede generar cambios en la composición florística de las áreas forestales, con disminución de árboles jóvenes por hectárea cuando se practica la ganadería extensiva (Hernández *et al.*, 2000).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivos generales:

Evaluar el impacto del silvopastoreo con ovinos en la sobrevivencia de los brinzales de *A. hickelii* y pasturas nativas.

3.2 Objetivos particulares:

1. Caracterizar la vegetación del sotobosque de *A. hickelii*.
2. Evaluar el impacto que los ovinos producen sobre la regeneración y sobrevivencia de *A. hickelii* y la condición del sotobosque.
3. Realizar la descripción y análisis de semilla de *A. hickelii* (pureza, peso, contenido de humedad y viabilidad).

4. HIPÓTESIS

La presencia de los ovinos tiene efecto en los brinzales de *A. hickelii*

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Descripción del área de estudio

El trabajo se llevó a cabo en el poblado de Nueva Vaquería, Municipio de Calcahualco, Veracruz, que se ubica al noroeste del volcán Pico de Orizaba, (Figura 2). Este poblado se localiza entre los 19°05'37" de latitud Norte y los 97°12'42" de longitud Oeste.

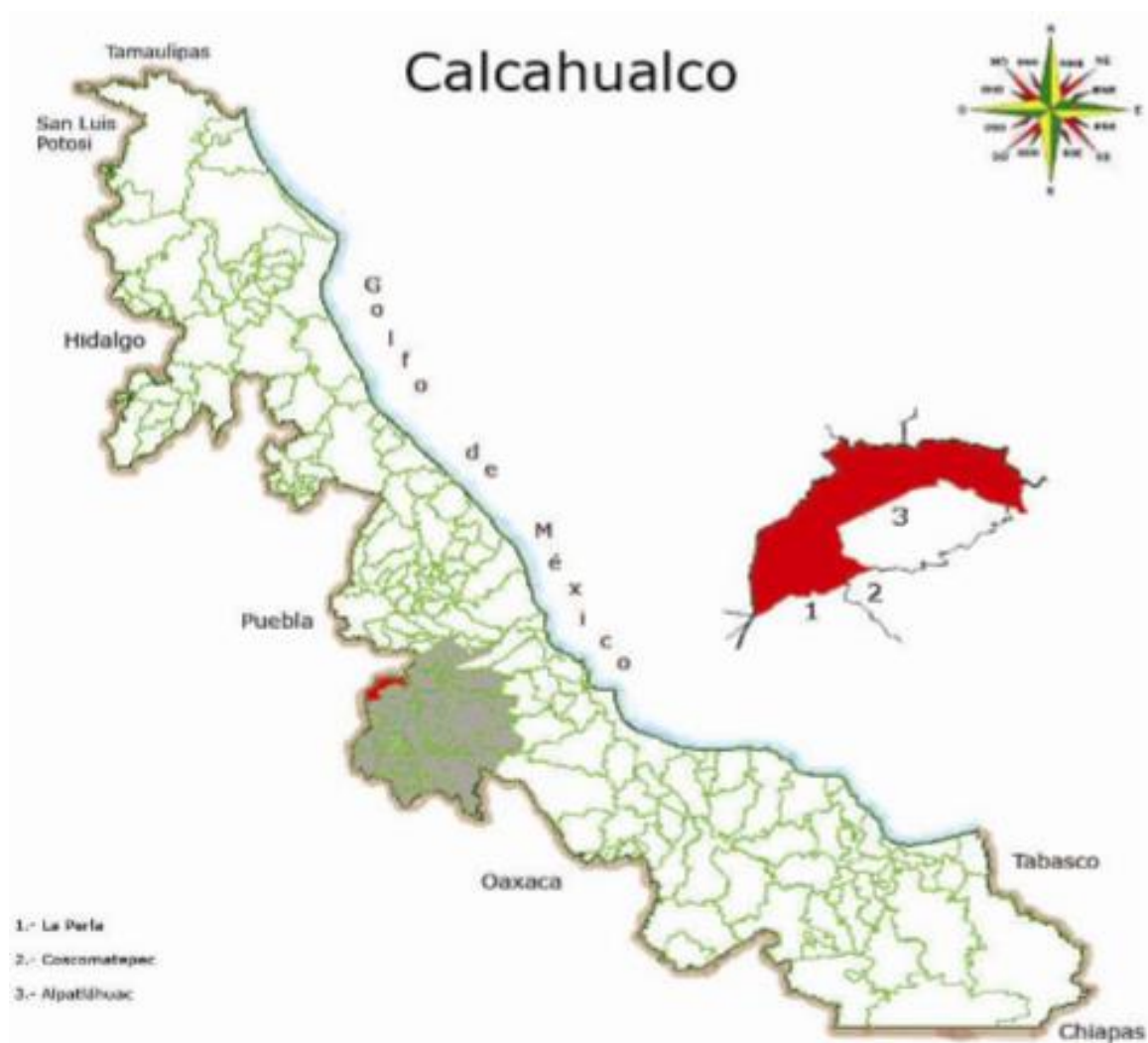


Figura 2. Municipio de Calcahualco, Veracruz (INEGI, 2010)

El clima varía de los templados (C) con temperaturas medias de 12 a 18°C, la media más baja entre -3 y 18°C; a los semifríos (Cb) con temperatura media

anual entre 5 y 12 °C y precipitaciones entre 600 y 1500 mm (García, 2004). La vegetación consiste en bosque de coníferas, encinos, pastizal alpino y vegetación secundaria. Con relación a la mesofauna, entre las especies reportadas estas son el venado cola blanca, comadrejas y conejos (Martínez, 2001).

5.2 Diseño experimental de parcelas de pastoreo

El área experimental consistió de dos parcelas, una de 0.9 ha y otra de 1.6 ha, (Figura 3), sobre las cuales se establecieron el lote de pastoreo y el lote testigo sin pastoreo.

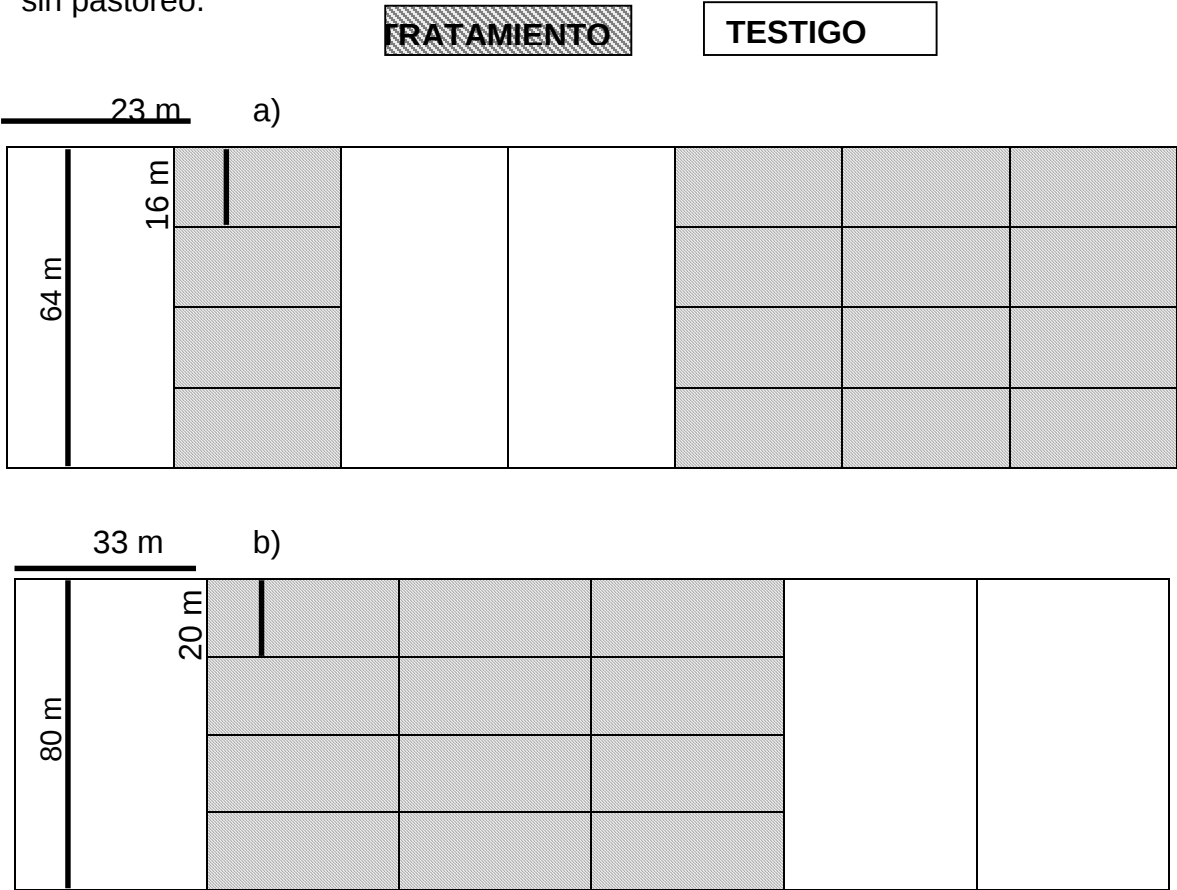


Figura 3. Parcelas de tratamientos de regeneración natural (a) y trasplante (b).

El diseño experimental fue en parcelas divididas y asignación de tratamientos al azar. En cada parcela se establecieron los tratamientos y testigos con tres

repeticiones. Se utilizaron tres rebaños por parcela, de tres borregos cada uno. Cada parcela de pastoreo se dividió en cuatro lotes para la rotación de los rebaños y permitir la generación de rebrotes de la pasturas ya que son las partes consumidas por los animales y resultan las más nutritivas y palatables.

Las parcelas fueron cercadas con malla borreguera de un metro de alto para impedir la entrada de otros animales que influyera en las variables de interés.

La parcela de regeneración natural presentaba alta densidad de individuos jóvenes, con árboles adultos de *A. hickelii* reproductivos, combinados con *P. hartwegii* y *Alnus acuminata*; el sotobosque presentaba alta variación de especies herbáceas y arbustivas de hoja ancha principalmente.

En tanto que en la parcela de trasplante, los árboles adultos de *A. hickelii* se encontraban enfermos y por esta razón, desde hace años no se tenía producción de conos y en consecuencia no había regeneración natural (referido por el dueño del terreno). También se encontraban árboles adultos de *P. hartwegii* ya que esta parcela se ubicó en la zona de ecotono entre bosque de oyamel y bosque de pino de las alturas. El sotobosque estaba dominado por gramíneas, aunque se tenía alta variabilidad de especies, pero predominaban los zacates, especialmente del género *Festuca*.

5.3 Medición de densidad de regeneración

Esta característica se llevó a cabo en la parcela de regeneración natural, debido a que en la única donde se desconocía el número de brinzales, a diferencia de la parcela de trasplante donde se conocía el número de individuos trasplantados (138), puesto que los árboles jóvenes de la parcela de trasplante estaban dañados y eran de alturas mayores a 1.5 metros.

La densidad de siembra (120 brinzales/ha) en el trasplante se decidió de esa manera debido a la cantidad de brinzales que serían medidos en la parcela de regeneración natural y para contrastar el efecto de la presencia de los animales en densidades de regeneración contrastantes.

Para el cálculo de densidad de regeneración se establecieron cinco unidades de muestreo aleatoriamente, de forma circular y con 5 m de radio. A partir del centro se trazó una línea hacia arriba de la pendiente y después cada 120°, dando un total de tres líneas, sobre las cuales se midieron 2 m a partir del centro, a esa distancia se establecieron cuadrantes de 1m x 1m , (Figura 4), con 15 repeticiones en los que se midieron los brinzales de tallo leñoso y un máximo de 110 cm de altura (Ruano, 2011). El número de brinzales por hectárea fue calculado mediante regla de tres.

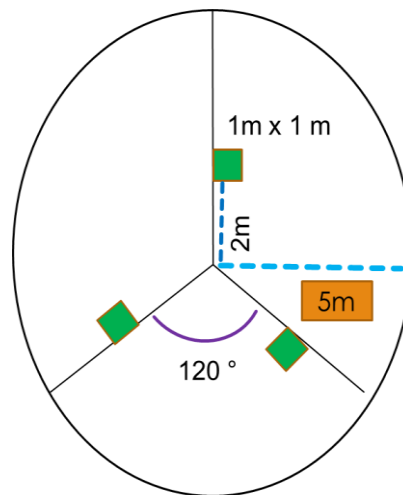


Figura 4. Diseño de unidades de muestreo para estimar regeneración de brinzales de *A. hickelii*.

5.4 Trasplante de *A. hickelii*

Se realizó el trasplante de brinzales de *A. hickelii* a la parcela de mayor área, debido a que no se tenían individuos jóvenes para evaluar el impacto de los

ovinos (Figura 5). Esta actividad se llevó a cabo a finales de mayo del 2015, con el periodo de lluvias ya establecido para favorecer la supervivencia de los brinzales.



Figura 5. Planta de *A. hickelii* trasplantadas en las parcelas del bloque b.

Los brinzales trasplantados fueron llevados de una parcela vecina al área experimental, y se seleccionaron con base en la estructura de las plantas: buen porte, crecimiento recto, buen desarrollo de ramas, sin evidencia de daño físico o enfermedad, y altura máxima de 110 cm.

5.5 Composición florística

La composición florística del sotobosque en el área experimental se determinó mediante la técnica de línea Canfield (Figura 6), que consistió en trazar líneas de 20 m de longitud en cada parcela, sobre la cual se midió la longitud de segmentos que fueron interceptados por el follaje o parte basal de las especies

vegetales presentes (Canfield, 1941); para ello se establecieron dos líneas perpendiculares a la pendiente en cada parcela de tratamientos y testigos.



Figura 6. Trazo de la línea Canfield sobre el terreno.

Estas mediciones se realizaron antes y después del establecimiento de los tratamientos, es decir, en las parcelas experimentales donde había *A. hickelii* por regeneración natural (baja perturbación) y en parcelas con trasplante de brinzales de la especie arbórea (alta perturbación). Ejemplares completos de herbáceas interceptadas por la línea Canfield fueron colectados y herborizados para su identificación en los herbarios botánicos de DICIFO y Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo.

Las variables a analizar fueron: composición florística, densidad de plantas diversas, cobertura vegetal, densidad de brinzales de *A. hickelii*, supervivencia de *A. hickelii*, regeneración de tallos de *A. hickelii*, ganancia de peso de los ovinos y capacidad de carga animal del bosque de *A. hickelii*.

Para el análisis de datos se utilizó el programa estadístico Infostat R de libre acceso, mediante un modelo lineal mixto.

5.6 Sistema de pastoreo

Mediante la colaboración de tres productores de ovinos de la comunidad de Vaqueria. Se asignaron al experimento nueve borregos para estimar el efecto del pastoreo sobre las variables estudiadas. Los borregos fueron atados al cuello con un listón azul, naranja o rosa, para identificar la procedencia de cada uno de ellos y facilitar el manejo por un pastor de la misma localidad.

No se realizó un periodo de adaptación de los animales debido a que las condiciones de pastoreo utilizados en la comunidad son muy similares a las que se establecieron en el experimento.

Además de salir a pastar, a los animales se les ofreció un suplementando energético que contenía 300 g de grano de maíz, el cual consumieron diariamente antes de salir a pastar, tal como acostumbran hacerlo los pobladores de la zona. Al iniciar el experimento en campo, el rebaño completo se llevó a pastar a la parcela de regeneración natural y el periodo de permanencia dependió de la cantidad de forraje disponible en el área asignada.

Una vez que la cantidad de forraje fue insuficiente, se llevó a los animales a la parcela de trasplante con pastoreo, bajo el mismo esquema de pastoreo rotacional en subparcelas, volviendo después a la primer parcela de regeneración natural de con pastoreo y así sucesivamente como se ve en la Figura 7.



Figura 7. Individuos pastando en el área experimental.

La permanencia del rebaño pastoreando ambas parcelas duró de junio a octubre del 2015, dado el periodo normal de lluvia, lo que favoreció el buen desarrollo de las pasturas. Los ovinos fueron vigilados por un pastor diariamente, en un sistema de pastoreo rotacional diurno con encierro nocturno.

Cada uno de los borregos fue pesado con una báscula “romana” al inicio y al final de cada periodo de pastoreo en cada una de las parcelas experimentales (parcela de *A. hickelii*, con regeneración natural y trasplante). La ganancia de peso total acumulada consideró la diferencia entre el peso final, tomado en el mes de octubre menos el peso inicial tomado el mes de junio. Asimismo, fue importante la ganancia de peso acumulada durante los periodos de pastoreo en ambas parcelas (regeneración natural con pastoreo y trasplantes con pastoreo).

5.7. Impacto a la vegetación

5.7.1 Efecto del silvopastoreo con ovinos en los brinzales de *A. hickelii*

Para evaluar el impacto del animal sobre los brinzales de *A. hickelii* fueron seleccionados 23 brinzales en cada subparcela, dentro de las parcelas de

regeneración natural y de trasplante, así como en las parcelas testigos (sin pastoreo), lo cual sumó un total de 276 brinzales. Cada individuo seleccionado para estimar la regeneración fue identificado colocando una estaca con numeración ascendente (Figura 8).



Figura 8. Identificación de brinzales para evaluar el impacto de los ovinos sobre *A. hickelii*.

Las características que se evaluaron como indicadores de regeneración fueron:

- Incremento en altura.
- Número de yemas mordisqueadas.
- Mortalidad.

El modelo estadístico empleado para estimar la regeneración fue:

$$Y_{IJ} = \mu + kT_K + \delta t_{ij} + \rho + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = variable de respuesta

μ = media general

T_k = efecto k-esimo del tratamiento

δ = constate del cambio en Y por unidad de tiempo

t_{ij} = tiempo de las observaciones en j en la planta i

ρ = efecto de la planta

e_{ij} = error

Bajo el supuesto de que: $e_{ij} \sim N(0, \sigma e^2)$

5.7.2 Evaluación de la selectividad de los ovinos en las plantas forrajeras del bosque de *A. hickelli*

Para evaluar esta característica, los ovinos fueron observados en el pastorio durante 10 minutos en cada una de las subparcela y llevando registro de las especies herbáceas y arbustivas consumidas tal como lo sugiere Pineda (2007).

Estas observaciones se hicieron tres veces, al inicio a la mitad y al final del periodo experimental (cutrao meses y medio), para registrar los cambios de conducta de los ovinos en la ingestión de las especies forrajeras presentes.

5.7.3 Cobertura vegetal

La estimación de la cobertura vegetal en el bosque de *A. hickelii*, se hizo mediante el procedimiento de Líneas de Canfield, método que permite comparar la cobertura vegetal en relación con el suelo desnudo.

En el caso de la cobertura o dominancia, se obtuvo de la siguiente manera:

$$cobertura_a = \left[\frac{\Sigma I_a}{L} \right] \times 100$$

Donde:

ΣI_a = sumatoria de las intercepciones de la especie "a"

L = longitud total de la línea transecta

$$cobertura\ relativa_a = \left[\frac{\Sigma I_a}{\Sigma I_t} \right] \times 100$$

Donde:

ΣI_t = sumatoria de las intercepciones para todas las especies

Este método de estimación de la cobertura vegetal permite comparar el estado de la condición vegetal con relación a la cobertura inicial y final, para evaluar el impacto que el pastoreo con ovinos tiene sobre la conservación o eliminación de la vegetación dentro del bosque.

5.8 Análisis de semilla de *A. hickelii*

Las semillas de árboles de *A. hickelii* usadas para el análisis de calidad fueron recolectadas en el mes de febrero de 2015 directamente de los estróbilos recogidos del suelo y directamente de los árboles. Las semillas colectadas se almacenaron en bolsas de papel y fueron protegidas en bolsas de plástico, alejadas de la luz y la humedad excesiva. Las variables incluidas en el análisis de calidad de la semilla fueron las siguientes.

- Pureza

Para la determinación de la pureza de la muestra de trabajo con semillas de *A. hickelii*, se tomaron 50 g de semillas y se eliminaron las impurezas (restos de estróbilos, ramillas, hojas, piedras, etc.). El cálculo de pureza se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$P = \left[\frac{PS}{PT} \right] (100)$$

P= pureza

PS= peso de la semilla pura

PT=peso total de la semilla de la muestra (50g) con impurezas.

- Peso

Para la estimación de este valor se tomaron 1000 semillas libres de impurezas seleccionadas al azar, las cuales fueron pesadas directamente en la báscula y posteriormente mediante una regla de 3 se obtuvo la cantidad de semillas en un kilogramo.

$$\begin{array}{ccc} 1000\text{semillas} & \longrightarrow & \text{peso en gramos} \\ X \text{ semillas} & \longleftarrow & 1000 \text{ gramos} \end{array}$$

- Contenido de humedad

El porcentaje de humedad de las semillas colectadas se determinó tomando tres muestras de 10 g de semillas completamente limpias; éstas se llevaron a un horno de secado A 70 °C hasta que alcanzaron peso constante. La fórmula para obtener el contenido de humedad fue:

$$CHo = \left[\frac{PF - PS}{PS} \right] (100)$$

CHo= Contenido de humedad, base anhidra

PF= Peso fresco

PS= Peso seco

- Prueba de viabilidad de las semillas

Esta prueba se realizó por medio del teñido histoquímico con sales de tetrazolio (Cloruro de 2,3,5 trifenil tetrazolio). Se tomaron 30 semillas al azar y se cortaron por la mitad para facilitar la entrada de tetrazolio, después se colocaron en cajas de Petri, con solución al 1% de sales de cloruro de 2.3- 5 trifenil tetrazolio y se dejaron en la oscuridad en ambiente controlado. Después de 48 horas se contabilizaron las semillas teñidas al 100%, lo que dio el total de semillas viables.

La viabilidad de las semillas se estimó mediante la fórmula siguiente:

$$V = \left[\frac{SV}{T} \right] (100)$$

V= Viabilidad

SV= Número de semillas viables

T= Número total de semillas

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Evaluación del sistema silvopastoril

6.1.1 Diversidad vegetal

En total se identificaron 57 especies de plantas, cuatro de ellas monocotiledóneas y 53 dicotiledóneas, Anexo 1, y se obtuvieron menor cantidad de especies en total para la parcela de trasplante (51) con respecto a la parcela de regeneración natural (55), antes de la entrada de los animales.

Al analizar el número de especies por parcela de tratamiento, se observa que en las parcelas de regeneración natural con pastoreo y trasplante con pastoreo, el valor disminuyó a la salida de los animales (Cuadro 1), contrario a los valores obtenidos en las parcelas de regeneración natural sin pastoreo y trasplante sin pastoreo, lo que sugiere la preferencia de los borregos por determinadas especies.

Cuadro 1. Número de especies inicial y final por parcela de regeneración natural sin pastoreo (RSP) y con pastoreo (RCP), trasplante sin pastoreo (TSP) y con pastoreo (TCP).

No. de especies	Regeneración natural		Trasplante	
	RSP	RCP	TSP	TCP
Entrada	52	54	49	46
Salida	54	50	52	45

La familia botánica mejor representada fue Asteraceae, con 14 especies, seguida de Rosaceae de la que se identificaron seis especies, y de la familia Poaceae con cuatro especies. También se encontró una especie de la familia Orchidaceae, reportada en el parque por Ávila (2011) hacia la ladera de Acultzingo.

La riqueza total fue inferior a la registrada por Narave (1985) quien señala 102 especies para el bosque de oyamel del Cofre de Perote, Veracruz, y a la referida por Cuevas-Guzman *et al.* (2011) de 64 especies para bosques de oyamel en Jalisco. Sin embargo, se debe destacar que el área muestreada en ambos estudios previos fue mayor a la de la presente investigación y con más intensidad de muestreo.

6.1.2 Cobertura de especies

Respecto a la cobertura se encontró diferencia entre tratamientos ($p < 0.05$), ya que en las parcelas de regeneración natural sin pastoreo de ovinos se tuvo un promedio de 82.4% de cobertura, mientras que en las parcelas de trasplante dicha variable alcanzó 95.3%, (Cuadro 2), y las parcelas de regeneración natural con pastoreo de ovinos tuvieron una cobertura mayor a las parcelas de trasplante pastoreadas con ovinos, con 87.4 vs 50.8 %, respectivamente antes de la entrada de los animales.

Cuadro 2. Porcentaje de cobertura en bosque de *Abies hickelii* con regeneración natural sin pastoreo (RSP), regeneración natural con pastoreo (RCP), con trasplante sin pastoreo (TSP) y trasplante con pastoreo (TCP).

	Regeneración natural		Trasplante	
	RSP (%)	RCP (%)	TSP (%)	TCP (%)
Inicio	82.4	87.4	95.3	50.8
Final	88.5	45.7	91.6	34.3

El periodo de pastoreo con ovinos fue de 120 días

En el cuadro anterior se observa cómo la cobertura final para las parcelas que fueron sometidas a pastoreo se redujo drásticamente, especialmente en la de regeneración natural con pastoreo que disminuyó casi a la mitad, y aunque las parcelas de trasplante con pastoreo el valor absoluto es menor al anterior, debe

destacarse que la cobertura inicial también fue menor y el valor absoluto de reducción de cobertura es menos. La disminución de la cobertura vegetal coincide con lo descrito por Senter y Kelly (1987) quienes aluden que el pastoreo con ovejas incrementó significativamente el diámetro de *Pinus ponderosa* y disminuyó la cobertura vegetal competitiva sin dañar a los árboles.

Como se puede observar en el Cuadro 3, en las parcelas de regeneración natural sin pastoreo las especies con mayor cobertura vegetal se mantuvieron en valores similares al final del experimento, empero las especies con variación fueron *Alchemilla procumbens* (que pasó de 4.92 a 7.12% de cobertura) y *Acaena elongata* (de 4.15% a 10.46%). Contrario a lo registrado en las parcelas de regeneración natural con pastoreo donde la cobertura de la mayoría de estas especies disminuyó, especialmente *Alchemilla probumbens* (de 6.41 a 3.76) y *Acaena elongata* (de 6.54 a 2.08). No así para *Senecio cinerarioides* que aumentó ligeramente de 12.91 a 14.63, lo que nos indica una baja preferencia de los animales por esta última.

Cuadro 3. Especies con mayor cobertura vegetal en la parcela de regeneración natural sin pastoreo (RNSP) y regeneración natural con pastoreo (RNCP).

	RSP		RCP	
	Inicial	final	inicial	final
<i>Alnus acuminata</i>	17.96	17.47	23.04	14.00
<i>Abies hickelii</i>	17.62	16.81	18.82	19.6
<i>Bacharis conferta</i>	10.95	8.74	13.20	8.05
<i>Senecio cinerarioides</i>	8.68	11.27	12.91	14.63
<i>Alchemilla procumbens</i>	4.92	7.12	6.41	3.76
<i>Acaena elongata</i>	4.15	10.46	6.54	2.08

Las especies con mayor cobertura en las parcelas de trasplante con pastoreo y trasplante sin pastoreo fueron *A. hickelii*, *P. harwegii*, *Festuca amplissima* y

Bacharis conferta, como se observa en el Cuadro 4. Destaca la presencia de *Festuca amplissima* como única herbácea con amplia cobertura vegetal.

Para todas las especies la cobertura disminuyó en las parcelas de trasplante con pastoreo, especialmente *P. hartwegii* que era consumido por los borregos de manera permanente, si bien *Festuca amplissima* se redujo considerablemente (de 19.69% a 12.24%) la característica de ésta última especie le permitía recuperarse de forma rápida en los periodos de descanso, mientras que en las áreas de trasplante sin pastoreo la cobertura de la misma aumentó de 12.43% a 20.19.

Cuadro 4. Especies con mayor cobertura vegetal en las parcelas de trasplante sin pastoreo (TSP) y trasplante con pastoreo (TCP)

	TSP		TCP	
	Inicial	final	inicial	final
<i>Abies hickelii</i>	23.79	22.60	15.02	13.78
<i>Pinus hartwegii</i>	19.44	18.67	9.40	6.07
<i>Festuca amplissima</i>	12.43	20.19	19.69	12.24
<i>Bacharis conferta</i>	5.89	7.23	23.42	16.50

Por la característica de los ovinos referidas por Borrelli y Oliva (2001) de peso corporal, boca y tamaño de los individuos pequeños (en comparación con los ovinos), se observó que todas las especies respondieron favorablemente a la herbivoría, por lo que pudieron recuperarse y emitir rebrotes, aunque las especies más consumidas fueron las que tardaron más en rebrotar.

6.1.3 Selectividad de especies forrajeras por los ovinos

Al inicio del periodo de pastoreo se observó que los borregos del rebaño naranja consumían las yemas tiernas de *A. hickelii*, puesto que ya traían ese comportamiento (referido por el dueño de los animales).

De las 57 especies registradas en total, las más consumidas fueron las listadas en el Cuadro 5, donde destaca *Acaena elongata* para ambos tratamientos como especie preferida por los ovinos.

En contraste con lo reportado por Ávila (2012) quien observó que las especies seleccionadas con mayor frecuencia fueron las gramíneas, en este estudio fueron las de hoja ancha, ya que solo a mediados y final del experimento las gramíneas entraron en las especies preferidas por los ovinos.

Cuadro 5. Etograma aplicado a los ovinos en pastoreo en las parcelas de regeneración con pastoreo (RCP) y trasplante con pastoreo (TCP). (mordisqueo: 1-4 nivel de preferencia, 1 como el más preferido).

Tratamiento	Tiempo de la observación	Especie	Estructura	Mordisqueo	Ingesta (número de animales)
RCP	Inicio	<i>Acaena elongata</i>	Hojas, tallos	1	9
		<i>Acaena</i> sp.	Hojas, tallos	1	9
		<i>Pinus hartwegii</i>	Yemas tiernas	2	9
		<i>Pinus patula</i>	Yemas tiernas	3	9
		<i>Abies hickelii</i>	Yemas tiernas	3	3
		<i>Lupinus mexicanus</i>	Hojas	4	6
	Mediados	<i>Acaena elongata</i>	Hojas, tallos	1	9
		<i>Acaena</i> sp.	Hojas, tallos	1	9
		<i>Rubus trilobus</i>	Hojas, yemas	2	7
		<i>Pinus patula</i>	Yemas tiernas	3	8
		<i>Geranium seemanni</i>	Hojas	4	8
	final	<i>Acaena elongata</i>	Hojas, tallos	1	9
		<i>Acaena</i> sp.	Hojas, tallos	1	9
		<i>Poa annua</i>	Hojas	2	9
		<i>Lupinus mexicanus</i>	Hojas	3	6
		<i>Geranium seemanni</i>	Yemas tiernas	4	6

Tratamiento	Tiempo de la observación	Especie	Estructura	Mordisqueo	Ingesta (número de animales)
TCP	Inicio	<i>Acaena elongata</i>	Hojas, tallos	1	8
		<i>Pinus hartwegii</i>	Yemas tiernas	1	6
		<i>Lupinus mexicanus</i>	Hojas	2	7
		<i>Rubus trilobus</i>	Hojas	3	5
	Mediados	<i>Acaena elongata</i>	Hojas, tallos	1	7
		<i>Lupinus mexicanus</i>	Hojas	1	8
		<i>Festuca amplísima</i>	Hojas	2	9
		<i>Pinus hartwegii</i>	Yemas tiernas	2	6
	final	<i>Rubus trilobus</i>	Hojas	4	7
		<i>Festuca amplísima</i>	Hojas	1	9
		<i>Lupinus mexicanus</i>	Hojas	2	7
		<i>Acaena elongata</i>	Hojas, tallos	3	6
		<i>Rubus trilobus</i>	Hojas	3	6
		<i>Geranium seemanni</i>	Hojas	4	5

En la parcela de trasplante con pastoreo al principio se tuvo rechazo de *Festuca amplísima* aun cuando esta era la especie que dominaba entre las herbáceas; sin embargo al avanzar el experimento los animales se vieron obligados a consumirla debido a que disminuyó la cantidad de las especies preferidas al inicio.

De igual forma se hace notorio que todos los animales están adaptados a consumir las especies de *Acaena elongata*, *Acaena* sp., *Pinus hartwegii* y *P. patula*, y conforme avanzó el experimento incorporaron más especies a su dieta, debido a que no sólo la palatabilidad de las especies es la que determina su consumo, también la disponibilidad de forraje, el contenido de metabolitos secundarios y el acondicionamiento del animal (Baraza *et al.*, 2005; Pineda, 2007).

6.1.4 Mordisqueo y mortalidad

Al principio del pastoreo, en los brinzales seleccionados se observó mordisqueo de las yemas, especialmente de los animales del grupo naranja, esto se debe a que los borregos ya tenían el gusto por las yemas tiernas de *A. hickelii* (referido por el dueño de los borregos). Sin embargo los brinzales lograron recuperarse y emitieron nuevas yemas laterales (Figura 9).



Figura 9. Emisión de rebrotes de *A. hickelii* posterior al mordisqueo de los borregos.

El número de yemas tuvo diferencias significativas ($p < 0.05$), en todos los tratamientos (Cuadro 6). Encontramos mayor número de yemas en las parcelas de regeneración natural tanto con pastoreo y sin pastoreo.

Cuadro 6. Número de yemas para la parcela de regeneración natural sin pastoreo (RSP) y con pastoreo (RCP), trasplante sin pastoreo (TSP) y con pastoreo (TCP).

Tratamiento	Media	E.E.
RSP	78.71	3.96
RCP	56.37	2.49
TSP	44.76	2.25
TCP	36.20	1.91

Todos los tratamientos mostraron diferencia significativa en el número de yemas entre las parcelas de tratamientos de regeneración con pastoreo y trasplante con pastoreo; también entre las parcelas testigo de regeneración sin pastoreo y trasplante sin pastoreo (Cuadro 7).

Cuadro 7. Comparación de medias del número de yemas, con $P < 0.05$ para las parcelas de regeneración sin pastoreo (RSP), regeneración con pastoreo (RCP), trasplante sin pastoreo (TSP) y trasplante con pastoreo (TCP).

Tratamiento	Medias		Error estándar
RSP	78.71	A	2.76
RCP	56.37	B	2.76
TSP	44.76	C	2.76
TCP	36.20	D	2.76

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

A pesar de registrarse la mortalidad de algunos individuos, (Cuadro 8), no se observó daño físico como pisoteo o jaloneo. Esto nos indica que la mortalidad se debió a causas naturales de supervivencia y no a la presencia de los ovinos, puesto que también se tuvieron brinzales muertos en las parcelas testigo. Lo cual coincide con lo mencionado por Kosco y Bartolome (1983) de que un pastoreo adecuado del ganado no daña los árboles de coníferas en los sitios de regeneración.

Castillo-Argüero *et al.*, (2014), reportan que la supervivencia de *Abies religiosa* en áreas abiertas es de 81% y de 73% para zonas con vegetación en condiciones naturales, valores similares a los obtenidos en la presente investigación.

Cuadro 8. Supervivencia de *Abies hickelii* con regeneración natural sin pastoreo (RSP), regeneración natural con pastoreo (RCP), con trasplante sin pastoreo (TSP) y trasplante con pastoreo (TCP).

	Regeneración natural		Trasplante	
	RSP	RCP	TSP	TCP
Mortalidad	8	3	12	14
Yema apical muerta	10	14	12	19
Mordisqueo	0	9	0	3
Supervivencia (%)	88	96	83	80

La supervivencia de *A. hickelii* fue de 86.8% en promedio con desviación estándar de 6.06, (Figura 10), lo que refleja un valor muy similar entre y dentro de los tratamientos, respecto a las parcelas testigo.

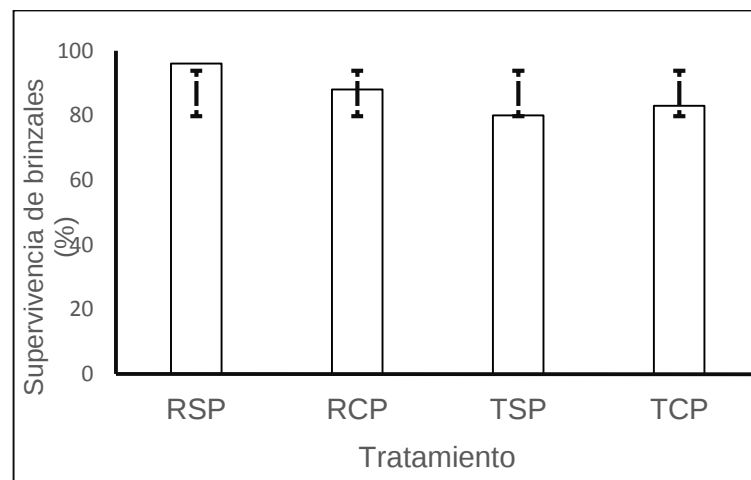


Figura 10. Sobrevivencia de los brinzales medida al final del experimento en las parcelas con regeneración natural sin pastoreo (RSP), regeneración natural con

pastoreo (RCP), con trasplante sin pastoreo (TSP) y trasplante con pastoreo (TCP).

La mayor mortalidad de *A. hickelii* se tuvo cuando la densidad de regeneración fue baja (parcelas con trasplante), en contraste con lo reportado en Ratliff y Denton (1995) donde se señala un daño mayor en las áreas con alta densidad de regeneración. Probablemente se debió a que la densidad de siembra fue muy baja (138 brinzales por ha), al estrés de los brinzales por el trasplante reciente y que los borregos son de menor tamaño en comparación con el ganado bovino ya que este tipo de animales tiende a desaparecer la cantidad de árboles jóvenes (Hernández *et al.*, 2000) por efecto del pisoteo.

6.1.5 Incremento en altura de *A. hickelii*

El incremento de altura mayor se obtuvo para la parcela de regeneración natural sin pastoreo (Cuadro 9), en tanto que la parcela de trasplante con pastoreo mostró un comportamiento decreciente, esto debido a que en varios de los brinzales medidos en este tratamiento se presentaba muerte de la yema apical. Por lo tanto las medidas de altura se tomaban hasta la última ramilla viva. Debe señalarse que esas yemas no mostraban daño físico, sino más bien se debía al estrés de los individuos después del trasplante.

Cuadro 9. Incremento en altura (cm) para las parcelas de regeneración natural sin pastoreo (RSP) y con pastoreo (RCP), parcelas de trasplante sin pastoreo (TSP) y con pastoreo (TCP)

Tratamiento	Medias	D.E.	E.E
RSP	5.1	26.45	5.52
RCP	4.4	27.9	5.82
TSP	2.3	28.26	5.89
TCP	-1.9	28.74	5.99

El incremento en altura fue significativo para los tratamientos de regeneración natural con pastoreo y trasplante con pastoreo respecto a la parcela de regeneración natural sin pastoreo (cuadro 10). Sin embargo, no se tuvo diferencia significativa entre las parcelas de trasplante con pastoreo respecto a la de trasplante sin pastoreo.

Cuadro 10. Altura media para las parcelas de regeneración natural sin pastoreo (RSP) y con pastoreo (RCP), parcelas de trasplante sin pastoreo (TSP) y con pastoreo (TCP).

Tratamiento	Medias		Error estándar
RSP	54.26	A	1.14
RCP	44.81	B	1.14
TSP	34.11	C	1.14
TCP	31.01	C	1.14

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

6.1.6 Ganancia de peso de los animales

La ganancia de peso de los animales tuvo un promedio de 6.67 kg, con desviación estándar de 2.21 (Cuadro 11), y aumento individual de peso corporal de los ovinos de 4 a 10 kg, por todo el periodo de pastoreo.

La ganancia de peso diaria fue de 41.1 g diarios, a diferencia de lo obtenido por Ávila (2012) que reporta ganancia diaria a los ovinos de 74.75 g, esto puede deberse al largo recorrido que hacían los animales de los corrales de descanso a las parcelas experimentales.

Cuadro 11. Ganancia de peso total de los ovinos pastoreando en bosque de *Abies hickelii* con regeneración natural sin pastoreo (RSP), regeneración natural con pastoreo (RCP), trasplante sin pastoreo (TSP) y trasplante con pastoreo (TCP).

Ejemplar	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Ganancia de peso (kg)
1-A	16	26	10
2-A	8	17	9
3-A	36	40	4
1-N	29	36	7
2-N	28	37	9
3-N	32	39	7
1-R	23	27	4
2-R	17	21	4
3-R	33	39	6
Peso promedio			6.67
Desviación_estándar			2.21

La diferencia individual entre los ovinos se muestra amplia (Figura 11) ya que se observan tres individuos por debajo de la media, aunque en el resto de los animales el incremento de peso fue mayor al promedio.

El valor de correlación entre el peso inicial y la ganancia de peso fue de -0.38, que indica (en este estudio en particular) una baja relación.

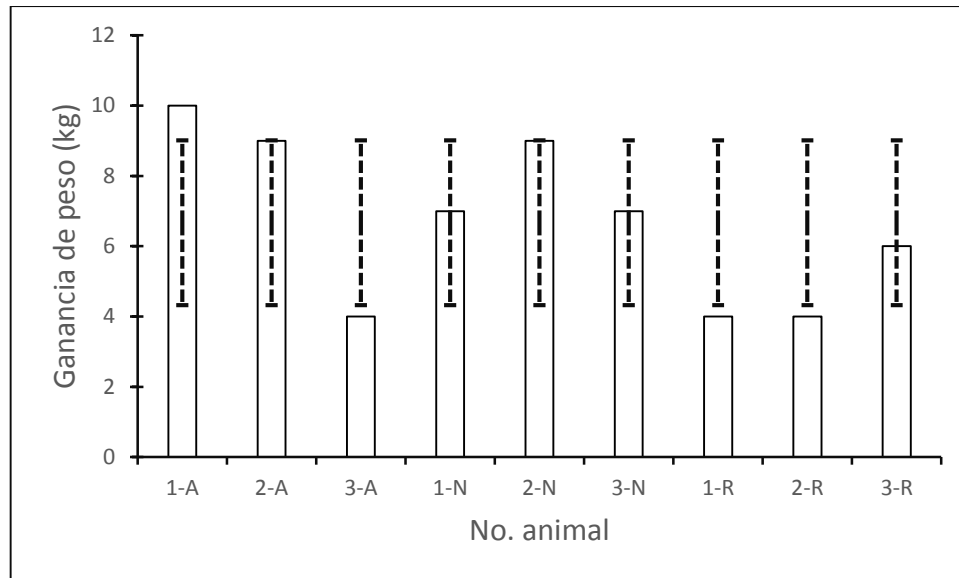


Figura 11. Ganancia de peso total de los animales. (1-A, 2-A y 3-A: rebaño azul; 1-N, 2-N y 3-N: rebaño naranja; 1-R, 2-R y 3-R: rebaño rosa)

La ganancia de peso por periodo de pastoreo de igual manera resultó variable (Figura 12), y aunque todos los valores son positivos (promedio de ganancia de peso de los tres rebaños), éstos varían con ganancias de 0.1 kg a 1.4 kg en promedio, debido a que algunos animales subían y bajaban de peso de forma constante.

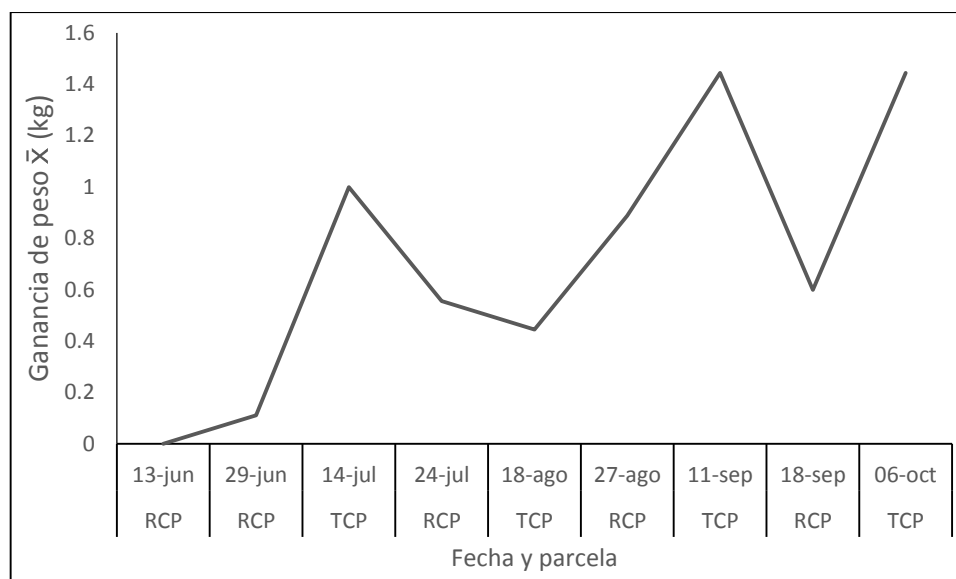


Figura 12. Ganancia de peso de los animales ($\bar{X}$) por periodo de pastoreo y parcela de RCP (regeneración con pastoreo) y TCP (trasplante con pastoreo)

6.2 Análisis de las semillas de *A. hickelii*

La semilla es irregularmente elíptica, de 7.9 mm a 12.4 mm de longitud y de 3.1 a 5.6 mm de ancho; la testa es de color café, resinosa y el ala cuneada de márgenes enteros a repandos (Figura 13a), envolviendo completamente a la semilla.

El embrión es cilíndrico, semicurvado, de color amarillo cremoso, muy resinoso, provisto de seis cotiledones. El gametofito femenino es abundante, color blanco semi-transparente, carnoso y de apariencia y consistencia resinosa (Figura 13b).

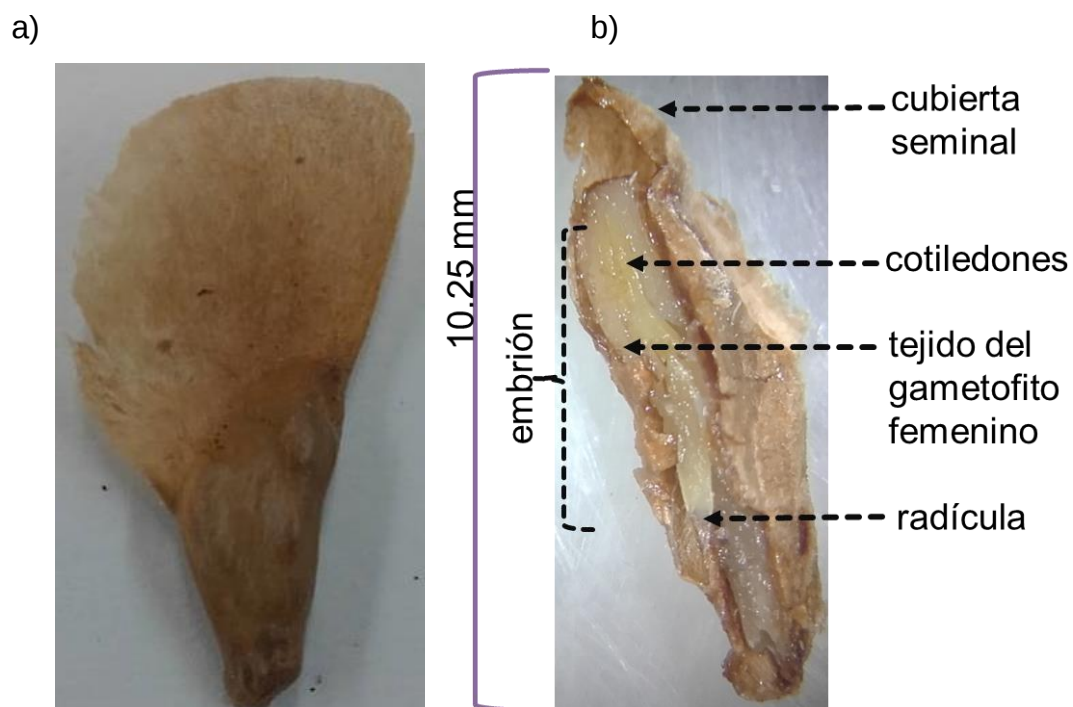


Figura 13. a: semilla con ala, b: corte transversal de la semilla.

Con respecto a los valores de pureza, número de semillas por kilogramo y viabilidad se obtuvieron los siguientes valores:

- No. Semillas/kg: 27,233
- Pureza: 94%
- Contenido de humedad (base anhidra): 13.56%
- Viabilidad (prueba tetrazolio): 30%

Llama la atención el resultado de viabilidad, ya que el valor de 30% resulta bajo, pero es similar con el que reportan Nieto *et al.* (2003) para *Abies religiosa* de 33% de semillas viables para la prueba que se hizo con tetrazolio, valor que difirió del que se obtuvo mediante la germinación directa, el cual aumento a 66.28% en la investigación referida.

7. CONCLUSIONES

El efecto del ganado ovino sobre la cobertura vegetal en el bosque de *A. hickelii* es alto, debido a que la mayoría de las especies herbáceas y arbustivas no se regeneran rápidamente. Respecto a la diversidad vegetal no se ve disminuida de manera significativa, lo cual indica que los ovinos tienden a consumir todas las especies presentes. En cuanto al efecto sobre *A. hickelii*, éste puede soportar el mordisqueo de los animales y recuperarse al emitir rebrotes posteriormente, además que el incremento en alturas es muy variable y no muestra relación con la presencia o ausencia de los ovinos; de este modo, la supervivencia de brinzales en campo no se ve afectada por la presencia de los ovinos cuando se hace el manejo rotacional, siempre que se tenga disponibilidad de alimento en relación con la carga animal. La ganancia de peso de los animales estará en función de la edad en que se encuentren y la cantidad y calidad del forraje disponible, mas la tendencia es al aumento de peso.

8. LITERATURA CITADA

- Ávila B, C. H. 1987. Distribución, ecología y usos de *Abies hickelii* Flous et Gaussen en Veracruz. Informe técnico final. INIFAP – CIRGOC. Córdoba, Veracruz. México. 85 p.
- Ávila B., C. H. 1992. La estructura del bosque de oyamel (*Abies hickelii* Flous et Gaussen) y su relación con factores ambientales físicos y antropogéneas en el Pico de Orizaba Veracruz. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo, México. 116 pp.
- Ávila B., C. H. 1996. Observaciones sobre un sistema de producción agrícola en el Pico de Orizaba. Veracruz. México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 59: 59-66.
- Ávila B., C. H. 2000. Ecología poblacional de *Abies hickelii* en el Pico de Orizaba, Veracruz. Colegio de Postgraduados. Informe final SNIBCONABIO proyecto No. L172. México D. F. (Consultado 12 de septiembre de 2013). En línea: www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfL172.pdf
- Ávila B., C. H. 2011. Los bosques de oyamel (*Abies*) en: La biodiversidad en Veracruz. Volumen I, Sección IV. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México. p 163-283. (Consultado: 10 marzo de 2014). En línea: http://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/pdf/Veracruz/Volumen_I/Seccion_IV-A.pdf
- Ávila B., C. H., y L. López, M. 2001. Distribución y análisis estructural de *Abies hickelii* (flous & gaussen) en México. Interciencia 26 (006): 244-251.
- Ávila R., D. N. 2012. Silvopastoreo estacional como estrategia de producción ovina en bosque de pino-encino. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. 88 p.
- Baraza, E., J.J. Villalba, y F.D. Provenza. 2005. Nutritional context influences preferences of lambs for foods with plant secondary metabolites. Applied Animal Behaviour Science 92: 293-305.
- Blanco F., E., y S. Romero Y. 1989. Estudio ecológico de la vegetación de los municipios de Alpatláhuac y Calcahualco, Veracruz, México. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana, Córdoba, Veracruz. 119 p.
- 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.
- Canfield R., H. 1941. Application of the line interception method in sampling range vegetation. Journal of Forestry, 39(4), 388-394.
- Castillo-Argüero, S., Y. Martínez-Orea, y G. Barajas-Guzmán. 2014. Establecimiento de tres especies arbóreas en la Cuenca del río Magdalena, México. Botanical sciences. 92(2):309-317.

- CATIE (entro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2009. Agroforestería en las Américas: interacciones ganado-pastizal-árboles en los sistemas silvopastoriles. Cartago, Turrialba. Costa Rica. 100 p.
- Crespo, G. 2008. Importancia de los sistemas silvopastoriles para mantener y restaurar la fertilidad del suelo en las regiones tropicales. *Revista Cubana de ciencia Agrícola*. 42(4): 329-335.
- Cuevas-Guzmán, R., E.A. Cisneros-Lepe, E.J. Jardel-Peláez, E.V. Sánchez-Rodríguez, L. Guzmán-Hernández, N.M. Núñez-López, y C. Rodríguez-Guerrero. 2011. Análisis estructural y de diversidad en los bosques de *Abies* de Jalisco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:1219-1233.
- García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 5ª ed. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Giraldo V., L. A., y D. M. Bolívar V. 2006. Evaluación de un sistema silvopastoril de *Acacia decurrens* asociada con pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum*, en clima frío de Colombia. Universidad Nacional de Colombia. En Línea: http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/20061127115335_Sistema%20silvopastoril%20acacia%20decurrens%20y%20kikuyo.pdf
- Gutiérrez V., B. A., y L. H. Fierro G. 2006. Diagnóstico y diseño participativo en sistemas agroforestales. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Bogotá, Colombia. 105 p.
- Hernández V., G., L. R. Sánchez V., T. F. Carmona V., M. R. Pineda L., y R. Cuevas G. 2000. Efecto de la ganadería extensiva sobre la regeneración arbórea de los bosques de la Sierra de Manantlán. *Madera y Bosques*. 6(2):13-28.
- Ibrahim, M., y C. Harvey. 2003. Diseño y manejo de la cobertura arbórea en fincas ganaderas para mejorar las funciones productivas y brindar servicios ambientales. *Agroforestería en las Américas* 10(39-40):4
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2014. Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos. INEGI. Aguascalientes, México. 74 p.
- Jiménez A., F., J. Alvarado G., H. Castro A., L. A. Luna G., H. Mateus E., y V. M. Moreno J. 2003. Establecimiento de sistemas silvopastoriles para clima frío de Santander. *Boletín técnico*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Bucaramanga, 2003. 37 p. (Consultado 03 abril de 2014). En línea: <http://corpomail.corpoica.org.co/BACFILES/BACDIGITAL/27335/27335>
- Kosco B., H., J. Bartolome J. 1983. Effects of cattle and deer on regenerating mixed conifer clearcuts. *Journal of Range Management*. 36(2):265-268
- Luna P., R., A. Castañón B., y A. Raz G. 2011. La biodiversidad en México, su conservación y las colecciones biológicas. *Ciencias* 101: 36-41.

- Mahecha L., Z. 2002. El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 15:2.
- Martínez V., J. 2001. Mastofauna de la vertiente occidental (oeste) del Parque Nacional Pico de Orizaba, Puebla (fase 1). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Escuela de Biología. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. R044. México, D.F.
- Mendieta L., M., y L. R. Rocha M. 2007. *Sistemas Agroforestales*. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 117 p. (Consultado 11 Abril 2014). En línea: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/training_material/docs/1_RENF08M538.pdf
- Miranda F., y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28: 29-179.
- Narave, H. 1985. La vegetación del Cofre de Perote, Ver., México. *Biótica* 10:35-63
- Navarro G., H., A. Santiago S., M. A. Musálem S., H. Vibrans L., y M. A. Pérez O. 2012. La diversidad de especies útiles y sistemas agroforestales. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 18(1): 71-86.
- Nieto de Pascual-Pola, C., M.A. Musálem., y J. Ortega A. 2003. Estudio de algunas características de conos y semillas de *Abies religiosa* (hbk) schl. et cham. *Agrociencia*, 37(5):521-531
- Pineda S., M. 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.
- Quinto, L., P. A. Martínez-Hernández, L. Pimentel-Bribiesca, D. A. Rodríguez-Trejo. 2009. Planeación de un sistema silvopastoril en ladera en Huatusco, Veracruz Aplicando el Método Nezahualcóyotl. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 15(2): 141-146.
- Ramírez S., P. 1994. Producción ovina en el área forestal del Pico de Orizaba. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo, México. 60 pp.
- Ramírez B., I. A. 2012. Efecto de la cobertura arbórea sobre el movimiento, comportamiento y preferencia de árboles por vacas lecheras en Rivas, Nicaragua. Tesis Magister Scientiae. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 62 p.
- Rao M., R., K. T. Nair, P., y K. Ong. C. 1997. Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, ISSN 0167-4366, 38(1): 3 – 50
- Ratliff R., D., and G. Denton R. 1995. Grazing on regeneration sites encourages pine seedling growth. Res. Paper PSW-RP-223. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture; 11 p.

- Ruano B., I. 2011. Respuesta de la regeneración post-fuego de *Pinus halepensis* Mill. a los tratamientos silvícolas en el sureste de España. Universidad de Valladolid, Campus Palencia. Tesis de Maestría Investigación en Ingeniería para la Conservación y Uso Sostenible de Sistemas Forestales. pp. 48.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa. México, D.F. p. 309
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1era. Edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. (Consultado 15 abril de 2014). En línea: http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf
- SAGARPA (secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2007. Sistemas silvopastoriles. SAGARPA. En línea: <http://www.sagarpa.gob.mx/developmentRural/Documents/fichasaapt/Sistemas%20silvopastoriles.pdf>
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2011. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental y lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. (Consultado 10 de julio de 2013). En línea: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFs/DO2454.pdf>
- Senter, S., D. Kelly. 1987. Sheep grazing for control of competing vegetation in the Cascades. Fir Report 8(4):12-13.
- Simón, M. 1997. Consecuencias del pastoreo bovino sobre la regeneración arbórea de tres especies comerciales en el Chaco Argentino, un método de protección. Tesis M. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Torres R., J. A. 2008. Rentabilidad de los sistemas silvopastoriles en la producción ovina. Universidad Autónoma Chapingo. Huatusco, Veracruz. 32 p.
- UICN (La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). 2000. Categorías de Amenaza de UICN y Criterios de Evaluación. (Consultado 02 de septiembre de 2013). En línea: www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Publicaciones_Divulgacion_Y_Noticias/Documentos_Tecnicos/Libro_rojo_vertebrados/pdf/Anexo%201.pdf
- Villegas P., R., C. Muñoz R., O. Muñoz J., C. A. Gallo G. y J. L. Ponce R. 2011. Tasa de cambio de uso del suelo en el Parque Nacional Pico de Orizaba, Veracruz, México en el periodo 2003–2011. (Consultado 09 febrero 2014). Disponible en: http://www.conanp.gob.mx/rendicion_cuentas/pdf/pdf_rendicion_cuentas/Informe_final_tasa_de_cambio_de_uso_del_suelo_PNPO.pdf

9. ANEXOS

Anexo 1. Listado florístico de las especies encontradas en las parcelas experimentales. (Presencia: ✓ y ausencia: X).

Especie	Familia	Parcela 1	Parcela 2
<i>Arracacia atropurpurea</i> (Lehm.) Benth. & Hook. f. ex Hemsl	Apiaceae	✓	X
<i>Eryngium monocephalum</i> J.M. Coult. & Rose	Apiaceae	✓	✓
<i>Ageratina lucida</i> (Ortega) R.M. King & H. Rob.	Asteraceae	✓	✓
<i>Bacharis conferta</i> H.B.K	Asteraceae	✓	✓
<i>Cirsium nivale</i> Sch.Bip.	Asteraceae	✓	✓
<i>Erigeron galeottii</i> (Gray ex Hemsl.) Greenm.	Asteraceae	✓	✓
<i>Eupatorium</i> sp.	Asteraceae	✓	✓
<i>Oritrophium orizabense</i> G.L. Nesom.	Asteraceae	✓	✓
<i>Packera sanguisorbae</i> (DC.) C. Jeffrey	Asteraceae	✓	✓
<i>Senecio callosus</i> Sch. Bip.	Asteraceae	✓	✓
<i>Senecio cinerarioides</i> Kunth	Asteraceae	✓	✓
<i>Senecio petasitis</i> (Sims) H. Rob. & Brettell	Asteraceae	✓	X
<i>Senecio salignus</i> DC.	Asteraceae	✓	✓
<i>Sigesbeckia jorullensis</i> Kunth	Asteraceae	✓	✓
<i>Sonchus</i> sp.	Asteraceae	✓	✓
<i>Viguiera</i> sp.	Asteraceae	✓	✓
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Betulaceae	✓	✓
<i>Nama postratum</i> Brand	Boraginaceae	✓	✓
<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill	Caryophyllaceae	✓	X
<i>Clethra mexicana</i> A. DC.	Clethraceae	✓	✓
<i>Arctostaphylos pungens</i> Kunth	Ericaceae	✓	✓
<i>Pernettya ciliata</i> (Schltdl. & Cham.) Small	Ericaceae	✓	✓
<i>Geranium seemanni</i> Peyr.	Geraniaceae	✓	✓
<i>Geranium</i> sp.	Geraniaceae	✓	✓
<i>Ribes ciliatum</i> Humb. & Bonpl.	Grossulariaceae	✓	✓
<i>Phacelia platycarpa</i> (Cav.) Spreng.	Hydrophyllaceae	✓	✓

<i>Stachys agraria</i> Schltl. & Cham.	Lamiaceae	✓	✓
<i>Lupinus mexicanus</i> Cerv. Ex. Lag.	Leguminosae	✓	✓
<i>Fuchsia microphylla</i> Kunth	Onagraceae	✓	X
<i>Lopezia hirsuta</i> Jacq.	Onagraceae	✓	✓
<i>Corallorhiza macrantha</i> Schlechter.	Orchidaceae	✓	✓
<i>Oxalis alpina</i> (Rose) R. Kunth	Oxalidaceae	✓	✓
<i>Abies hickelii</i> Flous & Gaussen	Pinaceae	✓	✓
<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	Pinaceae	✓	✓
<i>Pinus patula</i> Schtdl. & Cham.	Pinaceae	✓	✓
<i>Festuca amplissima</i> Rupr.	Poaceae	✓	✓
<i>Muhlenbergia</i> sp.	Poaceae	✓	✓
<i>Poa annua</i> L.	Poaceae	✓	✓
<i>Trisetum</i> sp.	Poaceae	✓	✓
<i>Rumex acetosella</i> L.	Polygonaceae	✓	✓
<i>Polypodium pleberum</i> Schtdl. & Cham.	Polypodaceae	✓	✓
<i>Polytrichum commune</i> Hedw.	Polytrichopsida	X	X
<i>Adiantum</i> sp.	Pteridaceae	✓	✓
<i>Cheilanthes notholaenoides</i> (Desv.) Maxon ex Wcath.	Pteridaceae	✓	✓
<i>Ranunculus donianus</i> Pritz.	Ranunculaceae	✓	✓
<i>Acaena elongata</i> L.	Rosaceae	✓	✓
<i>Acaena</i> sp.	Rosaceae	✓	✓
<i>Alchemilla procumbens</i> Rose	Rosaceae	✓	✓
<i>Alchemilla vulcanica</i> Schltl. & Cham.	Rosaceae	✓	✓
<i>Holodiscus argenteus</i> (L. f.) Maxim.	Rosaceae	X	X
<i>Rubus trilobus</i> Moc. & Sessé ex Ser.	Rosaceae	✓	✓
<i>Galium uncinulatum</i> DC.	Rubiaceae	✓	✓
<i>Heuchera</i> aff. <i>mexicana</i> Sebafter	Saxifragaceae	✓	✓
<i>Cestrum benthami</i> Miers	Solanaceae	✓	✓
<i>Solanum</i> sp.	Solanaceae	✓	✓
<i>Urtica orizabae</i> Liebm.	Urticaceae	✓	✓
<i>Verbena recta</i> Kunth	Verbenaceae	✓	✓